

مجلة التربية للعلوم الانسانية

مجلة علمية فصلية محكّمة، تصدر عن كلية التربية للعلوم الإنسانية / جامعة الموصل

تحليل الاستجابة المائية (CN) لحوض التصريف (الخرازي) في مدينة الموصل

سهى باسل صالح [1] **صهيب حسن خضر** [2]

جامعة الموصل / كلية التربية للعلوم الإنسانية / قسم الجغرافيا / الموصل – العراق [1، 2]

معلومات الارشفة

تاريخ القبول : 2026/4/8

تاريخ النشر : 2026/10/20

الكلمات المفتاحية :

رقم المنحنى، الاستجابة المائية، الجريان السطحي، نظم المعلومات الجغرافية، حوض الخرازي

معلومات الاتصال

سهى باسل

Soha.24ehp75@student.uomosul.edu.iq

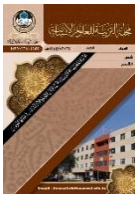
الملخص

يهدف البحث إلى تحليل الاستجابة المائية لأحواض منطقة الدراسة باستخدام نموذج (SCS-CN) وبيئة .(GIS) اعتمدت المنهجية على تقاطع بيانات استعمالات الأرض المشتقة من المرئية الفضائية (Sentinel) مع الأصناف الهيدرولوجية للتربة. أظهرت النتائج هيمنة الأراضي المشيدة بنسبة (59.06%)، وسيادة التربة ذات النفاذية الضعيفة (D) بنسبة (42.69%). سُجلت قيم مرتفعة لرقم المنحنى بلغت ذروتها عند (CN=92) بمساحة (29.77%)، مما أدى لانخفاض معامل التخزين (S) إلى (22.09 ملم) وتوليد حجم جريان بلغ (838,305 م³). تُثبت الدراسة الحساسية العالية للحوض تجاه السيول السريعة نتيجة التوسع العمراني وضعف النفاذية، مما يستوجب تبني استراتيجيات الحصاد المائي وإدارة المخاطر

DOI: **********,, ©Authors, 2025, College of Education for Humanities University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Journal of Education for Humanities

A peer-reviewed quarterly scientific journal issued by College of Education for Humanities / University of Mosul



Hydrological Response Analysis (CN) of Drainage Basins (Al-Khrazi) in Mosul City

Suha Basil Salih [1] **Suhaib Hasan Khidhir** [2]

University of Mosul / College of Education for Humanities / Department of Geography / Mosul - Iraq [1,2]

Article information

Accepted : 8/4/2026

Published 20/10/2026

Keywords:

Curve Number, Hydrological Response, Surface Runoff, Geographic Information Systems, Al-Khrazi Basin

Correspondence:

Suha Basil

Soha.24ehp75@student.uomosul.edu.iq

Abstract

This study aims to analyze the hydrological response of the study area's basins using the (SCS-CN) model and GIS techniques. The methodology integrated land use data from Sentinel imagery with hydrological soil groups. Results revealed a dominance of built-up areas (59.06%) and low-permeability soils (Group D) at (42.69%). High Curve Number values were observed, peaking at (CN=92) over (29.77%) of the area, reducing potential maximum retention (S) to (22.09 mm) and generating a runoff volume of (838,305 m³). The study confirms high flash flood sensitivity due to urban expansion and low infiltration, necessitating effective water harvesting and risk management strategies

DOI: **********,, ©Authors, 2025, College of Education for Humanities University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المقدمة

تُعد العلاقة التفاعلية بين التساقط المطري والجريان السطحي الركيزة الأساسية لدراسات المياه السطحية؛ لكون الجريان يُمثل الاستجابة الفعالة للعواصف المطرية والمؤشر الحقيقي لتقييم مخاطر السيول والفيضانات الفجائية. مما يُحتم دراسة هذه العلاقة بدقة لاستنباط بيانات دقيقة حول طبيعة استجابة المكونات السطحية للمياه، وتقييم قابليتها لتحويل الأمطار إلى سيول جارية.

ولتحقيق ذلك، برزت طريقة "رقم المنحنى (SCS-CN) "كواحدة من أنجح التقنيات الرياضية لتقدير احتمالات الجريان السطحي، لقدرتها على دمج المتغيرات المكانية المتمثلة في أصناف الغطاء الأرضي، واستعمالات الأرض، وخصائص التربة الهيدرولوجية. وقد تم تطوير هذا النموذج ليعطي نتائج شاملة تعكس السلوك الهيدرولوجي المعقد للأحواض المائية.

ولضمان دقة النتائج، وُظفت تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لبناء نموذج مكاني متكامل يتيح مقاطعة الطبقات المعلوماتية بكفاءة عالية. وجرى تنفيذ هذه النمذجة وفق تسلسل منهجي يمر بعدة مراحل علمية متتابعة، تهدف إلى استنباط المؤشرات الهيدرولوجية لأحواض التصريف في منطقة الدراسة.

مشكلة البحث: كيف يمكن تقييم وتحليل ظروف الاستجابة المائية والتنبؤ بمخاطر السيول الفجائية في منطقة الدراسة باستخدام نموذج (SCS-CN) في ظل غياب البيانات الهيدرولوجية المقاسة والتوسع العمراني المستمر؟

فرضية البحث: أن سيادة الأسطح غير المنفذة والتربة الضعيفة في حوض الخرازي ترفع قيم(CN) ، مما يحفز الاستجابة المائية السريعة نحو الجريان السطحي المتزايد، وهو ما يمكن نمذجته بدقة عبر تقنيات-(SCS CNو(GIS).

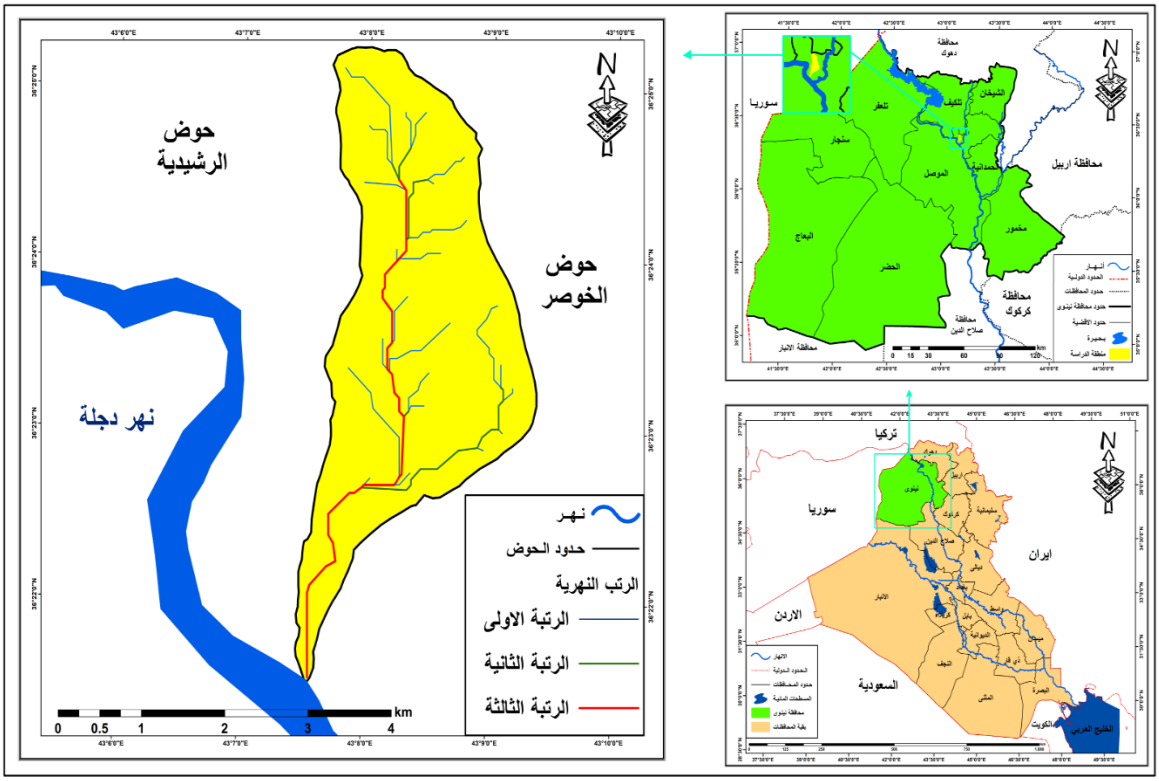
هدف البحث: هدف البحث إلى تقدير وتحليل قيم رقم المنحنى (CN) وحجم الجريان السطحي في حوض الخرازي، للكشف عن أثر التوسع العمراني وخصائص التربة في تحفيز الاستجابة المائية ومخاطر السيول.

منهج البحث: اعتمدت الدراسة المنهج التحليلي الكمي من خلال توظيف نموذج (SCS-CN)المتكامل مع بيئة (GIS) تضمنت الإجراءات معالجة البيانات المكانية والخصائص الهيدرولوجية للتربة واستعمالات الأرض لنمذجة قيم (CN) وتقدير حجم الجريان السطحي رقمياً ومكانياً.

منطقة الدراسة: يقع حوض الدراسة المنتخبة في الجزء الشمالي من العراق، وفي الجزء الشمالي الشرقي لمدينة الموصل بمساحة تقدر (9.75) كم^2 وينحصر بين دائرتي عرض ("14 '25،°36) و ("53 '22 ،°36) شمالاً، وقوسي طول ("21 '06 ،°43) و ("00 '10 ،°43) شرقاً، يحده من الشمال قضاء تلكيف اما الاجزاء الاخرى ضمن حدود محافظة نينوى الشبكة التصريفية لحوض الدراسة تشكل في مناطق تقسيم المياه تتكون من فرعين الاول يبدا من قرية سادة وبعويزة ويمر بحي الحدباء ثم يدخل جامعه الموصل عند اقصى جزء الشمالي الشرقي ، اما الفرع الثاني يبدا من الشمال منشأة الكندي مروراً بحي الكندي وتصب في مطروحات مياه الصرف الصحي والمطروحات الصلبة من فضلات ونفايات منزلية ليدخل القصور

الرئاسية في جامعة الموصل ثم يلتقي قرب مبنى مطبعة الجامعة ثم يسير مروراً بحي الاندلس من خلال قنطرة عبر الشارع العام حتى يصل غابات المدينة ليصب اخيرا في نهر دجلة عبر قرية السياحية في منطقة الغابات ينظر الخريطة (1).

