الباحث

أ.م. دلفين جعفر محمد

أ.د. رقية احمد محمد امين

النمذجة الهيدروجيومورفولوجية للجريان السطحي في جبل شيرين شمال العراق باستخدام نموذج SCS–CN

Researcher

Assist Prof. Dilveen Jaafar Mohammed

Prof .Ruqaya Ahmed M. Amin (Ph.D)

Hydro-Geomorphological Modeling of Surface Runoff in Shirin Mountain, Northern Iraq Using the SCS–CN Model

جمهورية العراق/وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/جامعة كركوك/كلية الآداب/مجلة آداب كركوك

معلومات الباحث

اسم الباحث الاول: دلفين جعفر محمد

البريد الالكتروني: dilveen.jafaar@uod.ac

الاختصاص العام: جغرافية طبيعية

الاختصاص الدقيق: جيومورفولوجيا تطبيقية ، جغرافية طبيعية Rs&Gis

مكان العمل (الحالي):

القسم: الجغرافية

الكلية: كلية العلوم الإنسانية

الجامعة او المؤسسة: جامعة دهوك

البلد: العراق

اسم الباحث الثاني: رقية احمد محمد أمين

البريد الالكتروني:

Ruqaya_Mohamed@aliraqia.edu.iq

الاختصاص العام: جغرافية طبيعية

الاختصاص الدقيق: جيومورفولوجيا تطبيقية ، جغرافية طبيعية Rs&Gis

مكان العمل (الحالي):

القسم: الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية

الكلية: الاداب

الجامعة او المؤسسة: الجامعة العراقية

البلد: العراق

الكلمات المفتاحية: الجريان السطحي، النمذجة الهيدروجيومورفولوجية، نموذج SCS–CN، نظم المعلومات الجغرافية، التنمية المستدامة.

معلومات البحث

تاريخ استلام البحث: ٣١/ ١/ ٢٠٢٦

القبول: ٢/ ٢/ ٢٠٢٦

عنوان البحث

النمذجة الهيدروجيومورفولوجية للجريان السطحي في جبل شيرين شمال العراق باستخدام نموذج SCS–CN

ملخص البحث

تهدف هذه الدراسة إلى نمذجة الجريان السطحي في منطقة جبل شيرين شمال العراق من خلال التكامل بين التحليل الهيدروجيومورفولوجي ونموذج SCS–CN باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وذلك في إطار دعم الإدارة المستدامة للموارد المائية والحد من المخاطر الهيدرولوجية، بما ينسجم مع أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة، ولاسيما الهدف السادس (المياه النظيفة والصرف الصحي) والهدف الثالث عشر (العمل المناخي).

تُعد منطقة الدراسة بيئة جبلية تجميعية معقّدة تتسم بتباين طبوغرافي ومورفولوجي واضح، واختلاف في خصائص التربة والغطاء الأرضي، الأمر الذي يؤثر مباشرة في ديناميكية الجريان السطحي وتوزيعه المكاني. اعتمدت الدراسة على بيانات المرئيات الفضائية للقمر الصناعي Landsat OLI–8، وخرائط التربة، وبيانات الأمطار للموسم المطري ٢٠٢٣–٢٠٢٤، اذ جرى تحليلها ودمجها مكانيًا ضمن بيئة ArcGIS 10.8 لاشتقاق قيم معامل منحنى الجريان (CN)، ومعامل الاحتفاظ الأقصى بالمياه (S)، وعمق وحجم الجريان السطحي (Qv ،Q).

Kirkuk Journal of Arts, Volume (2), , Number (6), June, 2026

Researcher information

1st. Researcher: Dilveen Jaafar Mohammed
E-mail: : dilveen.jafaar@uod.ac
General Specialization: Physical Geography
Specialization: Applied Geomorphology
Place of Work (Current):
Department: Applied Geomorphology
College: Faculty of Humanities
University or Institution: University of Duhok
Country: Iraq

2st. Researcher: Ruqaya Ahmed M. Amin
E-mail:
Ruqaya_Mohamed@aliraqia.edu.iq
General Specialization: Physical Geography
Specialization: Physical Geography and Rs&Gis
Place of Work (Current):
Department: Physical Geography
College: Art
University or Institution: Aliraqia University
Country: Iraq

Key words: Surface runoff; Hydro-geomorphological modeling; SCS–CN model; (GIS); Sustainable development.

Search information

Search Receipt history: 31/1/2026
Acceptance: 2/ 2/2026

college of Arts / Kirkuk University / Republic of Iraq Ministry of Higher education and scientific research

The Title

Hydro-Geomorphological Modeling of Surface Runoff in Shirin Mountain, Northern Iraq Using the SCS–CN Model

Abstract

This study aims to model surface runoff in the Shirin Mountain area, northern Iraq, through the integration of hydro-geomorphological analysis and the SCS–CN model using remote sensing and Geographic Information System (GIS) techniques. The study is conducted within the framework of supporting sustainable water resources management and reducing hydrological risks, in line with the United Nations Sustainable Development Goals, particularly Goal 6 (Clean Water and Sanitation) and Goal 13 (Climate Action.(

The study area represents a complex mountainous–accumulative environment characterized by pronounced topographic and morphologic variability, as well as differences in soil properties and land cover, which directly influence surface runoff dynamics and spatial distribution. Thus, the analysis relied on satellite imagery from Landsat OLI-8, soil maps, and rainfall data for the 2023–2024 rainy season. These datasets were spatially processed and integrated within the ArcGIS 10.8 environment to derive Curve Number (CN) values, potential maximum water retention (S), and surface runoff depth and volume (Q and Qv).

The results indicated that CN values ranged between 1 and 21, reflecting clear spatial variability in hydrological response across the study area. The highest surface runoff rates were recorded in areas characterized by clayey soils, steep slopes, and sparse vegetation cover.

أولا– المقدمة

يُعد الجريان السطحي أحد المكونات الرئيسة في الدورة الهيدرولوجية، لما له من دور حاسم في تشكيل العمليات الجيومورفولوجية، إذ يسهم بصورة مباشرة في تعرية سطح الأرض، ونقل الرواسب، ونحت الأشكال التضاريسية المختلفة، في البيئات الجبلية وشبه الجافة) **(Chow, Maidment, & Mays, 1988)** .وتزداد فعالية الجريان السطحي كلما ارتفعت شدة الهطول المطري أو انخفضت قدرة التربة على الامتصاص، مما يؤدي إلى تسارع عمليات التعرية المائية، خاصة في المناطق ذات الانحدارات الشديدة أو الترب الهشة ضعيفة النفاذية.

وتنعكس ديناميكية الجريان السطحي على تطور المظاهر الجيومورفولوجية مثل الأودية، والمجاري المائية، والمراوح الغرينية، والسهول التجميعية، حيث تتحكم كمية الجريان وسرعته في نمط النحت والترسيب عبر الزمن الجيولوجي) **(Montgomery & Dietrich, 1994)** .كما أن التغيرات في أنماط استعمالات الأرض والغطاء الأرضي، الناتجة عن التحولات الزراعية أو التوسع الحضري، تؤدي إلى تغير خصائص السطح الهيدرولوجية، وتؤثر بصورة مباشرة في قيمة معامل منحنى الجريان(CN) ، وهو ما ينعكس على معدلات الجريان السطحي وحدّة المخاطر المصاحبة له) **(Ponce & Hawkins, 1996)**وفي هذا السياق يُعد نموذج Soil Conservation Service–Curve Number (SCS–CN)من أكثر النماذج الهيدرولوجية شيوعًا واستخدامًا على المستويين الإقليمي والعالمي في تقدير الجريان السطحي، نظرًا لبساطته ومرونته وقدرته على دمج خصائص التربة والغطاء الأرضي والهطول المطري ضمن إطار حسابي واضح **USDA Soil Conservation Service) (SCS), 1986)).**وقد جرى توظيف هذا النموذج بنجاح في العديد من الدراسات العالمية لتقييم الجريان السطحي ومخاطر الفيضانات وحصاد المياه في الأحواض الصغيرة والمتوسطة، سواء في البيئات الجبلية أو الجافة وشبه الجافة**(McCuen, 1998)** .

ومع التطور المتسارع في تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد، أصبح من الممكن دمج نموذج (SCS–CN) ضمن بيئة تحليل مكاني رقمية، مما أتاح تحسين دقة التقديرات الهيدرولوجية، وتحليل التباين المكاني للجريان السطحي، وربط النتائج بالخصائص الجيومورفولوجية للأحواض المائية .**(Zhan & Huang, 2004)** وقد أسهم هذا التكامل في تعزيز دور النماذج الهيدرولوجية في دعم الإدارة المتكاملة للموارد المائية، والتخطيط لمشاريع حصاد المياه، والحد من مخاطر السيول والتعرية، بما ينسجم مع متطلبات التنمية المستدامة والتكيّف مع التغير المناخي.

وتأتي منطقة جبل شيرين شمال العراق بوصفها نموذجًا مكانيًا ملائمًا لتطبيق هذا النوع من النمذجة، لما تتسم به من بيئة جبلية–تجميعية ذات تباين طبوغرافي ومورفولوجي واضح، إضافة إلى اختلاف خصائص التربة وأنماط الغطاء الأرضي، وتعرضها لمعدلات هطول مطري متباينة خلال الموسم المطري. وعلى الرغم من الأهمية الهيدرولوجية والجيومورفولوجية لهذه المنطقة ضمن إقليم كردستان

العراق، فإن الدراسات التطبيقية التي توظف نماذج هيدرولوجية كمية مدعومة بتقنيات GIS والاستشعار عن بعد ما تزال محدودة، الأمر الذي يبرز الحاجة إلى إجراء دراسات علمية دقيقة لتقدير الجريان السطحي وتحليل أبعاده المكانية ضمن إطار علمي متكامل.

١- مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث في محدودية دقة تقدير الجريان السطحي في منطقة جبل شيرين نتيجة الاعتماد على أساليب تقليدية، وغياب التكامل المكاني بين بيانات التربة والغطاء الأرضي والأمطار؟

٢- فرضية البحث:

يفترض البحث أن التكامل بين نموذج SCS–CN وتقنيات GIS والاستشعار عن بعد يؤدي إلى تحسن معنوي إحصائي في تقدير الجريان السطحي، مع انخفاض الخطأ المكاني مقارنة بالطرق غير المكانية.

٣- أهمية البحث

تنبع أهمية هذا البحث من كونه يقدّم تطبيقًا علميًا متكاملًا لنموذج SCS–CNفي بيئة جبلية ذات تعقيد هيدروجيومورفولوجي واضح، بالاعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، ويسهم البحث في تقييم إمكانية استثمار الجريان السطحي لأغراض التنمية المحلية، ولاسيما في مجالات حصاد المياه وإدارة الموارد المائية والحد من مخاطر التعرية والفيضانات، كما يُعد من الدراسات القليلة التي توظف التحليل الجيومورفولوجي والهيدرولوجي ضمن إطار تحليل مكاني رقمي لدعم التخطيط المائي المستدام في شمال العراق.

٤- أهداف البحث

- يهدف البحث إلى تحقيق ما يأتي:
- تطبيق نموذج SCS–CNلتقدير الجريان السطحي في منطقة جبل شيرين.
- تحليل العلاقة المكانية بين خصائص التربة، والغطاء الأرضي، واستعمالات الأراضي، والجريان السطحي.
- تحديد المناطق الأكثر عرضة للجريان السطحي المرتفع تمهيدًا لاستخدام النتائج في إدارة المياه السطحية ومشاريع حصاد المياه.
- توظيف تقنيات GISو Remote Sensingلإنتاج خرائط مكانية دقيقة توضّح تباين قيم CNو S و Qvفي منطقة الدراسة.

٥- منهجية البحث والأدوات المستخدمة

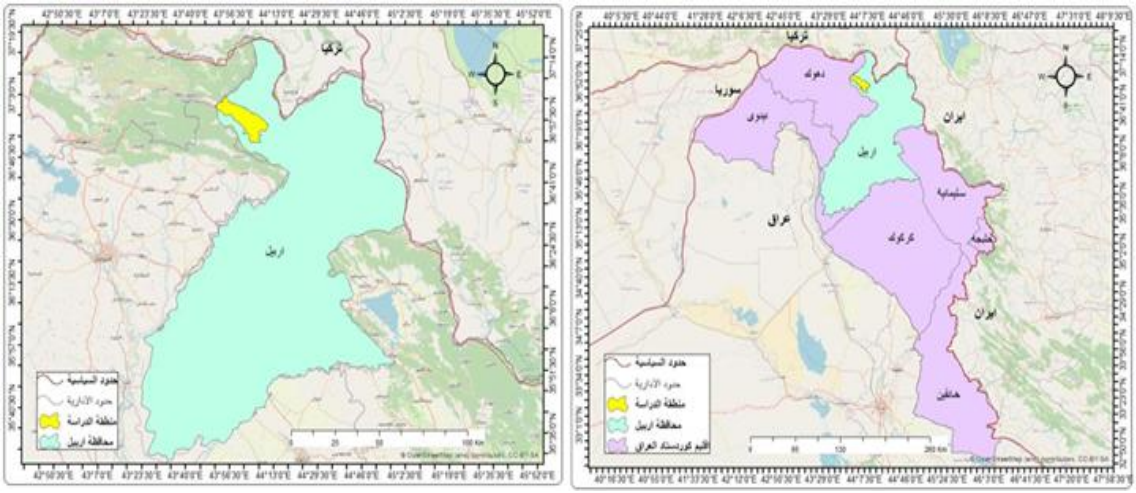
- اعتمد البحث على المنهج التحليلي الكمي المكاني من خلال توظيف معطيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وفق الخطوات الآتية:

- جمع ومعالجة صور الأقمار الصناعية Landsat OLI–8وخرائط التربة لاستخلاص أصناف الغطاء الأرضي والمجموعات الهيدرولوجية للتربة.
- اشتقاق قيم منحنى الجريان (CN) بالاعتماد على معادلات دائرة صيانة التربة الأمريكية–(USDA SCS)بعد دمج خرائط التربة والغطاء الأرضي.
- حساب المعاملات الهيدرولوجية(S ، Ia، Q، Qv)باستخدام أدوات التحليل المكاني، ولاسيما Raster Calculator، ضمن بيئة ArcGIS.
- تحليل الخرائط المكانية الناتجة وتفسيرها من منظور هيدرولوجي وجيومورفولوجي لتحديد الأنماط السائدة للجريان السطحي في منطقة الدراسة.

٦– حدود منطقة الدراسة

تقع في قضاء ميركة سور التابع لمحافظة اربيل، ويتحدد جغرافيا بجبل موسه كا من الشمال، ومن الغرب والشمال الغربي يتحدد بنهر شين (شمدينان)، ويتحدد بنهر ريزان (روكوجك) شرقا، اما جنوبا فيتحدد بنهر الزاب الكبير. وهي طيه محدبة تمتد باتجاه شمال غرب – جنوب شرق، وان لب الطية متكون من صخور ترجع الى تكوينات عصر الميسوزويك.

خريطة (١) موقع منطقة الدراسة من ومحافظة اربيل واقليم كوردستان العراق



المصدر: اعتمادا على خريطة اربيل الادارية لسنة 2020، بمقياس 1:191.000 ، وخريطة اقليم كوردستان العراق الادارية لسنة 2020، بمقياس 1:260.000، باستخدام (Arc GIS 10.8).

ثانيا: تقدير عمق الجريان السطحي لمنطقة الدراسة وفق نموذج(SCS–CN)

يُعد نموذج **SCS–CN**من أكثر النماذج الكمية شيوعًا في تقدير الجريان السطحي المباشر الناتج عن العواصف المطرية، إذ يفترض أن الجريان يبدأ عند تجاوز الهطول المطري لقدرة التربة على الامتصاص والاحتفاظ بالماء **(Chow, Maidment, & Mays, 1988)**.، ويمتاز النموذج ببساطته وسهولة تطبيقه واعتماده على عدد محدود من المدخلات، مما جعله أداة معيارية في الدراسات الهيدرولوجية، ولاسيما بعد اعتماده بصيغته النهائية ضمن دليل **TR–55**عام ١٩٨٦ من قبل هيئة صيانة التربة

الأمريكية((USDA Soil Conservation Service (SCS), 1986) كما ويعتمد **SCS–CN** على مفهوم الأرقام المنحنية (CN) التي تعكس تأثير الغطاء الأرضي، واستعمالات الأرض، وخصائص التربة الهيدرولوجية، والحالة المسبقة لرطوبة التربة، مع تصنيف الترب إلى أربع مجموعات هيدرولوجية **(A–D)**وفق قدرتها على الامتصاص **(USDA Soil Conservation Service (SCS), 1986).**

وتُستخدم هذه المدخلات، المتمثلة بنوع الغطاء الأرضي، والمجموعة الهيدرولوجية للتربة، وكمية الهطول المطري، لتقدير عمق الجريان السطحي عبر المعادلة القياسية المعتمدة في نموذج **SCS–CN (Chow, Maidment, & Mays, 1988)** ، كما سيُبيَّن في الخطوات الحسابية اللاحقة.

١ – عمق الجريان السطحي (Q) وفق نموذج SCS–CN

يعتمد نموذج SCS–CNفي تقدير عمق الجريان السطحي المباشر الناتج عن العواصف المطرية على العلاقة بين كمية الهطول المطري والفواقد الابتدائية والإمكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالمياه، ويتم احتساب عمق الجريان السطحي (Q)وفق المعادلة الآتية:

$$Q = \begin{cases} \dfrac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} & P > I_a \\ 0 & P \le I_a \end{cases}$$

حيث إن:

- Q= عمق الجريان السطحي (ملم)
- P= عمق الهطول المطري (ملم)
- I_a= الفواقد الابتدائية (ملم)، وتشمل التسرب الأولي والتبخر واعتراض الغطاء النباتي
- S= الإمكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالمياه بعد بدء الجريان السطحي (ملم)

أما في حالة كون كمية الهطول المطري أقل من أو تساوي الفواقد الابتدائية، فإن الجريان السطحي يكون معدومًا:

$$Q = 0 \text{ عندما } P \le I_a$$

حساب الفواقد الابتدائية(Ia)

تمثل I_a الفواقد الابتدائية للمياه قبل بدء الجريان السطحي، وتشمل التسرب الأولي، والتبخر، واعتراض الغطاء النباتي، وتُحسب عادةً كنسبة من معامل الاحتفاظ الأقصى **(S)**وفق العلاقة التالية:

$$I_a = 0.2S$$

٢- حساب معامل الاحتفاظ الأقصى(S)

أما **معامل الاحتفاظ الأقصى للمياه(S)** ، فيُستخرج اعتمادًا على قيمة معامل منحنى الجريان **(CN)** باستخدام المعادلة الآتية::

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

حيث إن:

- **CN** = معامل منحنى الجريان (يتراوح بين ٠–١٠٠)
  - القيم المنخفضة تشير إلى نفاذية عالية وجريان سطحي ضعيف
  - القيم المرتفعة تشير إلى نفاذية منخفضة وجريان سطحي مرتفع

٣–حساب حجم الجريان السطحي(Qv)

وبعد تقدير عمق الجريان السطحي، يمكن حساب حجم الجريان السطحي (Q_v) للحوض أو للوحدة المساحية باستخدام العلاقة التالية:

$$Q_v = \frac{Q \times A}{1000}$$

حيث إن:

- **Q** = عمق الجريان السطحي (ملم)
- **P** = عمق الهطول المطري (ملم)
- I_a = الفواقد الابتدائية (ملم)
- **S** = الإمكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالمياه بعد بدء الجريان السطحي (ملم)
- **CN** = معامل منحنى الجريان (يتراوح بين ٠–١٠٠)
- Q_v = حجم الجريان السطحي (م³)
- **A** = مساحة الحوض أو مساحة الخلية (م²)

2–الخصائص الهيدرولوجية لمنطقة الدراسة اعتمادًا على طريقة(SCS–CN)

تتأثر الخصائص الهيدرولوجية لمنطقة الدراسة بشكل مباشر بسلوك التربة أثناء العواصف المطرية، إذ يؤدي تساقط كميات كبيرة من الأمطار خلال فترة زمنية قصيرة إلى تشبع التربة بالمياه وامتلاء مساماتها، مما يحدّ من قدرتها على التسرب ويؤدي إلى انخفاض معدلات الارتشاح، ونتيجة لذلك يتزايد الجريان السطحي وتتدفق المياه على المنحدرات باتجاه المناطق المنخفضة والأودية، مكوّنةً ظروفًا ملائمة لتجميع المياه وإمكانية استثمارها في مشاريع حصاد المياه، وانطلاقًا من ذلك تم تحليل الخصائص الهيدرولوجية المؤثرة في نشوء الجريان السطحي باستخدام طريقة منحنى الجريان (SCS–CN) المعتمدة علميًا.

