النمذجة الهيدرولوجية للجريان السطحي في حوض وادي سهب نومان باستخدام طريقة (SCS-CN)(*)

الباحثة: تبارك حمزه حسن الاعرجي ا.م.د. علي حمزه عبد الحسين الجوذري

hum219.ali.hamiza@uobabylon.edu.iq hum938.tabark.hamiza@student.uobabylon.edu.iq

جامعة بابل – كلية التربية للعلوم الانسانية – قسم الجغرافية

المستخلص:

يهدف هذا البحث إلى تطبيق النمذجة الهيدرولوجية لتقدير الجريان السطحي في حوض وادي سهب نومان باستخدام طريقة (SCS-CN)، وبالاعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بُعد (RS). وقد استندت الدراسة إلى تحليل المجموعات الهيدرولوجية للتربة، وأنماط الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض، بالإضافة إلى ظروف الرطوبة السابقة للتربة، وذلك بهدف اشتقاق قيم المنحنى (CN) وتقدير عمق وحجم الجريان السطحي الناتج عن الهطولات المطرية، أظهرت النتائج أن مساحة الحوض تبلغ (778.68 كم²)، وأن قيم المنحنى تراوحت بين (49– 89)، مما يعكس تباينًا واضحًا في قابلية السطح على توليد الجريان. كما تراوح عمق الجريان السطحي بين (0.48–37.82 ملم)، في حين بلغ حجم الجريان السطحي ما بين (0.38– 29.45 مليون م³) وفقًا للتباين المكاني داخل الحوض. وتشير النتائج إلى امتلاك الحوض إمكانات هيدرولوجية واعدة يمكن استثمارها في مشاريع حصاد المياه وإدارة الموارد المائية، لا سيما في ظل محدودية الموارد المائية في مناطق الهضبة الغربية من العراق.

الكلمات المفتاحية: النمذجة ، حجم الجريان، هيدرولوجي ، سهب نومان، الهضبة، CN.

Hydrological modeling of surface runoff in the Wadi Sahb Numan basin using the method SCS-CN.

Abstract

This study aims to apply hydrological modeling to estimate surface runoff in the Wadi Sahb Numan basin using the Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) method, based on Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) techniques. The study relies on the analysis of hydrological soil groups, land cover patterns, and land use, in addition to antecedent soil moisture conditions, with the objective of deriving Curve Number (CN) values and estimating the depth and volume of surface runoff generated by rainfall events The results indicate that the basin area is approximately 778.68 km², and that the Curve Number values range between 49 and 89, reflecting significant spatial variability in the surface's runoff generation potential. Surface runoff depth

(*) بحث مستل من رسالة الماجستير الموسومة (تقدير حجم الجريان السطحي لحوض وادي سهب نومان في الهضبة الغربية من العراق وامكانية استثماره في حصاد المياه).

ranges from 0.48 to 37.82 mm, while the runoff volume varies between 0.38 and 29.45 million cubic meters, depending on spatial variation within the basin. The findings suggest that the basin possesses promising hydrological potential that can be utilized for water harvesting projects and water resource management, particularly in light of the scarcity of water resources in the western plateau regions of Iraq.

Keywords: Modeling, Runoff Volume, Hydrology, Sahb Numan, Plateau,CN

المقدمة: تُعدّ دراسة الجريان السطحي من الموضوعات المهمة في الدراسات الهيدرولوجية، لما لها من دور في إدارة الموارد المائية، ولا سيما في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعاني من محدودية المياه وتذبذب الأمطار. ويُعد حوض وادي سهب نومان من الأحواض التي تتميز بتباين خصائصها الطبيعية من حيث التربة والانحدار وأغطية الأرض، مما يؤدي إلى اختلاف كميات الجريان السطحي المتولدة داخله، وتبرز أهمية استخدام النماذج الهيدرولوجية الحديثة، ومنها طريقة SCS–CN، في تقدير حجم الجريان السطحي اعتمادًا على خصائص التربة واستعمالات الأرض والحالة الرطوبية السابقة للتربة، مع الاستفادة من تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد في التحليل المكاني وإنتاج الخرائط الهيدرولوجية.