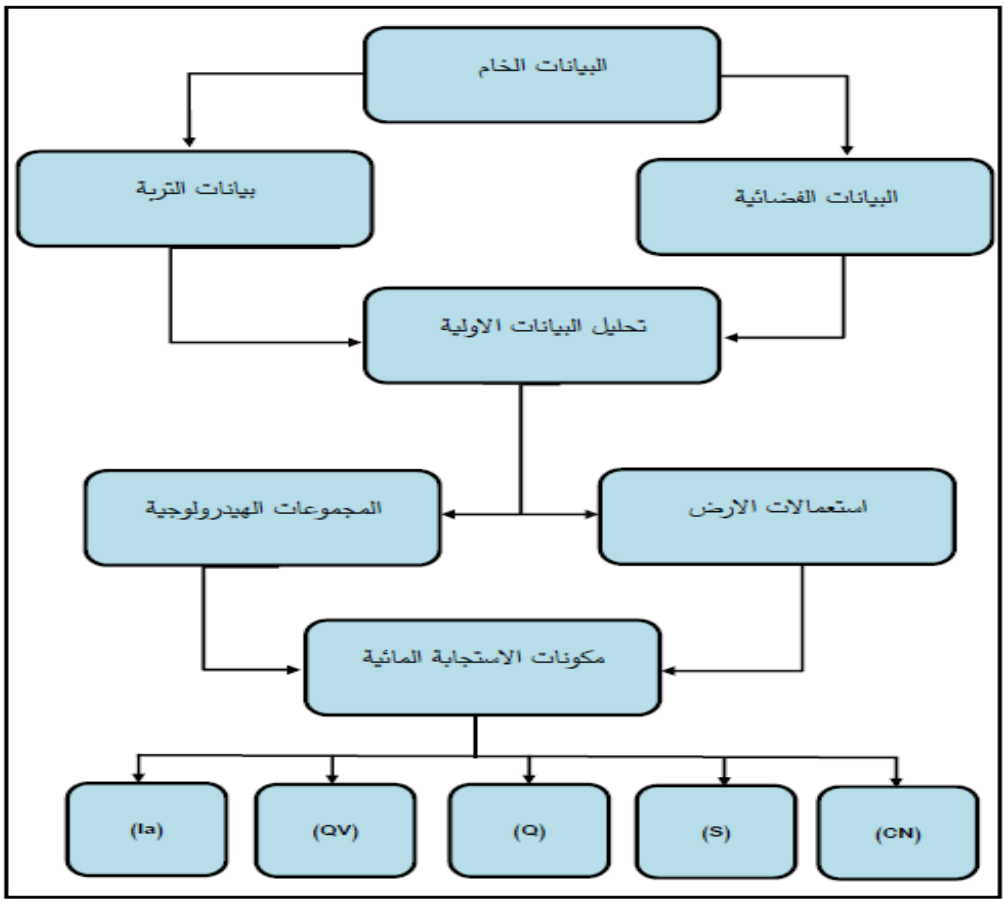
الخريطة (1) الموقع الجغرافي لحوض وادي الخرازي



المصدر : عمل الباحثة اعتمادا على: جمهورية العراق ، وزارة التخطيط ، هيئة المساحة العامة ، خريطة العراق الادارية بمقياس رسم 1:1000000، عام 2017.

المنهجية: تعتمد المنهجية المستخدمة في البحث باستخدام نموذج (SCS-CN) المدمج في بيئة (GIS). وتتلخص المنهجية في نمذجة العلاقة بين الغطاء الأرضي (LULC) المستخلص من المرئيات الفضائية، والمجموعات الهيدرولوجية للتربة (HSG) لتحديد قيم رقم المنحنى (CN) . ومن ثم تقدير معامل التخزين وحجم الجريان السطحي رقمياً ومكانياً، ويوضح الشكل (1) المخطط الانسيابي المراحل العلمية المتتابعة لتنفيذ هذه النمذجة.

شكل (1) مخطط المنهجية



المصدر: من عمل الباحثة.

البنية الجيولوجية لمنطقة البحث

تبرز أهمية التتبع الجيولوجي لمنطقة الدراسة في التعرف على طبيعة الصخور والطبقات المتكشفة لتحديد استجابتها الهيدرولوجية؛ مما يُسهم في التنبؤ بمخاطر السيول، وتقييم حجم الجريان السطحي ومعدلات الترشيح الباطني استناداً إلى مدى صلابة الصخور ونفاذيتها عبر التشققات. وتضم المنطقة مجموعة من التكوينات الجيولوجية التي تعكس بيئات ترسيبية متباينة الأعمار، والتي سيتم استعراض خصائصها تدريجياً من الأقدم إلى الأحدث، وفقاً للبيانات الموضحة في الخريطة (2) والجدول(1).

1. ترسبات الزمن الرباعي: تغطي هذه الترسبات مساحة كبيرة في منطقة الدراسة وعلى النحو الموضح في الخريطة وتعود هذه الترسبات الى عصر (البلايستوسين، والهولوسين) ويمكن توضيح هذه الترسبات في المنطقة على النحو الاتي:

– **رواسب السهل الفيضي:** تتكشف هذه الرواسب في الأجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة، وتغطي مساحة تقدر بـ(1.628739) كم2، وبنسبة تقارب (16.69661%) من منطقة الدراسة. وتتكون من طين وغرين ناعم، ناتج عن تعرية وترسيب الانهار (الجبوري، 2020، 15). سمك هذه الترسبات في السهل الفيضي لمدينة الموصل تتأثر بشدة بالتيار المائي وتضاريس الارض اذ يعد النهر هو المسؤول عن تكوين هذا السهل، وتعد هذه المنطقة معرضة لخطر التدفقات المائية القادمة من الأودية والتي تصب في نهر دجلة كونها منطقة المصب لتصريف الاحواض في المنطقة (حسن، 2021، 21)

– **رواسب الترب المتبقية:** تتمثل هذه الرواسب بالترسبات السطحية الناتجة من الفتات الصخري المنقول بفعل التعرية النهرية والريحية، وتوجد هذه الرواسب في المناطق القليلة التموج والمنبسطة ذات الانحدار المتوسط، وتتكون من ترب طينية ورملية وجبسية فضلاً عن الترب الكلسية (العزو، 2023، 8) وتتشكل هذه الترسبات في الجهة الشمالية الشرقية ومتجهاً على شكل شريط نحو الداخل في الوسط وتشغل مساحة تقدر بما يقارب (1.296123) كم2، وبنسبة (13.28688%) تقريبا، ان اغلب هذه الترب ذات نفاذية عالية تسمح بترشيح المياه من خلالها الى طبقات تحت سطحية مما يؤثر على هيدرولوجية المنطقة التي تتواد فيها، وهي ترب تشتق من الصخور التي تتكئ عليها (كربل، 1986، 105).

– **رواسب المصاطب النهرية:** يتمثل هذا النوع من الرواسب في الأجزاء الجنوبية لمنطقة الدراسة وتشغل مساحة ما يقارب (3.49598) كم2، وبنسبة (35.83816)% تقريباً وتتكون من فتاتات مختلفة الأحجام وأغلبها حصى نتجت عن ترسبات عملية التعرية والترسيب النهري في حوض الوادي لمنطقة الدراسة، وتنتج من ترسبات خشنة الطينية والرملية والحصوية ذات شكل وحجم مختلف بالإضافة إلى مواد جبسية تكونت في فترة البلايستوسين (الجبوري، 2020، 18). وتنتشر بشكل متفرق إذ قسمت إلى ثلاث مناطق القسم الأول جزء صغير في الشمال الغربي بمساحة صغيرة والجزء الآخر في الأجزاء الشرقية أما جزء الأخير يقع في الوسط والجنوب على شكل شريط متعرج يمتد من الشرق إلى الغرب، وتشكلت أنواع كثيرة من المصاطب النهرية خلال فترة تساقط الأمطار نتيجة لعملية الإرساب المائي.

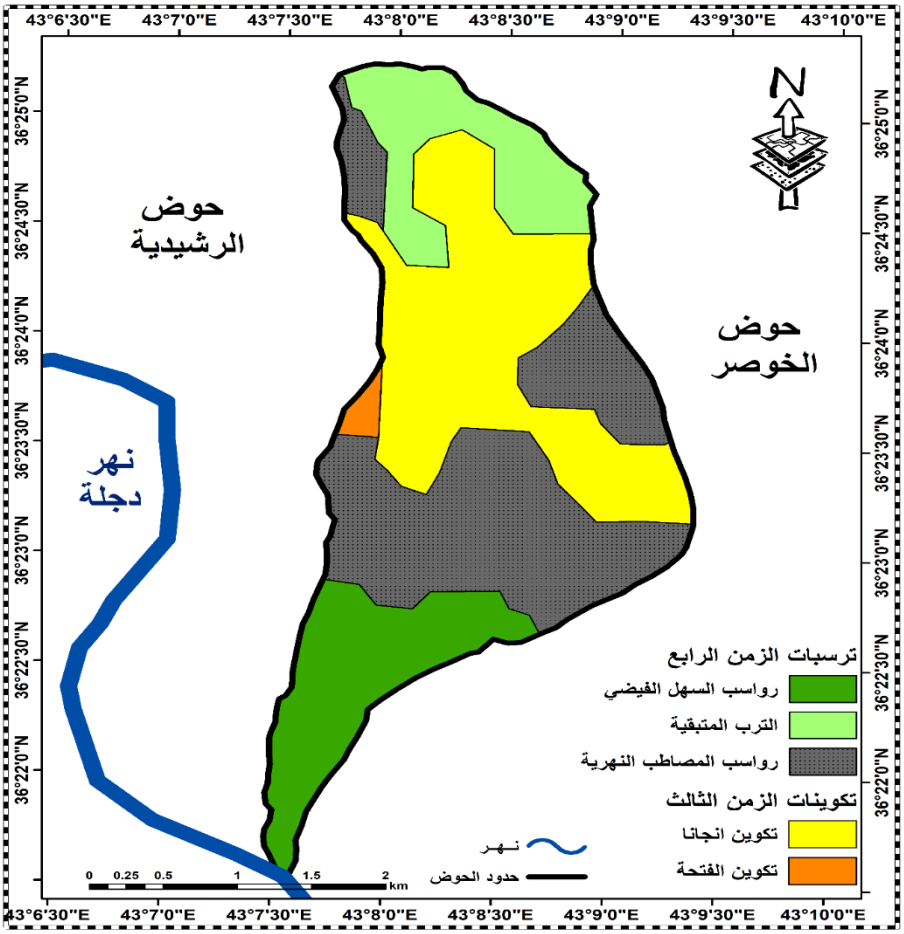
2. تكوينات الزمن الجيولوجي الثالث: يتراوح عمرها الزمني بين العصر البليستوسين والمايوسين حيث تساعد هذه المكونات في تقديم دلالات هيدرولوجية للمنطقة التي ندرسها وتفسير خصائصها الصخرية، وفيما يلي أبرز تلك المكونات:

– **تكوين أنجانة:** يمتد تكوين أنجانة، العائد لعصر المايوسين الأعلى، في وسط منطقة الدراسة مع بعض الامتدادات نحو الشمال والشرق والغرب والجنوب الشرقي، ليغطي مساحة تبلغ (3.229,684)كم2 وبنسبة (33,10829)%من المساحة الإجمالية. يتباين سمك هذا التكوين وفقاً لموقعه الطبوغرافي؛ إذ تزداد سماكة الترسبات الرملية بحبيباتها الناعمة والخشنة في الجهات العليا، ويتألف صخرياً من جزأين: قسم علوي يضم طبقات سميكة من الحجر الرملي المتعاقب مع الحجر الطيني، وقسم سفلي تتخلله صخور طينية مائلة للاحمرار

متعاقبة مع طبقات من الحجر الغريني الرملي (Aqrawi et al., 2010, p. 339). ساهمت الخصائص الجيولوجية لهذا التكوين في تطور المراتب التحاتية لمجرى النهر، وبسبب انخفاض النفاذية في طبقاتها الطينية تعمل على نشوء مجاري مائية صغيرة تتطور لاحقاً إلى مراتب أعلى، فهو يمثل عاملاً جيومورفولوجياً أساسياً في تدرج الشبكة المائية وتطور مراتبها.

– **تكوين الفتحة:** يرجع هذا التكوين إلى العصر المايوسين الأوسط من الزمن الجيولوجي الثالث، إذ يتكون من طبقات من الحجر الجبسي والجبس الكلسي ومواد مفتتة من الحجر الطيني والرملي والغريني (السياب وآخرون، 1982،133). وهي صخور تستجيب للإذابة وخاصة الحجر الطيني والغريني التي تزيد من نفاذية ترشيح المياه داخل الطبقات الصخرية وهذا يعتبر ضعف في تطور شبكة التصريف للمياه على سطح تكوين في منطقة الدراسة وتظهر أهم مكاشفه في جزء صغير من قسم الشرقي لمنطقة الدراسة وبمساحة تقدر بـ(0.104384) كم2، وبنسبة (1.070065)% تقريباً.

الخريطة (2) البنية الجيولوجية لمنطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث، بالاعتماد على وزارة الصناعة والمعادن، الهيئة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، لوحة الموصل، بمقياس 1:250000، لسنة 1995.

الجدول (1) تكوينات منطقة الدراسة ومساحتها (كم2) ونسبتها (%)

التكوينات	المساحة كم مربع	النسبة %
رواسب السهل الفيضي	1.628739	16.69661
الترب المتبقية	1.296123	13.28688
رواسب المصاطب النهرية	3.49598	35.83816
تكوين انجانا	3.229684	33.10829
تكوين الفتحة	0.104384	1.070065

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (2).

الخصائص المورفومترية لحوض الدراسة

1. القياسات الهندسية لحوض البحث: تُقيّم القياسات الهندسية لحوض الخرازي كفاءة تصريف المياه من خلال أربعة معايير أساسية ترتبط بزيادة احتمالية حدوث السيول الحضرية؛ حيث بلغت مساحة الحوض (9.75كم²)، مما يصنفه ضمن الأحواض الصغيرة التي تتطلب شبكات تصريف عالية الكفاءة لاستيعاب التدفقات المفاجئة. وسجل الحوض محيطاً يبلغ (16.81كم)، وصغره الهيدرولوجي يؤدي إلى سرعة وصول المياه للمصب. كما بلغ طول الحوض (6.94 كم)، وهي مسافة قصيرة ترفع من خطر السيول نتيجة قلة الفاقد المائي بالتبخر والتسرب وانخفاض زمن التصريف. وأخيراً، بلغ متوسط عرض الحوض (1.4كم)، وهو عامل يؤثر مباشرة في اتساع جبهة استقبال الأمطار وسرعة تركز الجريان السطحي. ينظر الجدول (2)

الجدول (2) القياسات الهندسية لحوض الدراسة

الحوض	المساحة كم2	المحيط/ كم	الطول/ كم	العرض/ كم
حوض الخرازي	9.75	16.81	6.94	1.4

المصدر: بالاعتماد على برمجية ArcGIS Desktop 10.8.

2. القياسات الطبوغرافية لأحواض التصريف: تؤدي القياسات الطبوغرافية لحوض الخرازي دوراً جوهرياً في فهم ديناميكية التعرية وتشكيل السيول وسرعة الجريان السطحي، وقد بينت نتائج التحليل في الجدول (3) أن التضرس الأقصى للحوض بلغ 81م، مما يعكس استقراراً جيومورفولوجياً يتطلب تصميماً دقيقاً لميول شبكات الصرف الحضري لتجنب ركود المياه. وسجل الحوض قيمة تضرس نسبي بلغت 48.1856م/كم، مما يفرض الحذر عند التخطيط العمراني لعدم إعاقة مسارات الجريان الطبيعي، في حين بلغ معدل التضرس 11.67147 م/كم كمؤشر على سرعة حركة المياه السطحية. وأظهر مقياس التكامل الهيبسومتري قيمة قدرها 0.12037،

ليدل على بلوغ الحوض مرحلة الشيخوخة التضاريسية المتأخرة وانخفاض كفاءة التخزين الطبيعي. لتكتمل الخصائص التضاريسية بقيمتي النسيج الطبوغرافي الذي سجل 1.725164مجرى/كم، ودرجة الوعورة البالغة 1.768068، وهي عوامل تتضافر معاً لتحديد الطاقة الهيدرولوجية وكفاءة التصريف المائي للحوض وتأثيرها المباشر على المناطق الحضرية.

الجدول (3) القياسات الطبوغرافية لأحواض التصريف

الاحواض	التضرس الأقصى/ م	التضرس النسبي م/كم	معدل التضرس م/كم	التكامل الهيبسومتري م/كم2	النسيج الطبوغرافي مجرى/ كم	درجة الوعورة
حوض الخرازي	81	48.1856	11.67147	0.12037	1.725164	1.768068

المصدر: بالاعتماد على برمجية ArcGIS Desktop 10.8.

3. رتب المجاري لحوض البحث

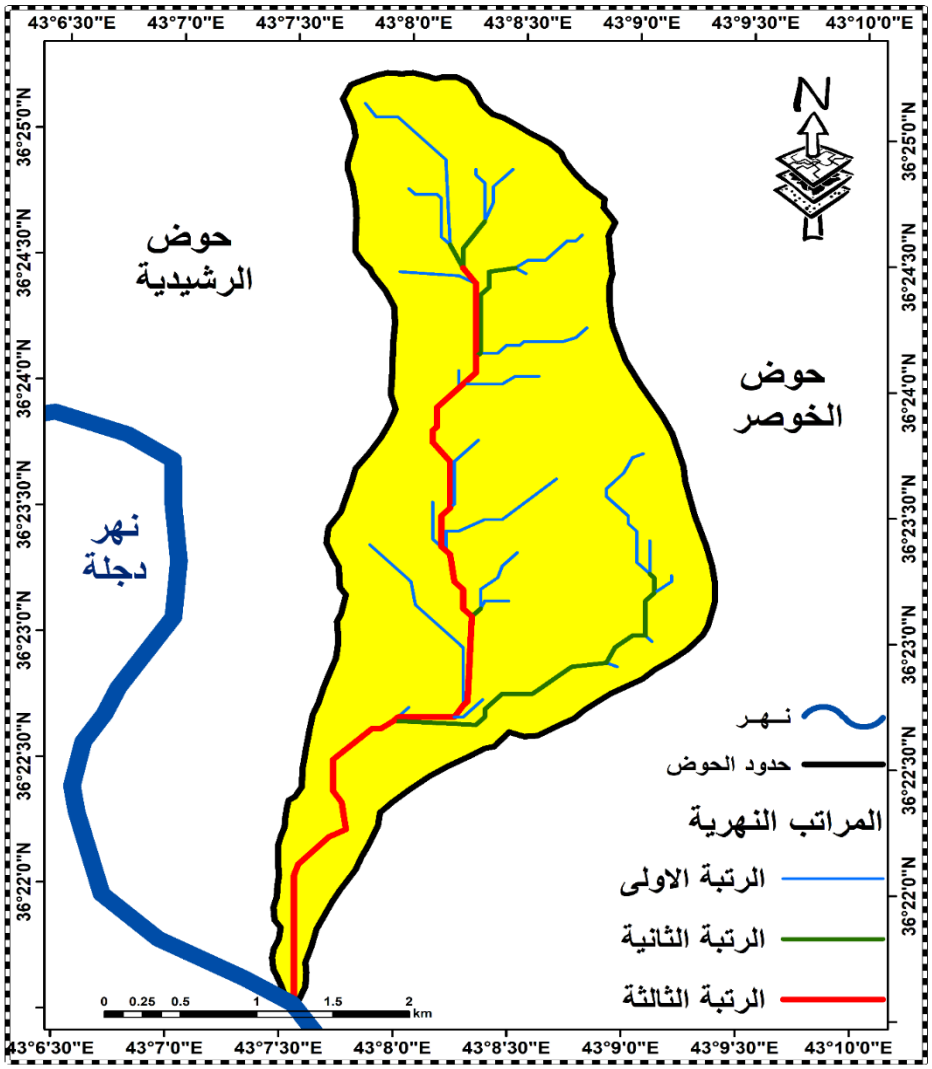
اعتمدت الدراسة تصنيف "ستريلر" للمجاري المائية، والتي تدرجت في حوض منطقة الدراسة من الرتبة الأولى وحتى الثالثة بإجمالي (29) مجرى مائياً؛ حيث استحوذت الرتبة الأولى على النسبة الأكبر بـ 79.31%، تلتها الرتبة الثانية بـ 17.25%، لتسيطرا معاً على أكثر من 96%من إجمالي الشبكة التصريفية، في حين سجلت الرتبة الثالثة النسبة الأدنى بـ .3.44%ويشير هذا التوزيع العددي إلى وجود شبكة تصريفية أولية نشطة في مناطق المنبع، ويوضح أن التدفق المائي ومخاطر السيول يزدادان طردياً مع ارتفاع الرتبة النهرية، مما يفرض ضرورة توفير إدارة هندسية دقيقة لمياه الأمطار في المناطق الحضرية لتفادي المخاطر المتصاعدة عند تفرعات الرتب العليا ينظر الخريطة (3) والجدول (4).