–طريقة منحنى الجريان السطحي(Soil Conservation Service – Curve Number)

تُعد طريقة SCS–CN التي طورتها هيئة صيانة التربة الأمريكية من أكثر الأساليب شيوعًا في تقدير الجريان السطحي، نظرًا لدقتها النسبية وسهولة تطبيقها، ولاسيما في الأحواض الصغيرة والمتوسطة)

(USDA Soil Conservation Service (SCS), 1986)وتعتمد هذه الطريقة على تكامل خصائص الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض، والمجموعات الهيدرولوجية للتربة، وكمية الهطول المطري، والحالة المسبقة لرطوبة التربة، مما يجعلها أداة معيارية في تقدير الجريان المباشر الناتج عن العواصف المطرية**(Maidment, 1993)**

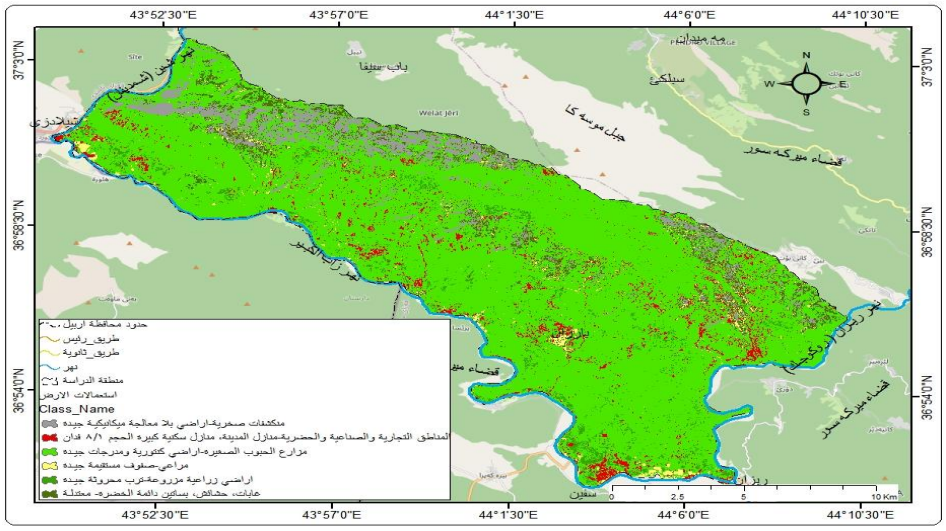
وفي هذه الدراسة، جرى تطبيق نموذج SCS–CNباستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS 10.8) عبر دمج خرائط الغطاء الأرضي مع خرائط الترب الهيدرولوجية لاستخلاص قيم CNوتقدير عمق وحجم الجريان السطحي، بالاعتماد على العناصر الهيدرولوجية الأساسية المعتمدة في النموذج.

3 – الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض

يُعد الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض من العوامل الرئيسة المتحكمة في السلوك الهيدرولوجي للأحواض المائية، لما لهما من تأثير مباشر في معدلات التسرب والجريان السطحي وقيم معامل منحنى الجريان (CN)ضمن نموذج SCS–CN **(USDA Soil Conservation Service (SCS), 1986)**وبناءً على ذلك، جرى تصنيف أصناف الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة، شملت المناطق الحضرية والأراضي الزراعية والمراعي والأراضي غير المستغلة، لاختلاف إسهام كل صنف في توليد الجريان السطحي.

واعتمدت الدراسة على مرئية القمر الصناعي الأمريكي Landsat OLI–8بتاريخ 19/4/2024 لاستخراج خريطة الغطاء الأرضي باستخدام تقنيات التحليل الرقمي ضمن بيئة ArcGIS 10.8، مع ربط الخصائص الطيفية بالواقع الميداني لضمان دقة التصنيف.

الخريطة (٢) تصنيف الغطاء الارضي في منطقة الدراسة



اعتمادا على المرئية الفضائية للقمر الصناعي الامريكي (Land sat OLA 8) بتاريخ (٢٠٢٤/٤/١٩)،وتقنيات برنامج (Arc Gis 10.8)

وأظهرت خريطة الغطاء الأرضي تنوعًا واضحًا في أنماط الاستعمالات بمنطقة جبل شيرين، شملت المنكشفات الصخرية، والمناطق الحضرية، والأراضي الزراعية، والمراعي، والغطاء النباتي الدائم، مما يعكس تباينًا في الاستجابة الهيدرولوجية ومعدلات الجريان السطحي تبعًا للنفاذية السطحية وكثافة الغطاء النباتي وطبيعة التربة والانحدار الطبوغرافي، وبالاستناد إلى الخريطة (٢) والجدول (١)، يبين تحليل تأثير كل صنف في توليد الجريان السطحي.

1.3- المنكشفات الصخرية – أراضٍ بلا معالجة ميكانيكية

تُعد المنكشفات الصخرية من أكثر أصناف الغطاء الأرضي توليدًا للجريان السطحي بسبب انخفاض نفاذيتها وغياب الغطاء النباتي، مما يؤدي إلى ضعف التسرب وتسارع الجريان، خاصة أثناء العواصف المطرية، ويجعلها بيئات نشطة للتعرية وتعميق المجاري المائية **(Chow, Maidment, & Mays, 1988)**، وتنتشر هذه المنكشفات على امتداد سلسلة جبل شيرين، ولاسيما في الأجزاء الشمالية الشرقية والشمالية الغربية، وتعود غالبًا إلى تكوينات العصر الطباشيري ذات القدرة المحدودة على امتصاص المياه. وتشغل مساحة **16كم² (6.45%)** من إجمالي منطقة الدراسة، مما يمنحها دورًا مؤثرًا في نمط الجريان السطحي بالمناطق الجبلية شديدة الانحدار.

جدول (١) المساحات والنسب المئوية لاستعمالات الارض في منطقة الدراسة

ت	تصنيف استعمالات الارض	المساحة كم^2	النسبة المئوية
١	منكشفات صخرية-اراضي بلا معالجة ميكانيكية جيدة	١٦	٦,٤٥
٢	المناطق التجارية والصناعية والحضرية-منازل المدينة، منازل سكنية كبيرة الحجم ٨/١ فدان	١٢	٤,٨٣
٣	مزارع الحبوب الصغيرة-اراضي كنتورية ومدرجات جيدة	١٩٨	٧٩,٨٣
٤	مراعي-صفوف مستقيمة جيدة	٤	١,٦
٥	اراضي زراعية مزروعة-ترب محروثة جيدة	٧,٣	٢,٩٤
٦	غابات، حشائش، بساتين دائمة الخضرة- معتدلة	١١	٤,٤٣
المجموع		٢٤٨	١٠٠

المصدر :اعتمادا على الاشتقاق المساحي لخريطة (٢)

2-3 المناطق التجارية والصناعية والحضرية

تُعد المناطق التجارية والصناعية والحضرية من أكثر أصناف الغطاء الأرضي إسهامًا في زيادة الجريان السطحي بسبب سيادة الأسطح غير المنفذة، مما يقلل التسرب ويرفع سرعة وكمية الجريان، خاصة أثناء العواصف المطرية، ويزيد من احتمالية الفيضانات المفاجئة **(USDA Soil Conservation Service (SCS), 1986)** وتشغل هذه الفئة مساحة **12كم² (4.83%)** من منطقة الدراسة، وتتميز

بقيم **CN**مرتفعة نسبيًا وفق نموذج **SCS–CN**، بما يعكس كفاءتها العالية في توليد الجريان السطحي مقارنة بالأراضي الطبيعية أو الزراعية**(McCuen, 1998)**

3–3مزارع الحبوب الصغيرة – أراضٍ كنتورية ومدرجات جيدة

تُعد مزارع الحبوب النمط السائد لاستعمالات الأرض في منطقة الدراسة، إذ تشغل 198كم² (79.83%)، وتنتشر قرب الأودية والمراوح الغرينية. وتُظهر هذه الأراضي جريانًا سطحيًا متوسطًا نسبيًا بفضل التربة الكنتورية والمدرجات الزراعية التي تُبطئ حركة المياه وتعزز التسرب، وتُصنف ضمن فئات CNالمتوسطة **(Chow, Maidment, & Mays, 1988)**

3–4المراعي – صفوف مستقيمة جيدة

تمثل المراعي مناطق ذات غطاء نباتي منخفض إلى متوسط، تشغل 4كم² (1.6%) من مساحة المنطقة، وتتركز في الأجزاء الجنوبية الغربية والجنوبية الشرقية. ويسهم ضعف كثافة الغطاء النباتي في زيادة الجريان السطحي مقارنة بالغابات، مع بقائه أقل من المناطق الحضرية أو المنكشفات الصخرية **(USDA Soil Conservation Service (SCS), 1986)**