مشكلة البحث: تتمثل مشكلة البحث في وجود تباين مكاني واضح في الخصائص الطبيعية لحوض وادي سهب نومان، ولا سيما التربة، والغطاء الأرضي، والانحدار، مما يؤدي إلى اختلاف كميات الجريان السطحي المتولدة داخل الحوض. ومن هنا تبرز المشكلة في السؤال الآتي: ما مقدار حجم الجريان السطحي في حوض وادي سهب نومان وفق طريقة SCS–CN؟ وما مدى تأثير خصائص التربة وأغطية الأرض في تباين الجريان السطحي داخل الحوض؟

فرضية البحث: يفترض البحث أن الخصائص الطبيعية لحوض وادي سهب نومان، ولا سيما نوع التربة وأغطية واستعمالات الأرض وقيم الرقم المنحني CN، تؤثر تأثيرًا مباشرًا في تباين عمق وحجم الجريان السطحي، وأن استخدام طريقة SCS–CN مع نظم المعلومات الجغرافية يوفر تقديرًا مكانيًا دقيقًا للجريان السطحي داخل الحوض.

هدف البحث: يهدف البحث إلى تقدير عمق وحجم الجريان السطحي في حوض وادي سهب نومان باستخدام طريقة SCS–CN، وتحليل التباين المكاني لقيم الجريان اعتمادًا على خصائص التربة وأغطية الأرض، بما يسهم في دعم تطبيقات حصاد المياه وإدارة الموارد المائية في منطقة الدراسة.

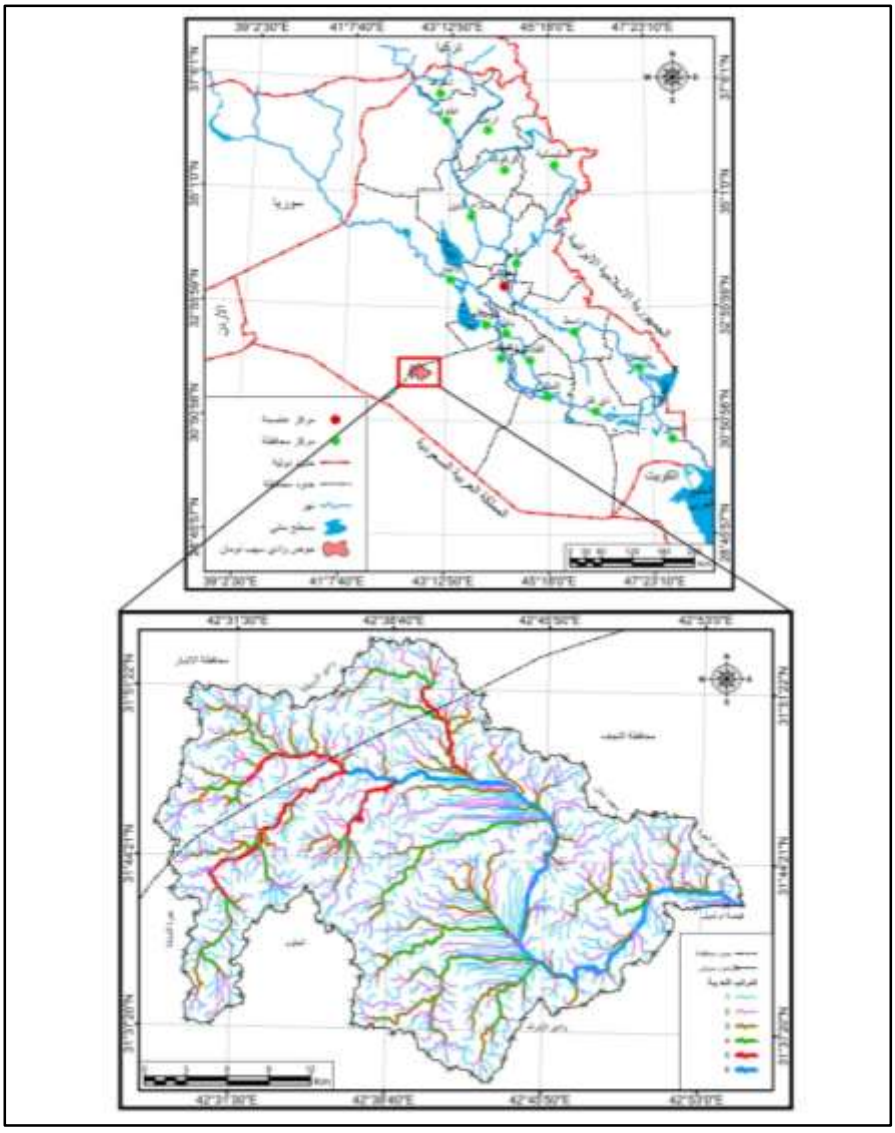
أهمية البحث: تأتي أهمية البحث من كونه يعالج موضوعًا حيويًا يرتبط بندرة المياه في المناطق الجافة وشبه الجافة، إذ يوفر تقديرًا كميًا ومكانيًا للجريان السطحي في حوض وادي سهب نومان. كما تسهم نتائجه في تحديد المناطق الأكثر قابلية لتوليد الجريان، مما يساعد في التخطيط لمشاريع حصاد المياه، واختيار