الجدول (4) اعداد المراتب لحوض التصريف المؤثرة في منطقة الدراسة

الاحواض	عدد المراتب			مجموع اعداد المجاري للحوض
	الاولى	الثانية	الثالثة	
حوض الخرازي	23	5	1	29
النسبة المئوية	79.31	17.25	3.44	%100

المصدر: بالاعتماد على الخريطة رقم (3).

الخريطة (3) الشبكة التصريفية والمراتب النهرية لحوض الدراسة



المصدر: عمل الباحث، اعتمادا على الانموذج الرقمي للارتفاعاتDEM بدقة تميزية 30 م ، و برمجية ArcGIS.

الوصف النظري للنموذج الرياضي (SCS - CN):

يعتمد تقدير عمق وحجم الجريان السطحي باستخدام نموذج (SCS-CN)على مقاربة رياضية هيدرولوجية رصينة، تستند في مدخلاتها الأساسية إلى مصفوفة من المتغيرات المكانية والبيئية. وتتمثل هذه المعاملات في الخصائص النوعية للغطاء الأرضي (Land Cover) وأنماط استخداماته المختلفة، مضافاً إليها التحديد الدقيق لنوع التربة وتصنيفها ضمن المجموعات الهيدرولوجية (HSG) التي تعكس قدرتها على النفاذية.

كما يدمج النموذج بيانات التساقط المطري مع تحديد حالة الرطوبة السابقة للتربة (AMC) لضمان دقة محاكاة الاستجابة الهيدرولوجية للحوض المائي (الحيالي، 2015، 74) ويتم حسابه وفق المعادلة الاتية:

(Sorrell, 2010, p. 13)

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

إذ أن:

Q = عمق الجريان السطحي السنوي (مم)

P = كمية الأمطار الساقطة (مم)

Ia = الاعتراض الاولي قبل بدء الجريان السطحي متمثل بالتبخر والتسرب والنبات

S = التجمع السطحي بعد بداية الجريان السطحي (مم)

ويتم حساب قيمة معامل (S) حسب المعادلة الاتية: (USDA-SCS, 1986, p. 1)

$$S=\frac{100}{CN}-10 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

وبما أن مخرجات المعادلة (2) هي بوحدة قياس (إنش) لذا نقوم بتحويل المخرجات إلى وحدة قياس (ملم) لتصبح بالشكل الآتي: (Sorrell, 2010, p. 13

$$S=\frac{25400}{CN}-254 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

بينما تحسب قيمة CN الكلية وفق المعادلة الآتية: (USDA-SCS, 1986, p. 1)

$$\text{CN composite}=\frac{(A_1.CN_1)+(A_2.CN_2)+(A_3.CN_3)+(A_4.CN_4)+(A_5.CN_5)}{A_1+A_2+A_3+A_4+A_5} \ldots\ldots(4)$$

حيث أن:

A1…A5= مساحة كل نوع من أنواع غطاءات التربة.

CN1…CN5= قيمة كل نوع من أنواع غطاءات التربة.

في حين أن Ia تعادل خمس قيمة S فإن Ia تصبح كالآتي: (Thakuria & Ranjan, 2014)

$$Ia = 0.2s \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

ووفق ذلك تكون المعادلة التي يتم من خلالها حساب عمق الجريان السطحي كالآتي:

$$Q=\frac{(P-0.2S)^2}{P+O.BS} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

ولكي يتم حساب حجم الجريان السطحي لمنطقة الدراسة يتم الاستعانة بالمعادلة التالية: (USDA-SCS, 1986, pp. 3-6)

$$Qv = (Q * A / 1000) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

حيث أن:

Qv= حجم الجريان السطحي.

Q = عمق الجريان السطحي / ملم.

A = مساحة حوض التصريف / كم².

1000= معامل التحويل.

اولاً: تحليل استعمالات الأرض والغطاء الأرضي لحوض التصريف في منطقة الدراسة

تتسم كل ظاهرة طبيعية بخصائصها المستقلة ومناهجها وأساليبها الخاصة في التصنيف، والتي تُعد أساساً للوصول إلى تفسيرات دقيقة لمختلف جوانبها. وفي هذا السياق، ومن خلال دراسة تصنيف استعمالات الأرض والغطاء الأرضي للحوض قيد البحث، بالاعتماد على المرئية الفضائية للقمر الصناعي (Sentinel)، وكما هو موضح في الخريطة رقم (4) والجدول رقم (5)؛ فقد تبيّن وجود خمسة أصناف رئيسية للغطاء الأرضي تتباين بشكل واضح في تأثيراتها وخصائصها الهيدرولوجية، وتتوزع هذه الأصناف على النحو الآتي:

1. صنف الأراضي المشيدة (المباني والطرق) :وهي أراضي مصمتة غير نفاذة تزيد من سرعة الجريان السطحي وترفع احتمالية تشكل السيول. يُعد هذا الصنف السائد والأكثر انتشاراً، حيث احتل المرتبة الأولى بمساحة بلغت (5.77)كم²، وبنسبة (59.06%)من إجمالي مساحة الحوض.

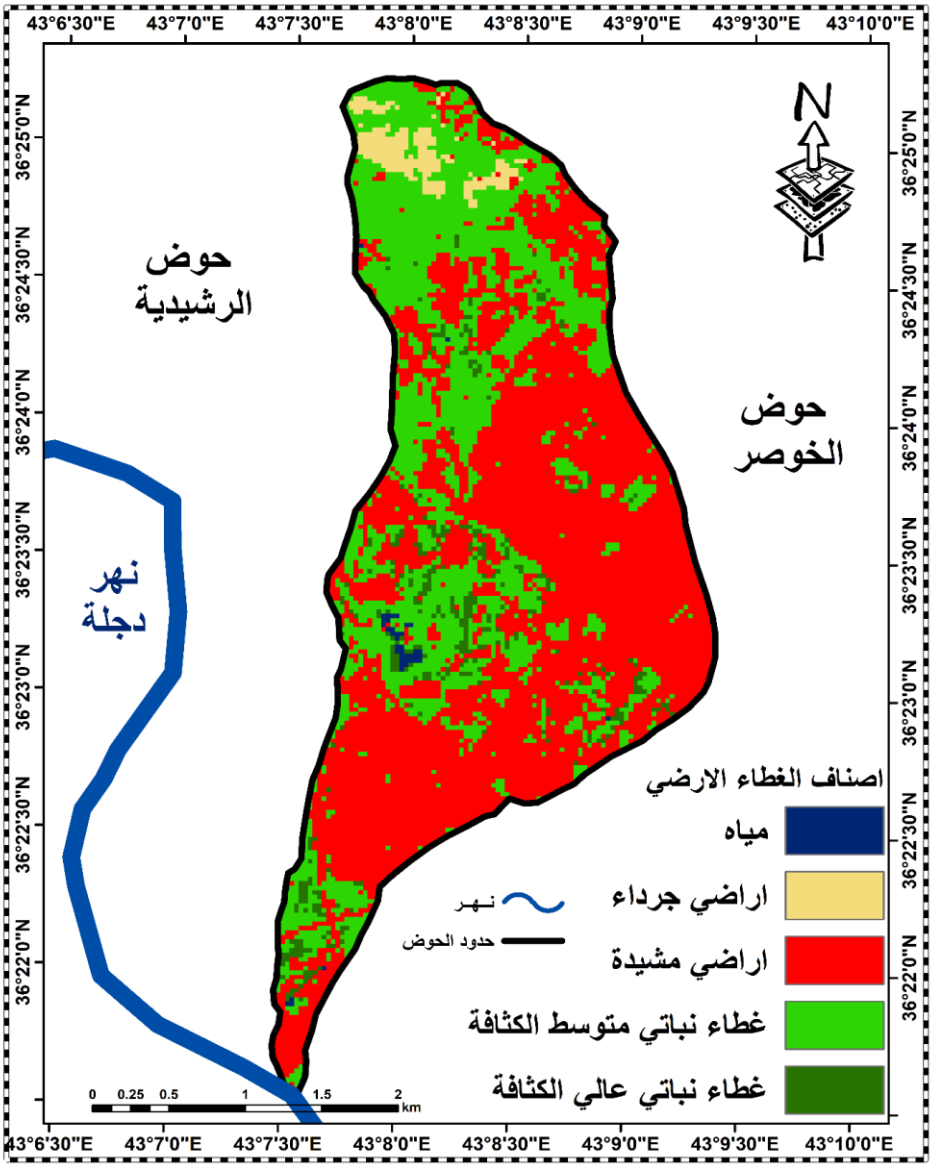
2. صنف الغطاء النباتي (متوسط وعالي الكثافة) :يعمل كمصد لتقليل الجريان السطحي وزيادة معدلات الرشح وتغذية المياه الجوفية بفضل جذوره التي تزيد من مسامية التربة. يحتل المرتبة الثانية مساحياً وينقسم إلى:

- غطاء نباتي متوسط الكثافة :بمساحة (3.38)كم² وبنسبة (34.67%).
- غطاء نباتي عالي الكثافة :بمساحة (0.34)كم² وبنسبة (3.53%).

3. صنف الأراضي الجرداء :يرتبط أثرها الهيدرولوجي بمعدلات النفاذية والتسرب التي تعتمد على طبيعة الصخور وشقوق التربة. تشغل مساحة محدودة ضمن الحوض تبلغ (0.23)كم²، بنسبة (2.35%).

4. صنف المياه :يشمل المسطحات المائية السطحية ومياه الوديان الجارية. يُعد الأقل انتشاراً في منطقة الدراسة؛ إذ تقتصر مساحته على (0.04)كم² فقط، ليمثل نسبة ضئيلة جداً بلغت (0.39%)من إجمالي المساحة.

الخريطة (4) تصنيف استعمالات الأرض والغطاء الأرضي لحوض منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة، بالاعتماد على برنامجي ArcGIS Desktop 10.8.