3–5الأراضي الزراعية المزروعة – ترب محروثة جيدة

تسجل الأراضي الزراعية المزروعة جريانًا سطحيًا معتدلًا نتيجة نفاذية التربة المحروثة التي تعزز التسرب، خاصة في بداية العواصف المطرية. وتشغل هذه الفئة 7.3كم² (2.94%) من المنطقة، وتتميز بقيم CNمنخفضة إلى متوسطة تعكس توازنًا بين الجريان والتسرب **(Chow, Maidment, & Mays, 1988)**

3–6الغابات والحشائش والبساتين الدائمة الخضرة – كثافة معتدلة

يسهم الغطاء النباتي المعتدل في تقليل الجريان السطحي عبر اعتراض الأمطار وزيادة الخشونة السطحية وتحسين بنية التربة. وتغطي هذه الفئة 11كم²(4.43%) ، وتنتشر في المناطق ذات الانحدارات المنخفضة نسبيًا، وتُعد من أقل أصناف الغطاء الأرضي توليدًا للجريان السطحي وفق تصنيفات CN القياسية**(USDA Soil Conservation Service (SCS), 1986)**

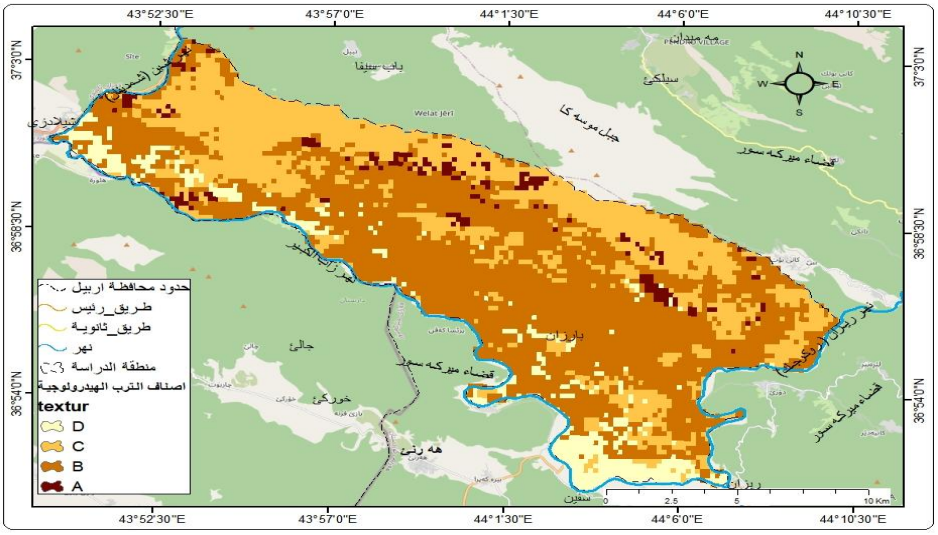
٤–التربة الهيدرولوجية(Hydrologic Soil Groups)

تلعب التربة دورًا محوريًا في الدورة الهيدرولوجية من خلال تحكم خصائصها الفيزيائية في الجريان السطحي والارتشاح، مما يجعل تصنيف الترب الهيدرولوجية أداة أساسية في تطبيق نموذج **SCS–CN** **(USDA Soil Conservation Service (SCS), 1986)**

واعتمدت الدراسة على تصنيف **USDA–SCS**الذي يقسم التربة إلى أربع مجموعات **A، B، C، D** وفق النفاذية وعمق التربة ومحتواها من المواد الدقيقة، حيث تتميز المجموعة **A**بنفاذية عالية وجريان منخفض، بينما تمثل المجموعة **D**أدنى نفاذية وأعلى معدلات للجريان السطحي **(USDA Soil**

Conservation Service (SCS), 1986)وقد استُخدم هذا التصنيف كأساس لدمجه مع خرائط الغطاء الأرضي لاستخلاص قيم **CN**وتقدير الجريان السطحي.

خريطة (٣) الترب الهيدرولوجية حسب تصنيف (FAO) الامريكية في منطقة الدراس



المصدر: بالاعتماد على خريطة التربة العالمية(FAO) ، وتصنيف المجموعات الهيدرولوجية للتربة وفق دليل USDA– SCS (TR–55)، ومعالجة البيانات وتحليلها مكانيًا باستخدام برنامج ArcGIS 10.8.

جدول (٣) المساحات والنسب المئوية للترب الهيدرولوجية حسب تصنيف في منطقة الدراسة

الصنف	الوصف	المساحة/كم^2	%
A	طبقة رملية عميقة مع كميات قليلة جدا من الطين والغرين.	٧,٧٨	٣,١٥
B	طبقة رملية اقل عمقا من الصنف الاول مع معدل انتاج متوسطة.	١٣٧,٠٣	٥٥,٥٤
C	طبقة طينية محدودة العمق مع معدل ارتشاح دون المتوسط او طبقة صخرية مغطات بطبقة من التربة.	٨١,٨٤	٣٣,١٧
D	طبقة طينية سميكة مغطات بطبقة ضحلة من الغرين الناعم او طبقة صخرية عارية.	٢٠,٠٦	٨,١٣
المجموع		246.71	100

اعتمادا على: تقنيات برنامج Arc Gis 10.8لاشتقاق قيم CN في منطقة الدراسة

Richard H. Mc Cuen, Hydrologic Design, Second Edation, Prentice Hall, Saddke River, New Jersey, 07458, 1998,P:155.

يُظهر تحليل الخريطة (3) والجدول (3) التوزيع المكاني للمجموعات الهيدرولوجية للتربة في منطقة جبل شيرين، وما يترتب عليه من تباين واضح في السلوك الهيدرولوجي ومعدلات الجريان السطحي، وذلك وفق تصنيف USDA–SCSالمعتمد في الدراسات الهيدرولوجية **(USDA Soil Conservation Service (SCS), 1986)**

1–المجموعة الهيدرولوجية:(A) تمثل هذه المجموعة أصغر مساحة ضمن منطقة الدراسة، إذ بلغت مساحتها نحو **7.78كم²**، أي ما يعادل **3.15%**من إجمالي مساحة المنطقة. وتتميز ترب هذا الصنف بنفاذية عالية جدًا، مما يسمح بامتصاص مياه الأمطار بسرعة باتجاه الأعماق، وبالتالي انخفاض

معدلات الجريان السطحي وضعف تراكم المياه على السطح. ويؤدي ذلك إلى تقليل فرص التعرية السطحية مقارنة ببقية المجموعات الهيدرولوجية. ونظرًا لمحدودية المساحة التي تشغلها هذه الترب، فإن تأثيرها في النمط العام للجريان السطحي في المنطقة يُعد محدودًا. وتتركز هذه المجموعة في الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة، حيث تسود ظروف جيومورفولوجية مواتية للتسرب العالي **(USDA Soil Conservation Service (SCS), 1986)**

2-المجموعة الهيدرولوجية:(B) تُعد هذه المجموعة الأكثر انتشارًا في منطقة الدراسة، إذ تشغل مساحة تُقدَّر بنحو **137.03كم²**، وبنسبة **55.54%**من المساحة الكلية. وتتميز ترب هذا الصنف بنفاذية متوسطة، مما يؤدي إلى توليد جريان سطحي معتدل مع قدرة ملحوظة على تسرب المياه. ويشير هذا التوزيع الواسع إلى أن معظم منطقة جبل شيرين تمتلك استجابة هيدرولوجية متوازنة، تجمع بين الجريان السطحي والتسرب، الأمر الذي يجعل هذه المجموعة العامل الأهم في تحديد النمط العام للجريان السطحي في المنطقة. وتنتشر ترب المجموعة (B) على مساحات واسعة من منطقة الدراسة، متوافقة مع السهول التجميعية والمناطق الزراعية.**((Chow, Maidment, & Mays, 1988)**

3-المجموعة الهيدرولوجية:(C) تتميز هذه المجموعة بنفاذية منخفضة نسبيًا مقارنة بالمجموعتين (A) و(B)، وهو ما يؤدي إلى زيادة الجريان السطحي، ولاسيما خلال العواصف المطرية الغزيرة، نتيجة بطء امتصاص المياه داخل التربة. وقد بلغت مساحة هذه المجموعة نحو **81.84كم²**، وبنسبة **33.17%** من مساحة منطقة الدراسة. وتنتشر ترب المجموعة (C) في الأجزاء الشمالية والجنوبية من المنطقة، حيث تسود ترب طينية أو محدودة العمق، ما يرفع من كفاءة توليد الجريان السطحي ويزيد من احتمالية التعرية والسيول المحلية.**(USDA Soil Conservation Service (SCS), 1986)**

4-**المجموعة الهيدرولوجية:(D)** تُعد ترب هذه المجموعة الأكثر إسهامًا في توليد الجريان السطحي للمنطقة، بسبب انخفاض نفاذيتها الشديد وارتفاع محتواها من المواد الدقيقة أو قرب الطبقات الصخرية من السطح، وقد شغلت مساحة 20.06كم²(8.13%) ، وتتركز أساسًا في مصبات الأودية والمناطق التجميعية، حيث تتكون من رواسب منقولة من المناطق الجبلية ثم مترسبة في المصب، مما يؤدي إلى ارتفاع معدلات الجريان السطحي وزيادة مخاطر السيول**(Chow, Maidment, & Mays, 1988)**