المواقع الملائمة للخزن أو إقامة المنشآت المائية الصغيرة، فضلًا عن دعم الدراسات الهيدرولوجية التطبيقية في الهضبة الغربية من العراق.

منهجية البحث: تم استخدام المنهج التحليل التكاملي والأسلوب الكمي الإحصائي الذي يعتمد على المعادلات الرياضية والتحليل الإحصائي وبناء النماذج اعتماداً على (GIS) و(RS).

حدود البحث: تقع منطقة الدراسة في الهضبة الغربية من العراق ضمن الحدود الادارية لمحافظتي النجف والانبار، اما فلكياً فأنها تقع بين دائرتي عرض (20" 37' 31°– 22" 51' 31°) شمالاً ، وخطي طول (30" 31' 42° – 00" 53' 42°) شرقاً، ينظر الخريطة (1) وقد بلغت مساحة الحوض الكلية (778.68 كم^2).

الخريطة (1) موقع منطقة الدراسة



المصدر: (1) جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق بمقياس (1:1000000) لسنة 2016، (2) نموذج الارتفاع الرقمي (33) (DEM) برنامج (Arc GIS 108)

طريقة (SCS – CN):

طريقة (SCS–CN) من أكثر الطرق شـيوعاً ودقة في تقدير الجريان السـطحي، إذ طُوّرت من قبل هيئة صـيانة التربة الأمريكية (Soil Conservation Service)، وتتميز بقدرتها على توضـيح العلاقة بين كمية الجريان السطحي وشدة العاصفة المطرية أو مقدار الهطول المطري. ويعتمد هذا النموذج على أسـاس رياضـي يتمثل في مجموعة من المعادلات التي تتطلب بيانات متعددة، تشـمل أنماط اسـتخدامات الأراضـي وأنواع الغطاءات الأرضـية والخصـائص الهيدرولوجية للتربة إضـافة إلى نوع الغطاء النباتي وكميات الأمطار السـاقطة، قيمة الرقم المنحني (CN) من أهم مدخلات هذا النموذج، إذ تتأثر بثلاثة عوامل رئيسـية هي: الحالة المسـبقة لرطوبة التربة والمجموعة الهيدرولوجية للتربة ونوع الغطاء الأرضـي. وفي هذه الدراسـة تم الاعتماد على برنامج (ArcMap10.8) إلى جانب تقنيات الاسـتشـعار عن بُعد لاسـتخلاص البيانات اللازمة وحسـاب الجريان السـطحي وفق المعادلات المعتمدة في نموذج (SCS–CN).