الجدول (5) تصنيف استعمالات الأرض والغطاء الأرضي لحوض منطقة الدراسة

الأصناف	المساحة كم^2	النسبة %
اراضي مشيدة	5.77	59.06
غطاء نباتي متوسط الكثافة	3.38	34.67
غطاء نباتي عالي الكثافة	0.34	3.53
اراضي جرداء	0.23	2.35
مياه	0.04	0.39

المصدر بالاعتماد على الخريطة (4)

ثانياً: التحليل الهيدرولوجي لمجاميع التربة في منطقة الدراسة

تُعد دراسة الخصائص الهيدرولوجية للتربة من الركائز الأساسية في تحليل الاستجابة المائية للأحواض وتقييم مخاطر السيول، إذ تلعب نفاذية التربة ومساميتها دوراً حاسماً في تحديد العلاقة بين كمية مياه التساقط (الأمطار)، وما يترشح منها نحو التكوينات الجوفية، وما يتحول إلى جريان سطحي (Woodward, 2009, p. 14).

بهدف تقييم السلوك المائي للترب السائدة في منطقة الدراسة، تمت إعادة تصنيفها وظيفياً وفقاً للمجموعات الهيدرولوجية العالمية (A, B, C, D) التي تعتمد على معدلات التسرب وقدرة التربة المشبعة على توليد الجريان السطحي. ويوضح التوزيع المكاني والمساحي المتمثل في الخريطة (5) والجدول (6) تبايناً واضحاً في خصائص هذه المجموعات، مما يعكس تأثيرها المباشر في تحديد حجم الجريان السطحي صعوداً أو نزولاً، وتوزعت على النحو الآتي:

1. المجموعة الهيدرولوجية (A): تمثل أنواع التربة ذات النفاذية العالية ومعدلات الرشح السريعة جداً حتى عندما تكون مبللة تماماً هذه التربة تولد أقل قدر من الجريان السطحي وتسمح بتسرب معظم مياه الأمطار إلى باطن الأرض (الدليمي، 2015، 142).

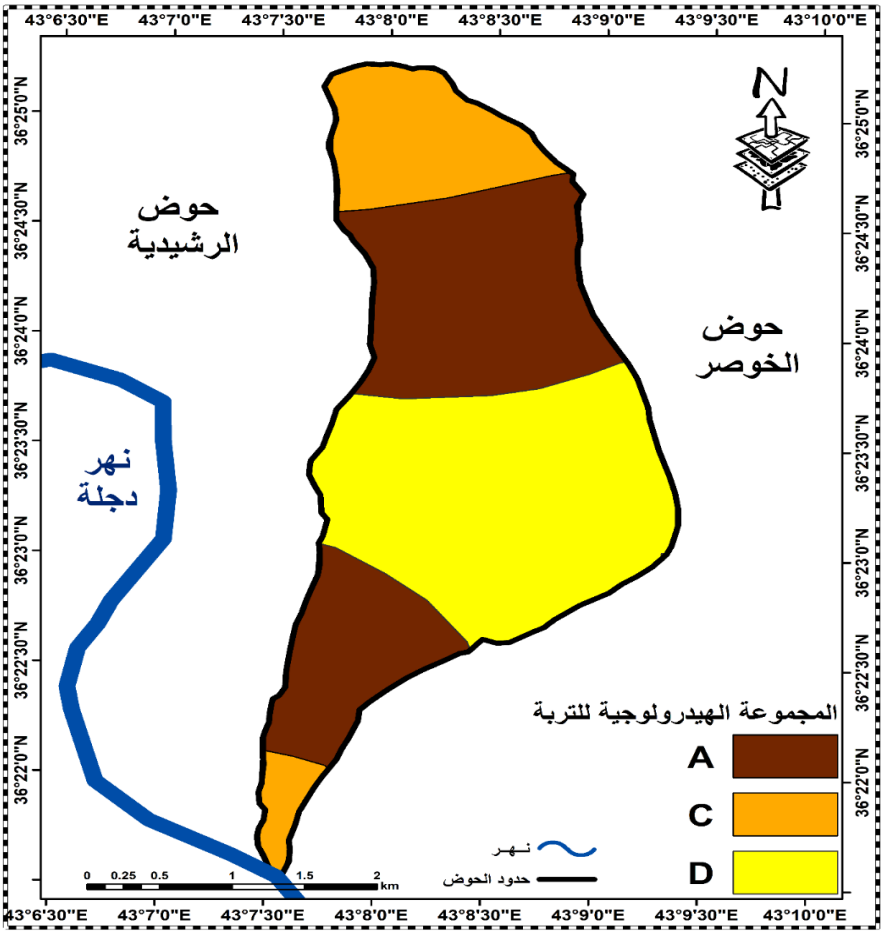
تشغل هذه المجموعة مساحة جيدة من حوض الدراسة تقدر بـ (3.95) كم^2 وبنسبة (40.51%)، وهذا الجزء من الحوض يلعب دوراً مهماً في تغذية المياه الجوفية وتخفيف حدة السيول.

2. المجموعة الهيدرولوجية(C) تمثل أنواع التربة ذات النفاذية البطيئة ومعدلات الرشح المنخفضة أو التي تمتلك طبقات قريبة من السطح تعيق الحركة العمودية للمياه).

هذه التربة تولد جرياناً سطحياً عالياً نسبياً (Stephens, 2022, p. 18). وفي الحوض قيد الدراسة تشغل مساحة محدودة تقدر بـ (1.65) كم^2 وبنسبة (16.8%)، وتساهم في تسريع تجمع مياه الأمطار على السطح بدلاً من تسربها.

3. **المجموعة الهيدرولوجية(D)** تُعبر المجموعة الهيدرولوجية للتربة (D) عن الترب ذات النفاذية شبه المعدومة ومعدلات الرشح شديدة البطء (Reid, 2020, p. 34). ويُشكل هذا الصنف النمط السائد والأوسع انتشاراً ضمن حدود منطقة الدراسة، إذ تصدر المرتبة الأولى مساحياً بتغطيته مساحة قُدرت بـ (4.17) كم²، وهو ما يعادل نسبة مئوية مرتفعة بلغت (42.69%) من إجمالي مساحة الحوض.

الخريطة (5) توزيع الأصناف والمجموعات الهيدرولوجية للتربة لحوض الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة، بالاعتماد على برنامجي ArcGIS Desktop 10.8.

الجدول (6) توزيع المجموعات الهيدرولوجية للتربة في حوض الدراسة

المجموعة الهيدرولوجية للتربة	المساحة كم^2	النسبة %
A	3.95	40.51
C	1.65	16.8
D	4.17	42.69

المصدر بالاعتماد على الخريطة (5).

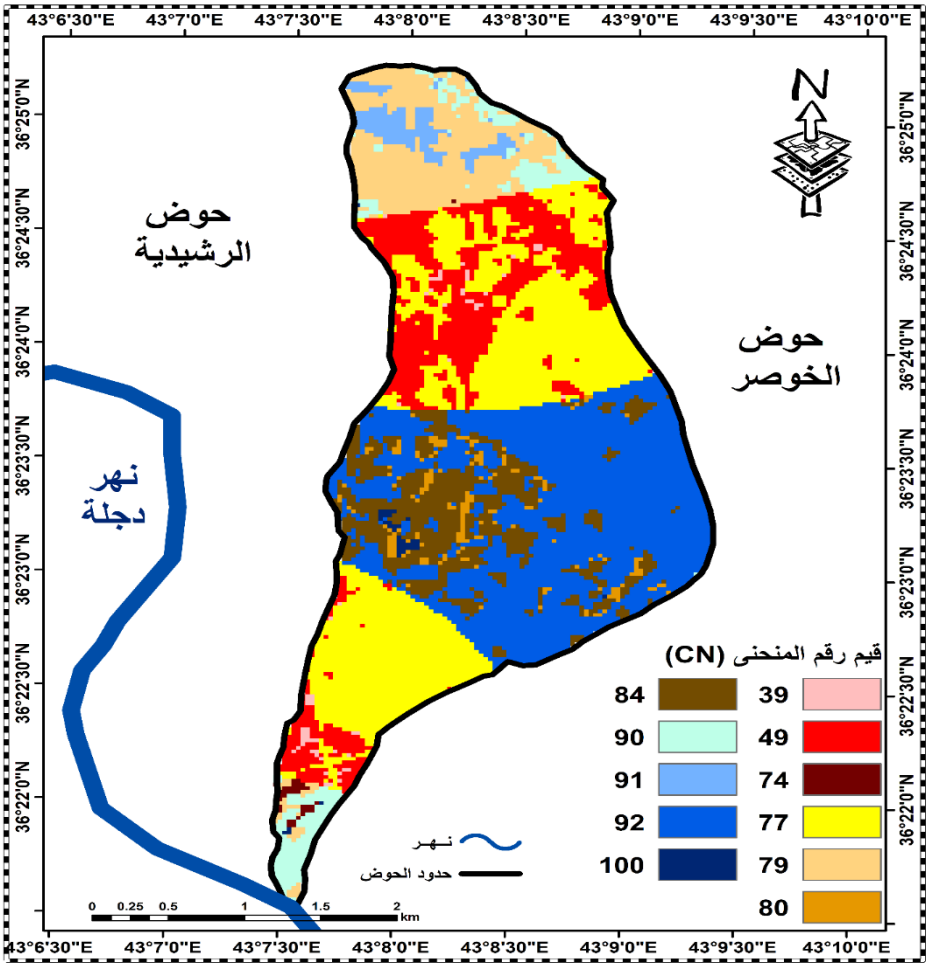
ثالثا: حساب واستخراج قيم رقم المنحنى (CN) لحوض منطقة الدراسة

تُعد طريقة رقم المنحنى (Curve Number - CN)، المطورة من قبل هيئة حفاظ التربة الأمريكية (SCS) وحالياً (NRCS)، واحدة من الأساليب التجريبية (Empirical) الأكثر استخداماً ومصداقية عالمياً في الدراسات الهيدرولوجية التطبيقية، لا سيما في المناطق غير المقاسة (Ungaged Basins). تكمن الأهمية الاستراتيجية لهذه الطريقة في قدرتها الفائقة على تقدير عمق وحجم الجريان السطحي المباشر الناجم عن العواصف المطرية بدقة عالية، بالاعتماد على الخصائص الفيزيائية والمكانية الفريدة لكل حوض.

ويمثل رقم المنحنى (CN) معاملاً هندسياً يعبر عن الاستجابة المائية المدمجة للحوض تجاه التساقط، حيث تتراوح قيمته نظرياً ما بين (0 إلى 100). ويشير ارتفاع قيمة الـ (CN) واقترابها من (100) دلالة قطعية على انخفاض كبير في سعة الرشح ونفاذية الحوض، وبالتالي توليد حجم عالٍ وسريع من الجريان السطحي. وعلى العكس من ذلك، تعني القيم المنخفضة نفاذية عالية للأرض وفواقد مائية كبيرة في البداية، مما يقلل من احتمالية تشكل السيول السطحية.