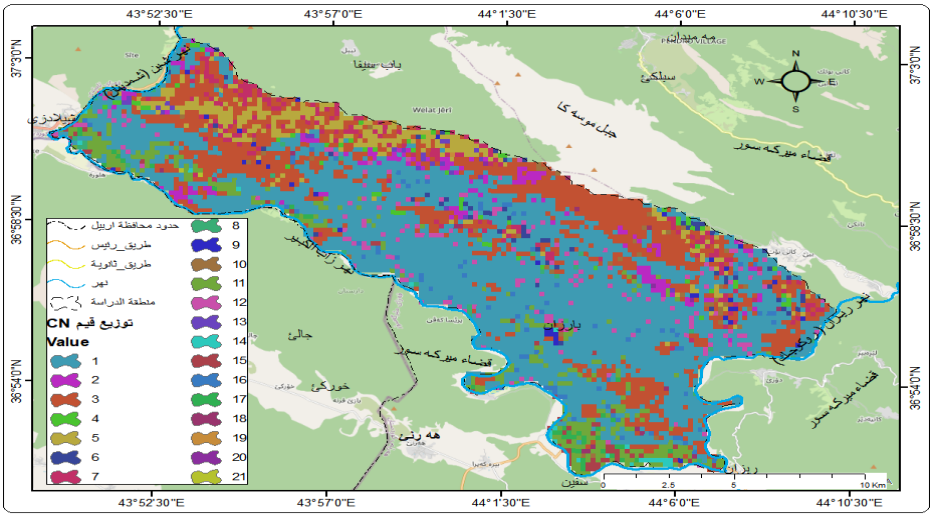
ويعكس هذا التوزيع توازنًا نسبيًا في النمط الجيومورفي لجبل شيرين بين البيئات الجبلية المولِّدة للجريان والسهول التجميعية ذات القدرة الأعلى على الامتصاص، وتكتسب هذه النتائج أهمية في تطوير النماذج التحليلية المتقدمة، ولاسيما نماذج الذكاء الاصطناعي، من خلال تدريب الخوارزميات على الربط بين نوع التربة الهيدرولوجية ومعدلات الجريان السطحي في البيئات الجبلية المتأثرة بذوبان الغطاء الثلجي والتغيرات المناخية**(Maidment, 1993)**

٥- توزيع قيم معامل منحنى الجريان (CN) في منطقة الدراسة

تُعد قيم معامل منحنى الجريان (CN)مؤشرًا كميًا لقياس استجابة الخصائص الطبيعية للجريان السطحي، إذ تعكس التفاعل بين الغطاء الأرضي وخصائص التربة الهيدرولوجية من حيث قدرتها على امتصاص المياه أو مقاومتها للتسرب، ووفق تصنيف USDA–SCS، تتراوح قيم CNبين 0–100، حيث تشير القيم المرتفعة إلى الأسطح ضعيفة النفاذية، في حين تعكس القيم المنخفضة تربًا عالية النفاذية ذات جريان سطحي منخفض, **(USDA Soil Conservation Service (SCS), 1986).**

وقد جرى استخلاص قيم CNللمنطقة من خلال دمج طبقتي الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض مع المجموعات الهيدرولوجية للتربة باستخدام أداة Combineضمن بيئة التحليل المكاني لبرنامج ArcGIS 10.8، وفق الجداول القياسية لنموذج SCS–CNالموضحة في الجدول(4) **(USDA Soil Conservation Service (SCS), 1986)**وأسفر هذا الإجراء عن إنتاج طبقة رقمية (Raster) لقيم منحنى الجريان، جرى تمثيلها لونيًا لتوضيح التباين المكاني، وأظهرت نتائج الخريطة (٤) أن قيم CNتراوحت بين 1–21، وهي قيم منخفضة نسبيًا تعكس سيادة الأسطح عالية النفاذية في أجزاء واسعة من منطقة الدراسة، ولاسيما المناطق الجبلية والصخرية. كما أظهر التوزيع المكاني لقيم CNتباينًا واضحًا في القدرة على توليد الجريان السطحي، إذ ارتبطت القيم الأعلى نسبيًا بالمناطق ذات الترب الطينية والغطاء النباتي الضعيف، في حين سادت القيم المنخفضة في المناطق ذات الترب الأكثر نفاذية أو الغطاء النباتي الأفضل. وتُعد هذه النتائج أساسًا مهمًا في تقدير عمق وحجم الجريان السطحي، ودعم التخطيط الهيدرولوجي ومشاريع حصاد المياه وإدارة مخاطر السيول **(Chow, Maidment, & Mays, 1988).**

خريطة (٤) توزيع قيم (CN) في منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على دمج خرائط الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض المستخرجة من مرئيات القمر الصناعي Landsat OLI-8 (2024)، وخرائط المجموعات الهيدرولوجية للتربة وفق تصنيف USDA–SCS (TR-55)،

واستخلاص قيم معامل منحنى الجريان (CN) باستخدام أداة Combineضمن بيئة التحليل المكاني لبرنامج ArcGIS 10.8.

تُظهر نتائج الخريطة (4) والجدول (4) وجود تباين مكاني واضح في قيم معامل منحنى الجريان (CN) داخل منطقة الدراسة، إذ تراوحت هذه القيم بين (21–1)، وهي قيم منخفضة نسبيًا تعكس سيادة الأسطح ذات النفاذية العالية وقدرتها الكبيرة على امتصاص مياه الأمطار. ويبرز هذا النمط بشكل خاص في النصف الشمالي من المنطقة، حيث تسود التكوينات الصخرية المنفذة، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض معدلات الجريان السطحي وارتفاع كفاءة التسرب، وفق التصنيفات القياسية لنموذج SCS–CN **(Chow, Maidment, & Mays, 1988)**، وقد شكّلت الفئة ذات القيمة CN = 1 أعلى نسبة مساحة، إذ بلغت نحو 48.40%من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، مما يدل على أن ما يقارب نصف المنطقة يتميز بجريان سطحي ضعيف واستجابة هيدرولوجية منخفضة تجاه العواصف المطرية. ويعكس هذا التوزيع توافقًا واضحًا بين قيم CNوخصائص التربة والغطاء الأرضي، ولاسيما في المناطق التي تمتلك نفاذية عالية وغطاء نباتي نسبيًا أفضل**(Maidment, 1993)**

جدول (٤) المساحات والنسب المئوية لتوزيع قيم (CN) في منطقة الدراسة

قيم (CN)	المساحة كم^2	النسبة المئوية
١	١١٩,٤٢	٤٨,٤٠
٢	٦,٥٥	٢,٦٥
٣	٥٦,٨٢	٢٣,٠٢
٤	٢,٦٥	١,٠٧
٥	١٢,٨٩	٥,٢٢
٦	٢,٥٢	١,٠٢
٧	٧,٩٢	٣,٢١
٨	١,٢٨	٠,٥٢
٩	١,٥٨	٠,٦٤
١٠	٢,٠١	٠,٨١
١١	١٤,٦٩	٥,٩٥
١٢	٧,٦٢	٣,٠٩
١٣	١,٠٧	٠,٤٣
١٤	٠,٩٨	٠,٣٩
١٥	٢,٥٧	١,٠٤
١٦	٣,٤٧	١,٤٠

١٧	١,٧١	٠,٦٩
١٨	٠,٦٤	٠,٢٦
١٩	٠,٠٤	٠,٠١
٢٠	٠,١٢	٠,٠٥
٢١	٠,٠٨	٠,٠٣
المجموع	٢٤٦,٦٣	١٠٠

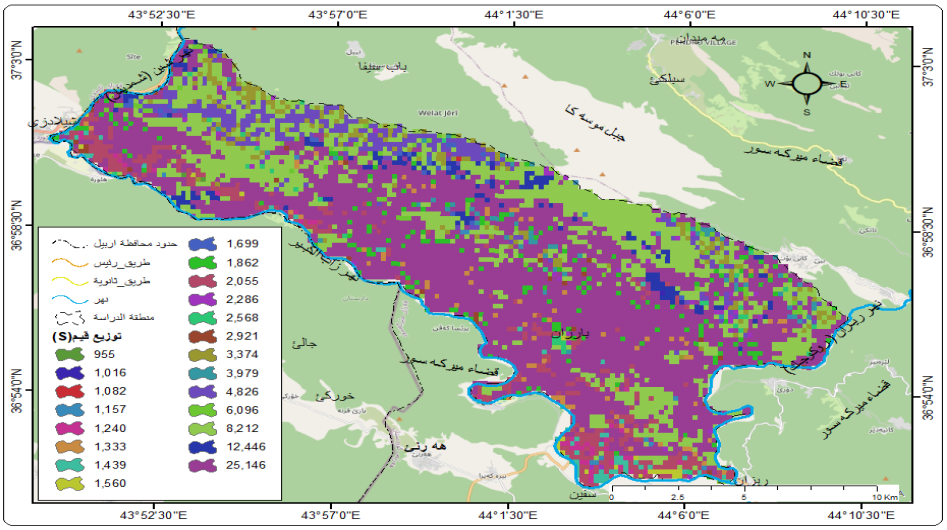
المصدر: بالاعتماد على دمج خرائط الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض المستخرجة من مرئيات القمر الصناعي Landsat OLI-8 (2024)، وخرائط المجموعات الهيدرولوجية للتربة وفق تصنيف USDA–SCS (TR-55)، واستخلاص قيم معامل منحنى الجريان (CN) باستخدام أداة Combineضمن بيئة التحليل المكاني لبرنامج ArcGIS 10.8.