اولاً: المجموعات الهيدرولوجية لترب الحوض: Hydrologic Soil Varieties

تتأثر عملية الجريان السـطحي للمياه بشـكل مباشـر بخصـائص التربة، لذا فإن تقدير حجم وعمق الجريان السطحي يتطلب معرفة نوع التربة السائدة في المنطقة المدروسة. وقد تم في هذه الدراسة اعتماد تصـنيف التربة المعتمد من قبل مصـلحة صـيانة التربة الأمريكية (SCS) لحوض وادي سـهب نومان، والذي يقسـم التربة إلى أربع مجموعات هيدرولوجية هي (A،B،C،D) كما هو موضـح في الجدول (1). وتتميز كل مجموعة من هذه المجموعات بخصـائص هيدرولوجية مختلفة تؤثر في الجريان السـطحي، إذ تمثل مجموعتا التربة (A،D) حالتين متطرفتين من حيث الاستجابة الهيدرولوجية، حيث تعكس التربة من الصـنف A معدلات جريان سـطحي منخفضـة نتيجة ارتفاع النفاذية.في حين الصـنف D مؤشـراً على جريان سـطحي مرتفع بسـبب انخفاض قدرة التربة على النفاذ. أما المجموعتان (B،C) فتمثلان حالات وسطية من حيث مقدار الجريان السطحي.

الجدول (1) المجموعات الهيدرولوجية للترب حسب تصنيف(SCS – CN)

صنف التربة	عمق الجريان	صفات التربة
A	قليل	طبقة رملية عميقة مع كمية قليلة جداً من الطين والغرين
B	متوسط	طبقة رملية اقل عمق من الصنف A مع معدل ارتشاح متوسط
C	فوق المتوسط	طبقة طينية محدودة العمق مع معدل ارتشاح دون المتوسط أو طبقة صخرية مغطاة بطبقة من التربة.
D	عالي	طبقة طينية سميكة مغطاة بطبقة ضحلة من الغرين الناعم او طبقة صخرية عارية

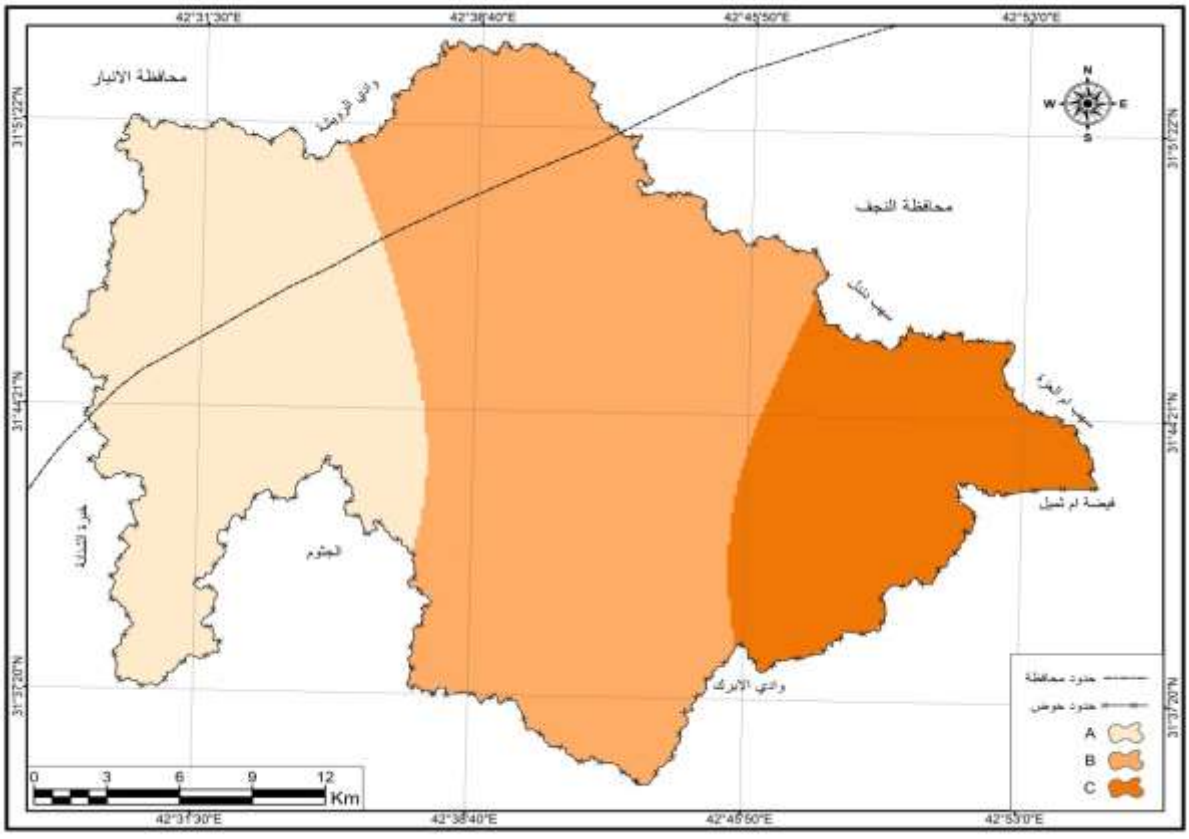
USDA - SCS , Urban hydrology for small watershed ,department of agriculture, USA 1986, P3.