تُظهر نتائج التحليل المكاني لتوزيع قيم رقم المنحنى (CN) في حوض منطقة الدراسة، والمتمثلة في الخريطة رقم (6) والجدول رقم (7)، تبايناً هيدرولوجياً واضحاً بظهور (13) صنفاً تراوحت قيمها بين الحد الأدنى (39) للمناطق عالية النفاذية والحد الأعلى (100) للمناطق المنيعة (غير المنفذة)؛ وعند النظر في معطيات الجدول والخريطة يكشف عن سيطرة مطلقة للقيم المرتفعة ذات النفاذية شبه المعدومة على معظم مساحة الحوض، حيث تصدر الصنف ذو القيمة (CN=92) المرتبة الأولى بتغطيته المساحة الأكبر البالغة (2.898) كم² وبنسبة (29.77%) من إجمالي الحوض، وهو ما أدى استناداً للحسابات الهيدرولوجية إلى تسجيل أدنى سعة تخزينية للتربة (S) بلغت (22.09) ملم، وبالتالي توليد أعلى حجم للجريان السطحي (Qv) في الحوض بأكمله بواقع (838,305) متراً مكعباً، يليه الصنف ذو القيمة (CN=77) بمساحة (2.558) كم² وبنسبة (25.96%). وفي المقابل، يُلاحظ من الخريطة والجدول أن المناطق ذات النفاذية العالية (CN=39) والتي تتميز بأعلى سعة تخزينية (397.28 ملم) وتنتج أقل عمق جريان سطحية (Q=88.17 ملم) تشكل مساحة ضئيلة جداً لا تتجاوز (0.63%) من الحوض؛ مما يؤكد في المحصلة النهائية أن الحوض المدروس يتميز بقابلية عالية جداً لإنتاج الجريان السطحي السريع وتقليص معدلات الرشح، مما يرفع من احتمالية تعرضه لمخاطر السيول الفجائية ويجعله بيئة مناسبة جداً لإقامة مشاريع الحصاد المائي لاستيعاب هذه الأحجام المائية الكبيرة.

الخريطة (6) توزيع قيم (CN) في حوض الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة، بالاعتماد على برنامجي ArcGIS Desktop 10.8.

جدول رقم (7) قيم رقم المنحنى (CN) وتقدير حجم الجريان السطحي في حوض منطقة الدراسة

%	المساحة (كم^2)	Qv	Q	Ia	S	CN	ت
0.631	0.061	5395.81	88.17	79.46	397.28	39	1
13.883	1.346	176452.50	131.06	52.87	264.37	49	2
0.343	0.033	7625.50	228.99	17.85	89.24	74	3
25.965	2.558	603682.30	239.73	15.17	75.87	77	4
9.762	0.947	233636.50	246.76	13.50	67.52	79	5
1.772	0.172	43017.50	250.25	12.70	63.50	80	6
10.997	1.067	281499.10	263.95	9.68	48.38	84	7

4.250	0.412	116988.60	283.82	5.64	28.22	90	8
2.246	0.218	62519.34	287.05	5.02	25.12	91	9
29.779	2.898	838305.00	290.26	4.42	22.09	92	10
0.046	0.005	1418.41	316.8	0.00	0.00	100	11
0.316	0.031	9645.18	316.8	0.00	0.00	100	12
0.009	0.001	283.68	316.8	0.00	0.00	100	13

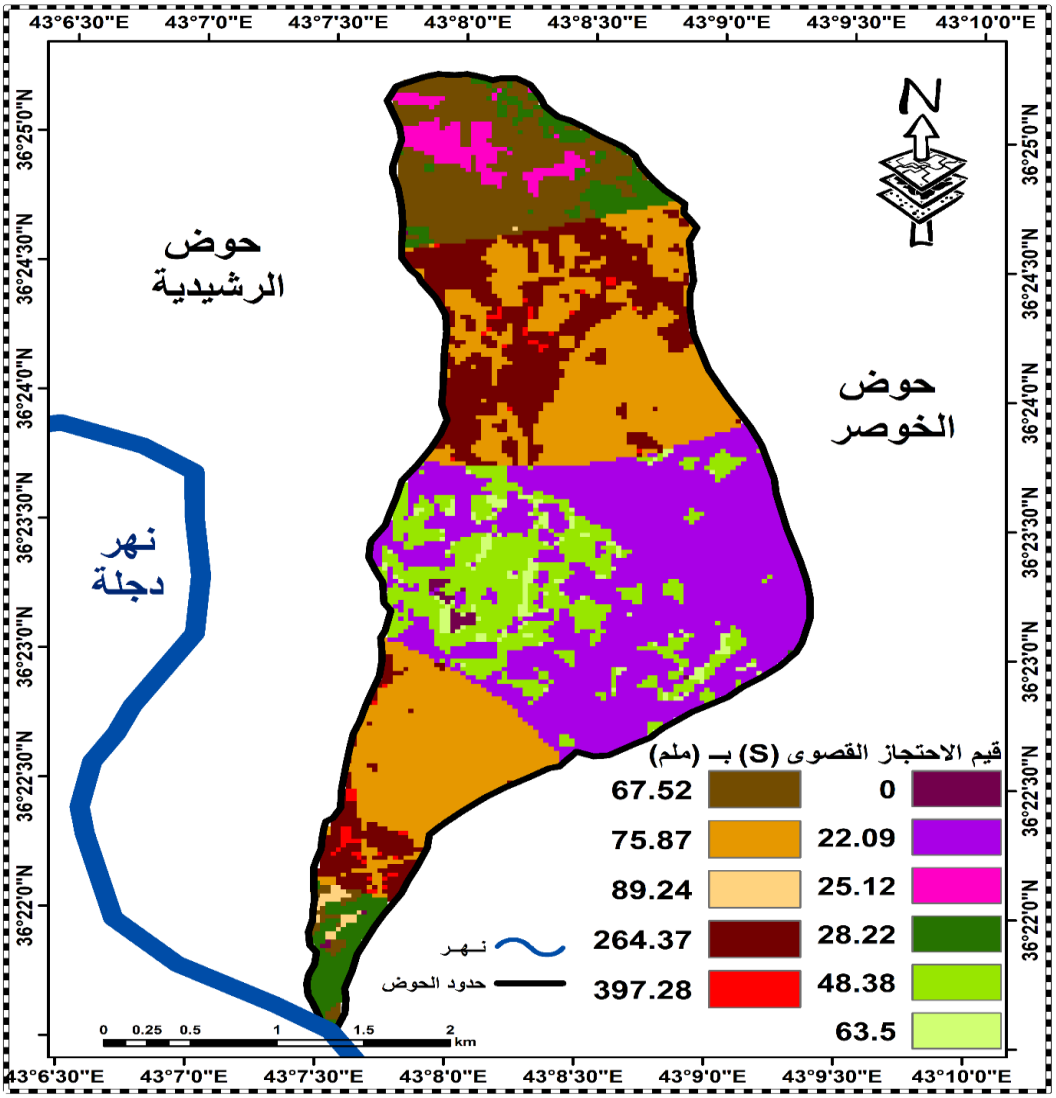
المصدر بالاعتماد على الخريطة (6 و7 و8 و9 و10).

رابعاً: استخلاص معامل الإمكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالمياه(S)

يُعبر هذا المعامل عن أقصى احتمالية وسعة للتربة للاحتفاظ بالمياه بعد بدء الجريان السطحي؛ إذ يشير إلى حالة التربة المشبعة تماماً بالمياه بعد توقف عملية التسرب. وتوجد علاقة عكسية قوية بين قيم (CN)وقيم(S)؛ فكلما ارتفعت قيم (CN) واقتربت من (100)، ضعفت إمكانية التربة للاحتفاظ بالمياه واقتربت قيم (S) من الصفر، مما يؤدي إلى زيادة فرصة توليد الجريان السطحي (USDA-SCS, 1986, p. 2). ويتم إيجاد قيمة (S) بوحدة الملمتر (mm) بالاعتماد على قيم (CN) وفق المعادلة الرياضية (2) المذكورة سابقاً:

وبالرجوع إلى معطيات الجدول رقم (7) انفاً، والخريطة (7) ادناه، لتطبيق هذه المعادلة على حوض منطقة الدراسة، يُلاحظ وجود تباين واضح في قيم معامل (S) تراوحت بين الحد الأدنى (0 ملم) للمناطق المنيعة وغير المنفذة تماماً(CN=100) ، والحد الأعلى (397.28 ملم) للمناطق ذات النفاذية العالية(CN=39) ، إلا أنه على الرغم من هذا التباين تبرز سيطرة واضحة للقيم المتدنية لمعامل (S) على النسبة الأكبر من مساحة الحوض بالتوافق مع سيطرة قيم (CN) المرتفعة؛ إذ سجلت القيمة المنخفضة جداً (22.09 ملم) أعلى نسبة انتشار مكاني بلغت (29.77%) من إجمالي المساحة، تلتها القيمة (75.87 ملم) بنسبة استحواذ بلغت (25.96%). ويُعد هذا الانخفاض الملحوظ في قيم (S) وسيطرتها على أكثر من نصف مساحة الحوض مؤشراً هيدرولوجياً حرجاً يعكس ضعف إمكانيات أسطح الحوض والتربة السطحية في الاحتفاظ بمياه الأمطار، مما يؤدي إلى سرعة وصول التربة لحالة التشبع، ويتسبب بالتالي في تحويل الجزء الأكبر من التساقطات المطرية إلى جريان سطحي سريع وبأحجام كبيرة، وهو ما يُفسر الارتفاع الواضح في فرص حدوث السيول الجارفة وخطورتها داخل منطقة الدراسة عقب العواصف المطرية.