وتؤكد هذه النتائج كفاءة نموذج SCS–CNفي تمييز الفوارق الدقيقة بين المناطق ذات الجريان السطحي المرتفع والمنخفض ضمن البيئات الجبلية المعقدة، الأمر الذي يعزز من موثوقيته في التحليل المكاني الهيدرولوجي. كما تمثل هذه المخرجات قاعدة بيانات مكانية مهمة يمكن توظيفها في تطوير نماذج تحليلية متقدمة تعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي، لاسيما في التنبؤ بمناطق تراكم الجريان السطحي الناتج عن ذوبان الغطاء الثلجي خلال المواسم التي تشهد ارتفاعًا في درجات الحرارة، وهو ما يتماشى مع توجهات الدراسات الحديثة في مجال النمذجة الهيدرولوجية والتكيف مع التغيرات المناخية **(McCuen, 1998)**

٦- حساب معامل الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء بعد الجريان السطحي(S)

يُعبّر معامل الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء بعد الجريان السطحي (S)عن قدرة التربة النظرية على الاحتفاظ بالمياه عقب بدء الجريان، ويعكس حالة التربة بعد تشبعها الكامل أثناء العاصفة المطرية. ويعتمد هذا المعامل أساسًا على الخصائص الفيزيائية للتربة والغطاء الأرضي، ويُعد مؤشرًا رئيسًا في نموذج SCS–CNلتفسير السلوك الهيدرولوجي للأحواض المائية **(USDA Soil Conservation Service (SCS), 1986)**، وتشير القيم المنخفضة لمعامل S إلى ضعف قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه، مما يزيد من سرعة وحجم الجريان السطحي ومخاطر التعرية والسيول، في حين تعكس القيم المرتفعة قدرة أعلى على الاحتفاظ بالماء وزيادة معدلات التسرب، وهو ما يسهم في تقليل الجريان السطحي .**(McCuen, 1998)** وقد جرى احتساب قيم Sفي هذه الدراسة باستخدام المعادلة القياسية للنموذج (المعادلة ٣) عبر أداة Raster Calculatorضمن بيئة التحليل المكاني لبرنامج .ArcGIS 10.8

خريطة (٥) توزيع قيم (S) في منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على معامل (S) ومخرجات برنامج (ArcGis10.8).

وأظهرت نتائج الخريطة (٥) والجدول (٥) أن قيم Sتراوحت بين 955–25,146ملم، مع سيادة الفئة المرتفعة 8,212–25,146)ملم (التي شغلت مساحة 191.13كم² (77.5%) من إجمالي المنطقة، وتميزت بجريان سطحي ضعيف إلى معتدل ونفاذية جيدة ومخاطر تعرية منخفضة. في المقابل، سجلت الفئة المنخفضة 955–2,055)ملم (أعلى معدلات للجريان السطحي، وشغلت مساحة 33.57كم² (13.6%)، وتركزت في المناطق ذات الترب الطينية أو الأسطح ضعيفة النفاذية، ولاسيما في الأجزاء التجميعية ومصبات الأودية، وتؤكد هذه النتائج الدور المحوري لمعامل Sفي تفسير التباين المكاني للجريان السطحي ودعم التخطيط الهيدرولوجي وتوجيه مشاريع حصاد المياه والإدارة المستدامة للموارد المائية في البيئات الجبلية**(McCuen, 1998)**

جدول (٥) المساحات والنسب المئوية لتوزيع قيم (S) في منطقة الدراسة

(S) قيم	المساحة كم٢	النسبة المئوية
955	٠,٠٨	٠,٠٣
1016	٠,١٢	٠,٠٥
1082	٠,٠٤	٠,٠١
1157	٠,٦٤	٠,٢٦
1240	١,٧١	٠,٦٩
1333	٣,٤٧	١,٤٠
1439	٢,٥٧	١,٠٤
1560	٠,٩٨	٠,٣٩
1699	١,٠٧	٠,٤٣

1862	٧,٦٢	٣,٠٩
2055	١٤,٦٩	٥,٩٥
2286	٢,٠١	٠,٨١
2568	١,٥٨	٠,٦٤
2921	١,٢٨	٠,٥٢
3374	٧,٩٢	٣,٢١
3979	٢,٥٢	١,٠٢
4826	١٢,٨٩	٥,٢٢
6096	٢,٦٥	١,٠٧
8212	٥٦,٨٢	٢٣,٠٢
12446	٦,٥٥	٢,٦٥
25146	١١٩,٤٢	٤٨,٤٠
المجموع	٢٤٦,٦٣	١٠٠

المصدر: اعتمادا على معادلة المعامل (S) وبالاعتماد على تقنيات برنامج (ArcGis10.8).

الجدول (٦) فئات قيم معامل (S)/ ملم في منطقة الدراسة

الفئة	المدى (قيمة S)	عدد المناطق	المساحة / كم٢	%	التفسير الهيدرولوجي
منخفضة	٩٥٥ - ٢٠٥٥	١٠ مناطق	٣٣,٥٧	١٣,٦	جريان سطحي سريع، تسرب ضيف، خطر تاكل وسيول مرتفع
متوسطة	٢٢٨٦ - ٦٠٩٦	٦ مناطق	٢١,٩٣	٨,٩	جريان متوسط، بعض التسرب، خطر تاكل معتدل
مرتفعة	٨٢١٢ - ٢٥١٤٦	٥ مناطق	١٩١,١٣	٧٧,٥	جريان سطحي ضيف الى معتدل، تسرب جيد، خطر تأكل منخفض

اعتمادا على الخريطة (5) والجدول (5)

٧-حساب معامل الاستخلاص الأولي(Ia)

يُعد معامل الاستخلاص الأولي (Initial Abstraction – Ia) مؤشرًا هيدرولوجيًا كميًا يعبّر عن كمية الفاقد من مياه الأمطار قبل بدء الجريان السطحي، ويشمل ذلك الفواقد الناتجة عن التسرب الأولي، والتبخر، واعتراض الغطاء النباتي، إضافة إلى المياه المخزونة مؤقتًا في المنخفضات السطحية .ويُعد هذا المعامل عنصرًا أساسيًا في نموذج SCS–CN، إذ يحدد العتبة المطرية اللازمة لبدء الجريان السطحي **(Chow, Maidment, & Mays, 1988)**

ويرتبط معامل Iaارتباطًا وثيقًا بخصائص نسجة التربة وطبيعة الغطاء الأرضي، من خلال علاقته المباشرة بمعامل الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء (S)، حيث يُفترض في الصيغة القياسية لنموذج SCS–CNأن معامل الاستخلاص الأولي يعادل 20%من قيمةS ، أي:

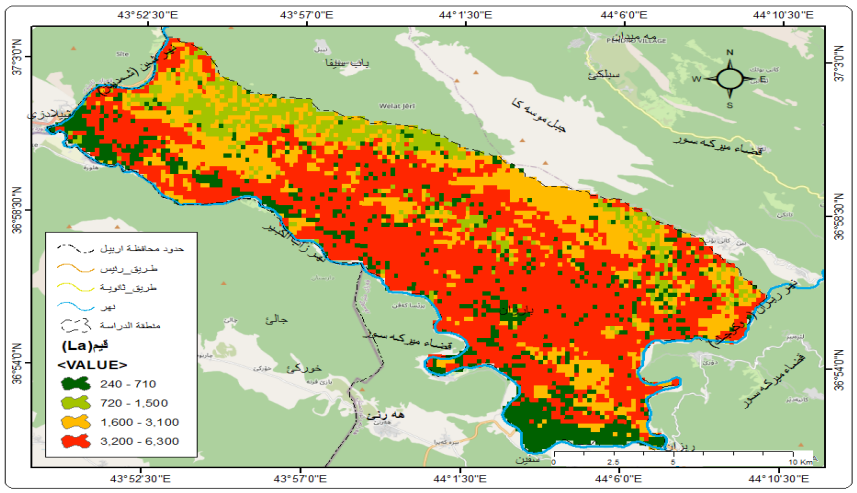
$$I_a = 0.2\,S$$

(McCuen, 1998)

تشير القيم المنخفضة لمعامل الاستخلاص الأولي Ia، ولاسيما القريبة من الصفر، إلى انخفاض الفواقد الأولية من مياه الأمطار قبل بدء الجريان السطحي، مما يزيد من كمية المياه المتاحة للتصريف، في حين تعكس القيم المرتفعة زيادة الفواقد الناتجة عن التسرب واعتراض الغطاء النباتي والسطح الأرضي، وهو ما يؤدي إلى تقليل الجريان السطحي المتولد. **(Maidment, 1993)** وفي هذه الدراسة، جرى تحليل قيم Iaباستخدام برنامج ArcGIS 10.8عبر أداة Raster Calculatorضمن بيئة Spatial Analyst، بالاعتماد على قيم معامل Sالمحسوبة مسبقًا.

وأظهرت نتائج الخريطة (٦) والجدول (٧) تباينًا مكانيًا واضحًا في قيم Ia، حيث شكّلت الفئة المنخفضة (240–710)ملم (مساحة 37.92كم²(15.36%) ، وتمثلت في مناطق السهل التجميعي ذات التربة المسامية نسبيًا. في المقابل، سجلت الفئة المتوسطة (720–1,500)ملم (أدنى امتداد مكاني بمساحة 26.01كم²(10.54%) ، وارتبطت بترب ترسبات المنحدرات. أما الفئة المرتفعة (3,200–6,300 ملم (فقد شكّلت أكبر امتداد مكاني بمساحة 119.42كم²(48.40%) ، وتمثلت في مناطق المنكشفات الصخرية والغطاء الأرضي ذي القدرة العالية على اعتراض المياه، مما يؤدي إلى تأخير بدء الجريان السطحي.

الخريطة(٦) توزيع فئات قيم معامل الاستخلاص الاولي (La) في منطقة الدراسة



المصدر : بالاعتماد على معادلة المعامل (La) ومخرجات برنامج (ArcGis10.8).

الجدول (٧) فئات قيم (La) / ملم في منطقة الدراسة

فئات قيم معامل (La)	المساحة/ كم^2	النسبة المئوية
٢٤٠ - ٧١٠	٣٧,٩٢	١٥,٣٦
٧٢٠ - ١,٥٠٠	٢٦,٠١	١٠,٥٤
١,٦٠٠ - ٣,١٠٠	٦٣,٣٧	٢٥,٦٨
٣,٢٠٠ - ٦,٣٠٠	١١٩,٤٢	٤٨,٤٠
المجموع	٢٤٧,٧٢	١٠٠

المصدر: بالاعتماد على معادلة (La) وبالاعتماد على تقنيات برنامج (ArcGis10.8)

وتؤكد هذه النتائج أهمية معامل Iaفي تفسير التباين المكاني للجريان السطحي، كما تمثل أساسًا مكانيًا يمكن دمجه ضمن أنظمة الذكاء الاصطناعي لتحسين تقدير الفواقد المائية خلال فترات ذوبان الغطاء الثلجي، ودعم إدارة الموارد المائية والتخطيط المستدام في الأحواض الجبلية**(McCuen, 1998)**

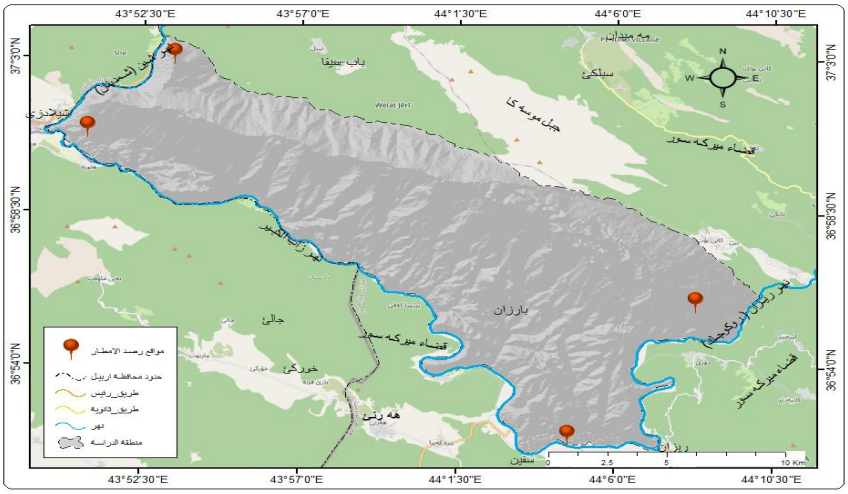
8- حساب مجموع الأمطار وفق مقياس العاصفة المطرية (ملم) لموسم الأمطار (٢٠٢٣-٢٠٢٤) في منطقة الدراسة

تتأثر منطقة الدراسة بالمنخفضات الجوية السائدة في شمال العراق، ولاسيما منخفضات البحر المتوسط والبحر الأحمر، مما يسبب تباينًا مكانيًا وزمانيًا في كميات وشدة الأمطار. وبناءً على ذلك، تم اعتماد مفهوم العاصفة المطرية (Storm Event) بوصفها تساقطًا مطريًا مستمرًا دون انقطاع، نظرًا لأهميتها في تقدير الجريان السطحي المباشر ضمن نموذج SCS–CN **(Maidment, 1993)**. ، وتؤثر خصائص العاصفة المطرية مباشرة في السلوك الهيدرولوجي للتربة، حيث تكون معدلات التسرب مرتفعة في بدايتها ثم تنخفض مع تشبع المسامات، بينما يؤدي تباعد العواصف أو انخفاض شدتها إلى زيادة كفاءة التسرب، على عكس العواصف المتقاربة التي تعزز الجريان السطحي**(McCuen, 1998)**

ونظرًا لغياب بيانات يومية أرضية دقيقة، تم الاعتماد على بيانات الهطول اليومية من محطات القمر الصناعي الأمريكي CHRS Data، باختيار أربع نقاط تمثل أجزاء الحوض المختلفة، تغطي كل منها مساحة 25كم^2)الخريطة ٧ **Center for Hydrometeorology and Remote Sensing (CHRS), 2024)**.

وأظهرت نمذجة شدة العاصفة المطرية باستخدام ArcGIS 10.8تركز أعلى الهطول في الجزء الشمالي الغربي ضمن الفئة 61–57)ملم (بمساحة 11كم^2(4.4%) ، مقابل أدنى القيم في السهل التجميعي ضمن الفئة 50–45)ملم (وبأوسع امتداد مكاني 11كم^2 (5.4%) (الخريطة ٨، الجدول ٨). ويعكس هذا التدرج تأثير التضاريس في إعادة توزيع الأمطار، كما تشير النتائج إلى أن أمطار يوم واحد خلال موسم 2024–2023كانت كافية لتوليد جريان سطحي ملحوظ يمكن استثماره في تقانات حصاد المياه **(McCuen, 1998)**.، ويمثل هذا التحليل قاعدة مكانية قابلة للدمج مع تقنيات الذكاء الاصطناعي المعتمدة على بيانات الطقس والرصد الفضائي، لتحسين التنبؤ بالتساقط المطري وتأثيره في الجريان السطحي والغطاء الثلجي في البيئات الجبلية المتأثرة بالتغيرات المناخية.

الخريطة(٧) التوزيع الجغرافي لمواقع رصد الأمطار لمحطات القمر الصناعي chrsdata المنطقة



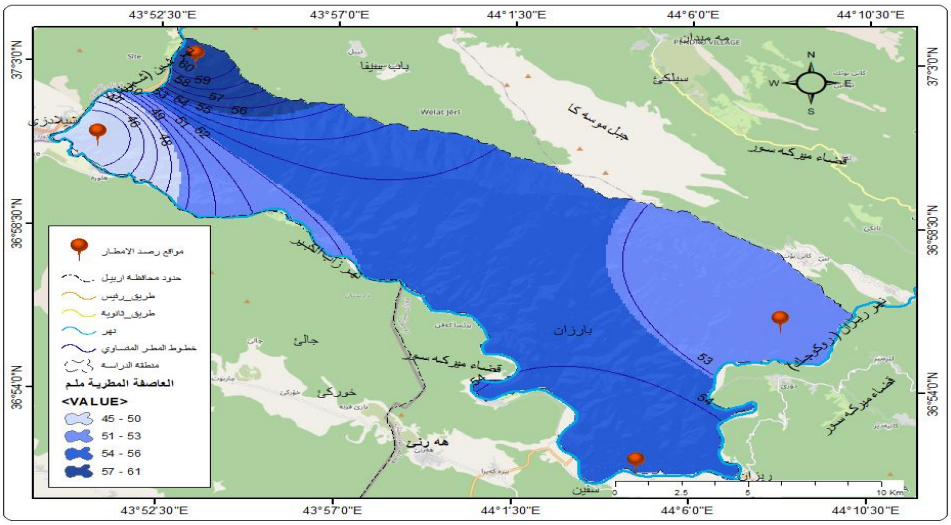
المصدر:بالاعتماد علىhttp://www.chrsdata.eng.uci.edu ومخرجات برنامج (ArcGis10.8).

الجدول (٨) فئات العاصفة المطرية ملم خلال الموسم المطري بتاريخ (٢٠٢٤/٤/٩)لمحطات المنطقة

فئات العاصفة المطرية/ ملم	المساحة/ كم^{٢}	النسبة المئوية
٤٥ ـ ٥٠	١٣	٥,٤
٥١ ـ ٥٣	٦٩	٢٨
٥٤ ـ ٥٦	١٥٠	٦٢
٥٧ ـ ٦١	١١	٤,٤
المجموع		

بالاعتماد على: http://www.chrsdata.eng.uci.edu.com

الخريطة(٨) فئات العاصفة المطرية/ ملم بتاريخ (٢٠٢٤/٤/١٩) في منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد علىhttp://www.chrsdata.eng.uci.edu ومخرجات برنامج (ArcGis10.8).

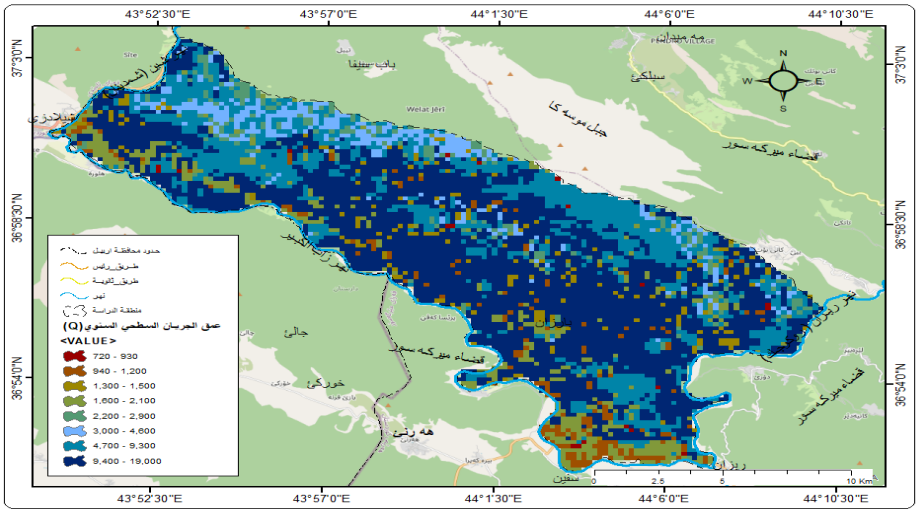
٩- حساب عمق الجريان السطحي السنوي(Q)

يُعد عمق الهطول المطري (P)مدخلًا أساسيًا في تقدير عمق الجريان السطحي (Q)وفق نموذج SCS–CN، وقد استُخدم لحساب الجريان السنوي عبر أسلوب جبر الخرائط (Map Algebra) باستخدام أداة Raster Calculatorضمن بيئة Spatial Analystفي برنامج ArcGIS 10.4، من خلال تطبيق المعادلة القياسية للنموذج لإنتاج طبقة رقمية لأعماق الجريان السطحي بوحدة المليمتر) **(USDA Soil Conservation Service (SCS), 1986**

وتُعد كمية الهطول المطري العامل الأكثر تأثيرًا في تحديد قيم Q، إذ تزداد بزيادة المطر الساقط وتنخفض بانخفاضه، مع دور مُعدِّل لخصائص التربة والغطاء الأرضي والانحدار الطبوغرافي **(Maidment, 1993)**وفي منطقة الدراسة، سجلت الأجزاء الشمالية قيماً أعلى للجريان السطحي مقارنة بالجنوبية.