الخريطة (7) توزيع قيم (S) في حوض الدراسة



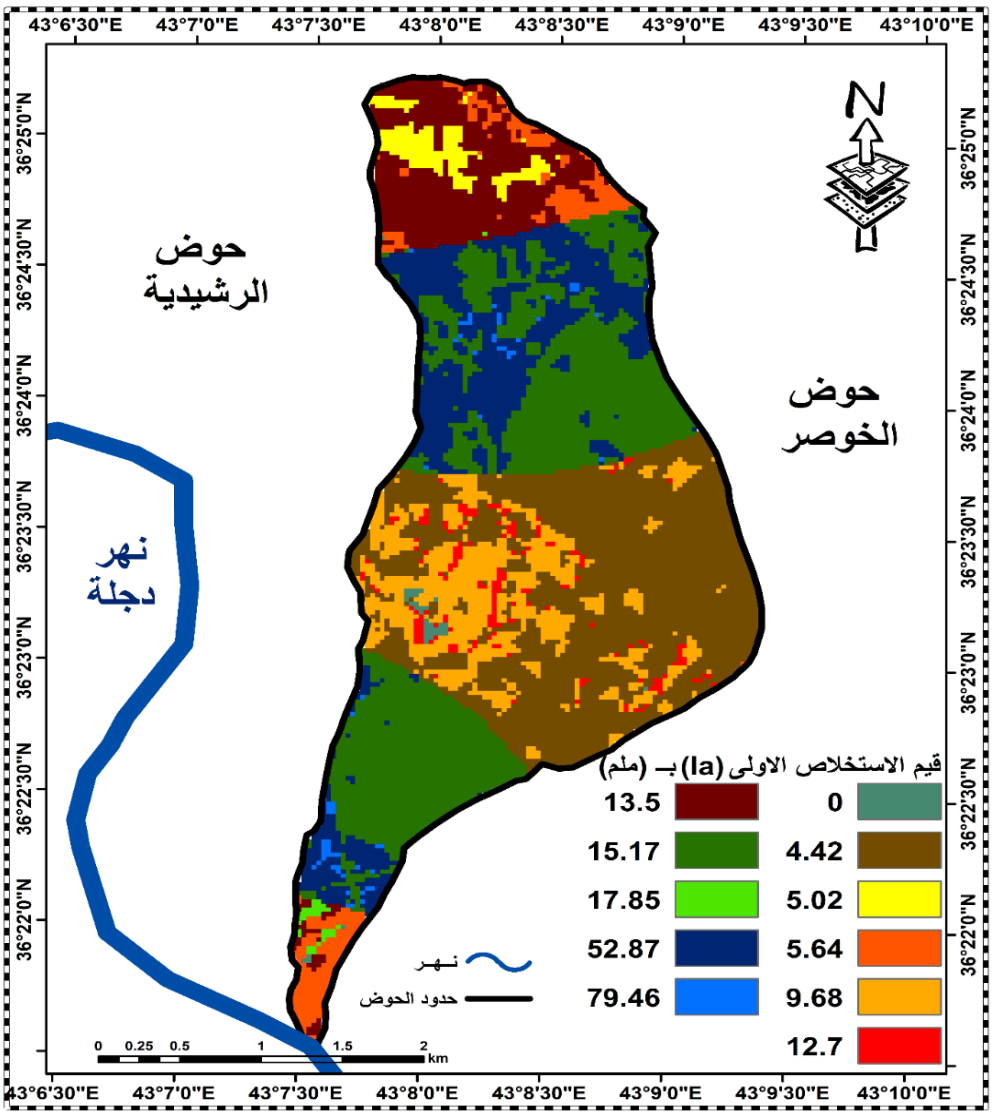
المصدر: من عمل الباحثة، بالاعتماد على برنامجي ArcGIS Desktop 10.8.

4-4استخلاص معامل الاستخلاص الأولي(Ia)

يُمثل معامل الاستخلاص الأولي مقدار فاقد مياه الأمطار (بالتسرب والتبخر والاعتراض النباتي والتجمع السطحي) قبل بدء الجريان السطحي، حيث تشير قيمه المنخفضة والمقتربة من الصفر إلى سرعة تشكل الجريان نتيجة قلة هذا الفاقد. ويُحسب هذا المعامل رياضياً وفق المعادلة (6) المذكورة سابقاً، إذ يعادل خُمس قيمة السعة التخزينية القصوى للتربة (S). وبالرجوع إلى معطيات الجدول (7) والخريطة (8)، تتباين قيم معامل

الاستخلاص الأولي (Ia) في حوض الدراسة بين حد أدنى يبلغ (0) ملم للمناطق غير المنفذة، وحد أعلى يبلغ (79.46)ملم. وتتركز أغلب مساحة الحوض ضمن القيم المتدنية المقتربة من الصفر؛ إذ سجلت القيمة (4.42) ملم أعلى نسبة انتشار مكاني بـ (29.77%)، تلتها القيمة (15.17)ملم بنسبة (25.96%) . ويدل هذا الانخفاض الواضح في قيم الفاقد الأولي لمياه الأمطار على أن كمية قليلة من التساقط المطري تكفي لتوليد جريان سطحي سريع، مما يرفع من مستوى الخطورة الهيدرولوجية ويعرض الحوض لمخاطر السيول الفجائية.

الخريطة (8) توزيع قيم (**Ia**) في حوض الدراسة

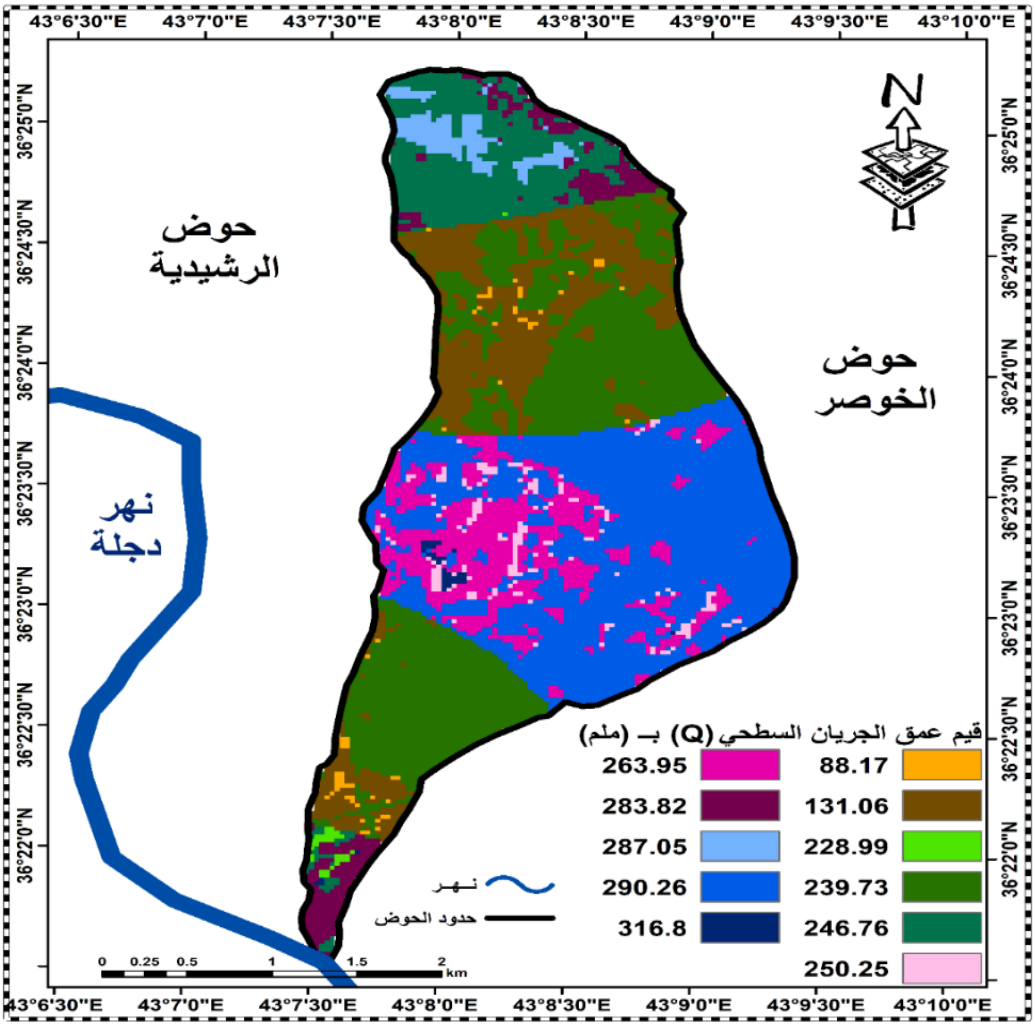


المصدر: من عمل الباحثة، بالاعتماد على برنامجي ArcGIS Desktop 10.8.

4-5استخلاص عمق الجريان السطحي(Q)

يُعبر عمق الجريان السطحي (Q) عن كمية المياه الصافية التي تجري على سطح الأرض وتتجه نحو شبكة التصريف بعد استيفاء التربة لكافة الفواقد والضائعات الأولية (Ia) وبلوغ سعتها التخزينية القصوى(S)، وهو يمثل المحصلة النهائية للاستجابة الهيدرولوجية للحوض تجاه التساقط المطري (P) (الراوي والنقاش، 1990، 210). ووفق ذلك تكون المعادلة (7) التي تم ذكرها سابقاً التي يتم من خلالها حساب عمق الجريان السطحي وبالرجوع إلى معطيات الجدول (7) والخريطة(9) ، تتباين قيم عمق الجريان السطحي (Q) في حوض الدراسة بين (88.17) ملم كحد أدنى في المناطق المنفذة، و (316.8 ملم) كحد أعلى للمناطق المنيعة تماماً. وتبرز الخطورة الهيدرولوجية في سيطرة أعماق الجريان المرتفعة على أكثر من نصف مساحة الحوض؛ إذ سجل العمق (290.26) ملم أعلى نسبة انتشار بتغطيته (29.77%)، تلاه العمق (239.73) ملم بنسبة. (25.96%) ويؤكد هذا التركز المكاني للأعماق الكبيرة ضعف قدرة أسطح الحوض على كبح مياه الأمطار، مما يحول النسبة العظمى منها إلى سيول سطحية ذات أعماق خطرة، ويجعله حوضاً نشطاً هيدرولوجياً وعرضة للفيضانات السريعة التي تستوجب تخطيطاً هندسياً دقيقاً.

الخريطة (9) توزيع قيم (Q) في حوض الدراسة



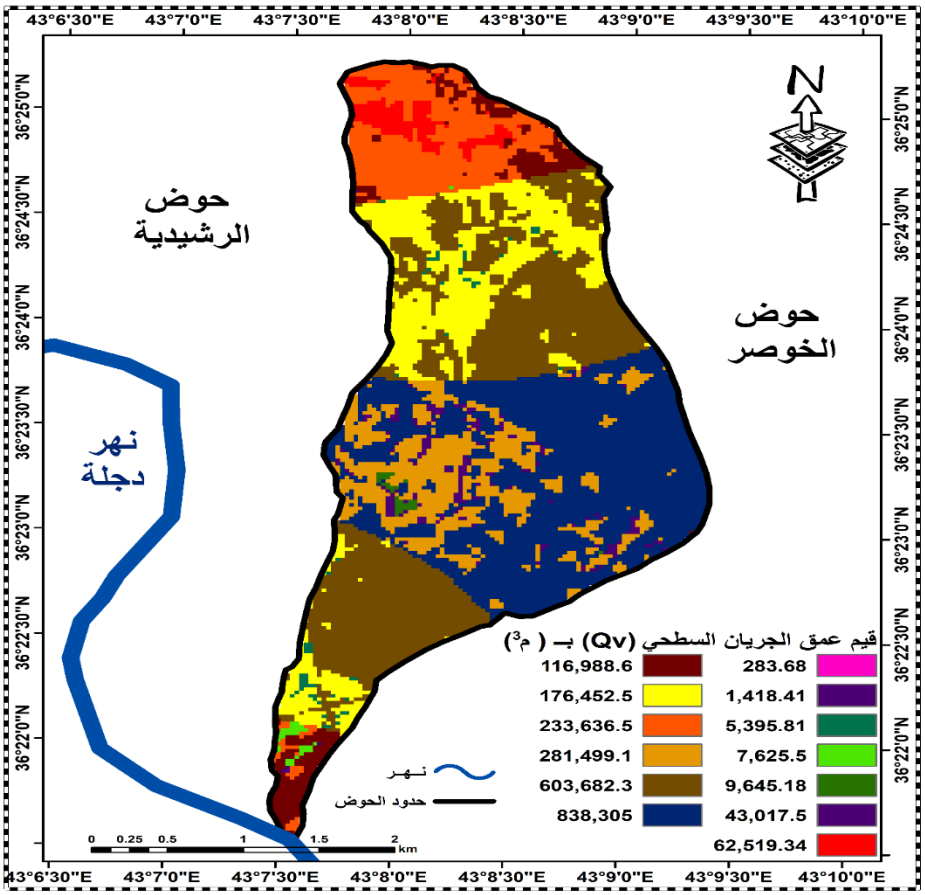
المصدر: من عمل الباحثة، بالاعتماد على برنامجي ArcGIS Desktop 10.8.

4-6استخلاص حجم الجريان السطحي(Qv)

يُعد حجم الجريان السطحي (Qv) المخرج النهائي لنموذج (SCS-CN)، ويُعبر عن إجمالي المياه المنسابة فوق الحوض بالمتر المكعب. ويُحسب هندسياً بضرب عمق الجريان (Q) بالمليمتر في مساحة الوحدة الهيدرولوجية (A) بالكيلومتر المربع مع استخدام معامل تحويل رياضي، وفقاً لـ المعادلة (8). وبتحليل الجدول (7)والخريطة(10)، يبرز تباين كبير في أحجام الجريان مع سيطرة واضحة للأصناف متدنية النفاذية؛ حيث تصدر الصنف (CN=92) بإنتاج أعلى حجم بلغ (838305.00) متراً مكعباً مستفيداً من مساحته البالغة (2.898) كم² وعمق جريانه (290.26)ملم. تلاه الصنف (CN=77)بحجم مائي ضخم بلغ (603682.30)

متراً مكعباً من مساحة قدرها (2.558)كم². في المقابل، أنتج الصنف عالي النفاذية (CN=39)حجماً ضئيلاً بلغ (5395.81)متراً مكعباً فقط لصغر مساحته (0.061)كم². وتؤكد هذه الأرقام السلوك الهيدرولوجي السريع والعنيف للحوض، مما يجعله شديد الخطورة لاحتمالية تشكل السيول الفجائية، ولكنه يجعله في الوقت ذاته بيئة مثالية لإقامة السدود التخزينية ومشاريع الحصاد المائي.

الخريطة (10) توزيع قيم (QV) في حوض الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة، بالاعتماد على برنامجي ArcGIS Desktop 10.8.

الاستنتاجات

1. أظهر التحليل المكاني أن الأراضي المشيدة تغطي المساحة الأكبر من حوض الخرازي بنسبة (59.06%)، مما قلص فرص ترشيح المياه وزاد من سرعة الجريان السطحي.

2. كشفت النتائج عن سيادة التربة من المجموعة الهيدرولوجية (D) ذات النفاذية الضعيفة جداً بنسبة (42.69%)، وهو ما يحفز تشكل السيول الفجائية حتى عند مستويات الأمطار المتوسطة.

3. سُجلت قيم مرتفعة لرقم المنحنى وصلت إلى(CN=92) ، مما يؤكد امتلاك الحوض قدرة عالية على تحويل النسبة الأكبر من التساقط المطري إلى جريان سطحي فعلي.

4. أثبتت الأرقام وجود فوارق كبيرة في أحجام الجريان؛ حيث أنتجت المناطق ذات القيمة (CN=92) حجماً مائياً بلغ (838,305 م³)، مقابل حجم ضئيل لم يتجاوز (5,395 م³) للمناطق ذات النفاذية العالية.(CN=39)

5. أثبت التكامل بين نموذج (SCS-CN) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) دقة عالية في تقدير كميات الجريان السطحي وتحديد البؤر الساخنة لمخاطر السيول في المناطق الحضرية غير المقاسة.

التوصيات:

1. ضرورة مراعاة الخصائص الهيدرولوجية عند تصميم شبكات صرف مياه الأمطار في حوض الخرازي، لتستوعب أحجام الجريان السطحي الكبيرة الناتجة عن سيادة الأسطح الصماء وقيم (CN) المرتفعة.

2. التوجه نحو تطبيق تقنيات "حصاد المياه" في المناطق ذات النفاذية العالية، للاستفادة منها في تغذية المياه الجوفية وتقليل الضغط على شبكات التصريف الحضرية.

3. اعتماد خرائط التباين المكاني لرقم المنحنى (CN) الناتجة عن هذه الدراسة كأداة أساسية لدى الجهات التخطيطية في مدينة الموصل لتحديد بؤر مخاطر السيول قبل المباشرة بأي توسع عمراني جديد.

قائمة المصادر والمراجع :

- الجبوري، أحمد عزيز أحمد .(2020) .المدلولات التطبيقية للمظهر الأرضي في منطقة أسكي موصل [رسالة ماجستير غير منشورة]. جامعة الموصل.
- حسن، ريهام سالم خدر .(2021) .نمذجة مخاطر السيول في مدينة الموصل [رسالة ماجستير غير منشورة]. جامعة الموصل.
- الحيالي، شيماء باسم عبد القادر .(2015) .هيدرولوجية الوديان المائية التي تصب في نهر دجلة/ محافظة نينوى [رسالة ماجستير غير منشورة]. جامعة الموصل.
- الدليمي، خلف حسين علي .(2015) .الهيدرولوجيا التطبيقية (الطبعة الأولى). دار الصفاء للنشر والتوزيع.
- الراوي، صباح محمود، والنقاش، عدنان باقر .(1990) .أساسيات علم الهيدرولوجي .مطبعة وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد.
- السياب، عبدالله، وآخرون .(1982) .جيولوجيا العراق .دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.
- العزو، عمر نبهان عبدالقادر إبراهيم .(2003) .هيدرولوجية منطقة سينو شمال غرب العراق [رسالة ماجستير غير منشورة]. جامعة الموصل.

- كربل، عبدالاله رزوقي .(1986) .علم الاشكال الأرضية الجيومورفولوجية .كلية الاداب، جامعة البصرة.
- Aqrawi, A. A. M., Goff, J., Horbury, A., & Sadooni, F. N. (2010). Petroleum geology of Iraq.
- Reid, R. A. (2020, August 12). Hydrologic analysis and design methods (Department of Transportation Drainage Manual).
- Sorrell, R. C. (2010, June 22). Computing flood discharges for small ungaged watersheds. Michigan Department of Natural Resources and Environment, Land and Water Management Division.
- Stephens, M. A. (2022, April 10). Stormwater runoff and hydrologic methods. Pennsylvania Department of Environmental Protection, Bureau of Clean Water.
- Thakuria, G., & Ranjan, S. (2014). Estimation of surface runoff using NRCS curve number procedure in Buriganga Watershed, Assam, India-A geospatial approach. International Research Journal of Earth Sciences, 2(5), 1-7.
- United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service. (1986). Urban hydrology for small watersheds (Technical Release 55, 2nd ed.). U.S. Department of Agriculture.
- Woodward, D. E. (2009, January 29). Hydrologic soil groups (National Engineering Handbook Part 630). United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service.

Bibliography of Arabic References (Translated to English)

- Al-Azzou, O. N. A. (2003). Hydrology of Sino area northwest of Iraq [Unpublished master's thesis]. University of Mosul.
- Al-Dulaimi, K. H. A. (2015). Applied hydrology (1st ed.). Dar Al-Safa for Publishing and Distribution.
- Al-Hayali, S. B. A. (2015). Hydrology of water valleys discharging into the Tigris River / Nineveh Governorate [Unpublished master's thesis]. University of Mosul.
- Al-Jubouri, A. A. A. (2020). Applied significance of landforms in Aski Mosul region [Unpublished master's thesis]. University of Mosul.
- Al-Rawi, S. M., & Al-Naqash, A. B. (1990). Fundamentals of hydrology science. Ministry of Higher Education and Scientific Research Press, University of Baghdad.
- Al-Sayyab, A., et al. (1982). Geology of Iraq. Dar Al-Kutub for Printing and Publishing, University of Mosul.

- Aqrawi, A. A. M., Goff, J., Horbury, A., & Sadooni, F. N. (2010). Petroleum geology of Iraq.
- Hassan, R. S. K. (2021). Modeling torrential flood hazards in Mosul city [Unpublished master's thesis]. University of Mosul.
- Karbel, A. R. (1986). Geomorphology (science of landforms). College of Arts, University of Basra.
- Reid, R. A. (2020, August 12). Hydrologic analysis and design methods (Department of Transportation Drainage Manual).
- Sorrell, R. C. (2010, June 22). Computing flood discharges for small ungaged watersheds. Michigan Department of Natural Resources and Environment, Land and Water Management Division.
- Stephens, M. A. (2022, April 10). Stormwater runoff and hydrologic methods. Pennsylvania Department of Environmental Protection, Bureau of Clean Water.
- Thakuria, G., & Ranjan, S. (2014). Estimation of surface runoff using NRCS curve number procedure in Buriganga Watershed, Assam, India-A geospatial approach. International Research Journal of Earth Sciences, 2(5), 1-7.
- United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service. (1986). Urban hydrology for small watersheds (Technical Release 55, 2nd ed.). U.S. Department of Agriculture.
- Woodward, D. E. (2009, January 29). Hydrologic soil groups (National Engineering Handbook Part 630). United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service.