وأظهرت نتائج الخريطة (٩) والجدول (٩) أن قيم Qتراوحت بين 720–19,000ملم، حيث شكّلت الفئة المرتفعة 9,400–19,000)ملم (أكبر امتداد مكاني بمساحة 120كم²(48%) ، مقابل أدنى القيم ضمن الفئة 1,300–1,500)ملم (بمساحة 5.1كم²(2.1%) ، وتركزت القيم المرتفعة في المناطق شديدة الانحدار وضعيفة الغطاء النباتي.

الخريطة (٩) توزيع فئات قيم المعامل (Q)في منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على معادلة (Q) ومخرجات برنامج (ArcGis10.4.2).

بينما تركزت أعلى قيم Qفي الأجزاء الشمالية والوسطى الجنوبية الغربية ذات التضاريس الجبلية والترب منخفضة النفاذية نسبيًا. وتعكس هذه النتائج نشاط العمليات الجيومورفية، ولاسيما تطور المجاري والوديان الحديثة خلال فترات ذوبان الغطاء الثلجي وارتفاع درجات الحرارة **(Chow, Maidment, & Mays, 1988)**كما توفر خرائط عمق الجريان السطحي قاعدة مكانية دقيقة يمكن دمجها ضمن أنظمة

الذكاء الاصطناعي لتحليل أخطار السيول الموسمية ودعم التخطيط الهيدرولوجي وإدارة المخاطر الطبيعية في البيئات الجبلية المتأثرة بالتغيرات المناخية**(McCuen, 1998)**

جدول (٩) تقدير اعماق الجريان السطحي السنوي (Q) في المنطقة الدراسة

(Q) قيم	المساحة كم^{٢}	النسبة المئوية
930 -720	9.5	3.8
1,200 - 940	23	9.5
1,500 - 1,300	5.1	2.1
2,100 - 1,600	11	4.3
2,900 - 2,200	15	6.2
4,600 - 3,000	57	23
9,300 - 4,700	7.1	2.9
19,000 - 9,400	120	48
المجموع	٢٤٧,٧	١٠٠

المصدر: بالاعتماد على معادلة (Q) وبالاعتماد على تقنيات برنامج (ArcGis10.8).

10 –حساب حجم الجريان السطحي(Qv)

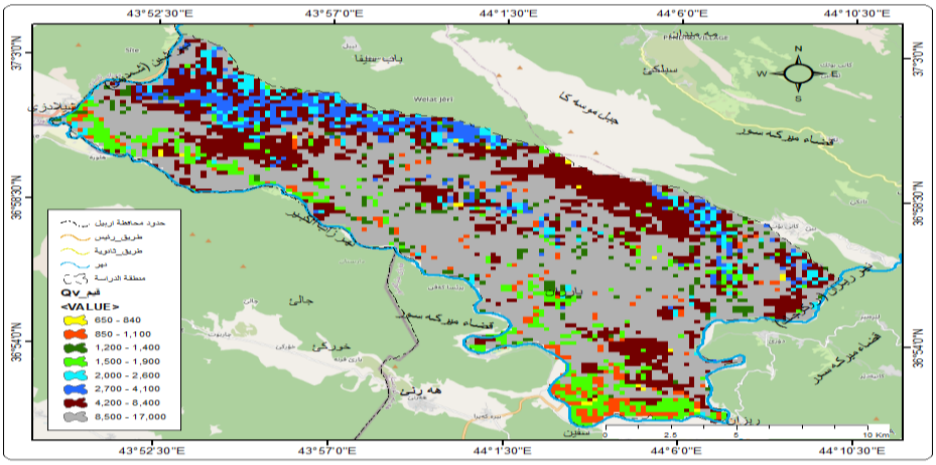
يُعبّر حجم الجريان السطحي (Qv)عن الكمية الكلية للمياه المتدفقة على سطح الحوض، ويُعد من المؤشرات الهيدرولوجية الأساسية في تخطيط حصاد المياه وتقييم كفاءة الأحواض في توليد التصريف السطحي**(Maidment, 1993)** وقد جرى حساب Qvفي هذه الدراسة باستخدام المعادلة القياسية (المعادلة ٥) ضمن برنامج ArcGIS 10.8بالاعتماد على قيم عمق الجريان السطحي (Q)لكل خلية مكانية بمساحة 900م²، مما أتاح تحويل القيم إلى أحجام تصريف بوحدة المتر المكعب **(McCuen, 1998)).**

وأظهرت نتائج الخريطة (١٠) والجدول (١٠) تباينًا مكانيًا واضحًا في قيم Qv، حيث شكّلت الفئة المرتفعة (8,500–17,000)م³ (أكبر امتداد مكاني بمساحة 120كم²(48%) ، في حين سجلت الفئة المنخفضة (4,200–8,400)م³ (أصغر مساحة بلغت 7.1كم² .(2.9%) وتتركز أعلى قيم الجريان السطحي في معظم أجزاء المنطقة، مع انخفاض نسبي في بعض المناطق الجبلية ذات النفاذية الأعلى، ويعكس هذا التباين تأثير الغطاء الأرضي ونفاذية التربة وكميات الهطول المطري وخصائص الأحواض المائية**(McCuen, 1998)**

وتُعد خرائط Qvمخرجات مكانية ذات أهمية تطبيقية، إذ يمكن دمجها في نماذج الذكاء الاصطناعي لتحسين التنبؤ بالتصريف السطحي الناتج عن ذوبان الغطاء الثلجي، ودعم إدارة مخاطر الفيضانات

الموسمية، وتقدير العائد المائي الممكن استثماره في مشاريع حصاد المياه والإدارة المستدامة للموارد المائية..

الخريطة (١٠) حجم الجريان السطحي حسب قيم المعامل (Qv)/ م٣في المنطقة



المصدر:بالاعتماد على معادلة (Q) وبالاعتماد على تقنيات برنامج (Arc GIS (10.8.

الجدول (١٠) حجم الجريان السطحي حسب قيم المعامل (Qv)/ م٣في الدراسة

قيم المعامل (Qv)/ م٣	المساحة/ كم٢	النسبة المئوية
٦٥٠ - ٨٤٠	٩,٥	٣,٨
٨٥٠ - ١,١٠٠	٨,٨	٣,٦
١,٢٠٠ - ١,٤٠٠	١٨	٧,٥
١,٥٠٠ - ١,٩٠٠	١٢	٤,٨
٢,٠٠٠ - ٢,٦٠٠	١٥	٦,٢
٢,٧٠٠ - ٤,١٠٠	٥٧	٢٣
٤,٢٠٠ - ٨,٤٠٠	٧,١	٢,٩
٨,٥٠٠ - ١٧,٠٠٠	١٢٠	٤٨
المجموع	٢٤٧,٧	١٠٠

المصدر: بالاعتماد على معادلة (وباستخدام تقنيات برنامج (Arc GIS (10.4.1).

الاستنتاجات:

١. أثبت نموذج **SCS–CN** كفاءة عالية في تقدير الجريان السطحي وتوافقه مع الخصائص الطبوغرافية والهيدرولوجية لمنطقة جبل شيرين.

٢. أظهرت قيم **CN (1–21)** تباينًا واضحًا في الاستجابة الهيدرولوجية مرتبطًا بنفاذية التربة وقابليتها لتوليد الجريان.

٣. كانت الترب من المجموعتين **C** و **D** الأكثر إسهامًا في الجريان السطحي بسبب انخفاض نفاذيتها.

٤. سجلت الأجزاء الشمالية والغربية أعلى قيم **Q** و **Qv** نتيجة الانحدارات الشديدة وضعف الغطاء النباتي.

٥. غطّت مناطق الجريان المرتفع نحو **48%** من مساحة الدراسة، ما يؤكد أهميتها في حصاد المياه وإدارة السيول.

٦. تراوحت قيم **S** بين **25,146–955ملم**،اذ ارتبطت القيم المنخفضة بزيادة الجريان السريع والتعرية.

٧. عزّز دمج البيانات المناخية والهيدرولوجية مع التحليل المكاني دقة الخرائط ودعم التخطيط المستدام للموارد المائية.

التوصيات

- توسيع تطبيق نموذج **SCS–CN** في البيئات الجبلية لتقييم الجريان السطحي ومخاطر الفيضانات.
- اعتماد نتائج الدراسة في تخطيط مشاريع حصاد المياه في الأحواض الجبلية المتشابهة.
- زيادة محطات الرصد المطرية والهيدرولوجية لتحسين دقة البيانات الميدانية.
- تعزيز الغطاء النباتي في مناطق الجريان المرتفع للحد من التعرية وفقدان التربة.
- تطوير دراسات مستقبلية توظف الذكاء الاصطناعي لتحسين نمذجة الجريان السطحي.
- دمج مخرجات الدراسة في خطط إدارة الموارد المائية والاستثمار البيئي المستدام.

References:

1. Center for Hydrometeorology and Remote Sensing (CHRS). (2024). CHRS Data Portal. Irvine, CA: University of California, Irvine.
2. Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1988). Applied hydrology. New York, NY: McGraw-Hill.
3. Maidment, D. R. (1993). Handbook of hydrology. New York: McGraw-Hill.
4. McCuen, R. H. (1998). Hydrologic analysis and design. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
5. Montgomery, D., & Dietrich, W. (1994). Landscape dissection and drainage area–slope thresholds. Nature, 232–234.
6. Ponce, V., & Hawkins, R. (1996). Runoff curve number: Has it reached maturity. Journal of Hydrologic Engineering, 11–19.
7. USDA Soil Conservation Service (SCS). (1986). Urban hydrology for small watersheds (Technical Release 55, TR-55). Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.
8. Zhan, X., & Huang, M.-L. (2004). ArcCN-Runoff: An ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps. Environmental Modelling & Software, 875–879.