وتم تحديد اصناف الترب الهيدرولوجية لحوض وادي سهب نومان استنادا الى معطيات خريطة (الفاو)، اذ تبين من خلالها وجود ثلاث انواع من التربة ضمن حدود الحوض وهي كالاتي:

1. المجموعة الهيدرولوجية A: تمثل هذه الفئة المناطق التي يتسم فيها الجريان السطحي بالانخفاض، ويعود ذلك إلى طبيعة تربتها الرملية ذات النفاذية العالية للمياه. كما يسهم الغطاء النباتي المتوفر في هذه المناطق في إعاقة حركة الجريان السطحي، مما يؤدي إلى تقليل سرعة المياه الجارية، وبالتالي زيادة معدلات التبخر وتعزيز تسرب كميات كبيرة من المياه إلى داخل التربة[1]. ويُظهر توزيع هذه الفئة وفقاً للخريطة (2) أنها تتركز في الجزء الشمالي الغربي من الحوض، إذ تُقدَّر مساحتها بحوالي (233.39 كم²) وبنسبة تبلغ (29.97%) من إجمالي مساحة الحوض، كما هو موضح في الجدول (2).

2. المجموعة الهيدرولوجية B: تتميّز هذه المجموعة بكونها تربةً متوسطة العمق، فضلاً عن أن معدل نفاذيتها يتراوح بين المستوى المتوسط والجيد. كما تتكون من نسيج يتدرج من الخشن إلى متوسط الخشونة، وتشتمل على خليط من الحصى والفتات الصخري والجلاميد الصخرية، التي ترتبط فيما بينها بوجود مواد لاحمة. ويتراوح معدل ترشيح المياه في هذه الترب بين (3.81 – 7.63 ملم/ ساعة)[2]. اذا تبلغ مساحتها نحو (403.83 كم²) وتغطي هذه المجموعة بنسبته (51.86%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتُوصف بنسيجها المزيجي، وتنتشر في اغلب الاجزاء الوسطى من منطقة الدراسة.

الخريطة (2) المجموعات الهيدرولوجية لترب حوض وادي سهب نومان



المصدر: بالاعتماد على خريطة الفاو للتربة بمقياس 5000000/1

الجدول (2) صنف ومساحة الترب الهيدرولوجية في حوض وادي سهب نومان ونسبها المئوية

صنف التربة	المساحة (كم^2)	النسبة (%)
A	233.39	29.97
B	403.83	51.86
C	141.46	18.17
المجموع	778.68	100

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (2)

3. المجموعة الهيدرولوجية C:

تُصنَّف التربة ضمن المجموعة الهيدرولوجية (C) عندما تكون قدرتها على امتصاص وتسريب مياه الأمطار محدودة مقارنة بالمجموعتين(A وB) السبب الرئيسي هو احتواؤها على نسبة عالية من الطين أو الطمي الناعم، ما يجعل المسـامات بين حبيبات التربة صـغيرة ويُبطئ حركة الماء داخلها.عند هطول الأمطار لا تتسرب المياه بسرعة إلى باطن الأرض، فيتكوّن جزء ملحوظ من الجريان السطحي. لذلك تُعد هذه التربة أكثر عرضـة لتجمع المياه ولاسـيما في الأراضـي المسـتوية او ذات الكفاءة التصـريفية المحدودة[3]. ويُظهر توزيع هذه الفئة وفقاً للخريطة (2) أنها تتركز في الجزء الشـرقي من الحوض، إذ تُقدَّر مسـاحتها بحوالي(141.46 كم²) وبنسـبة تبلغ (18.17%) من إجمالي مسـاحة الحوض، كما هو موضح في الجدول (2).

ثانياً: اغطية واستعمالات الارض:

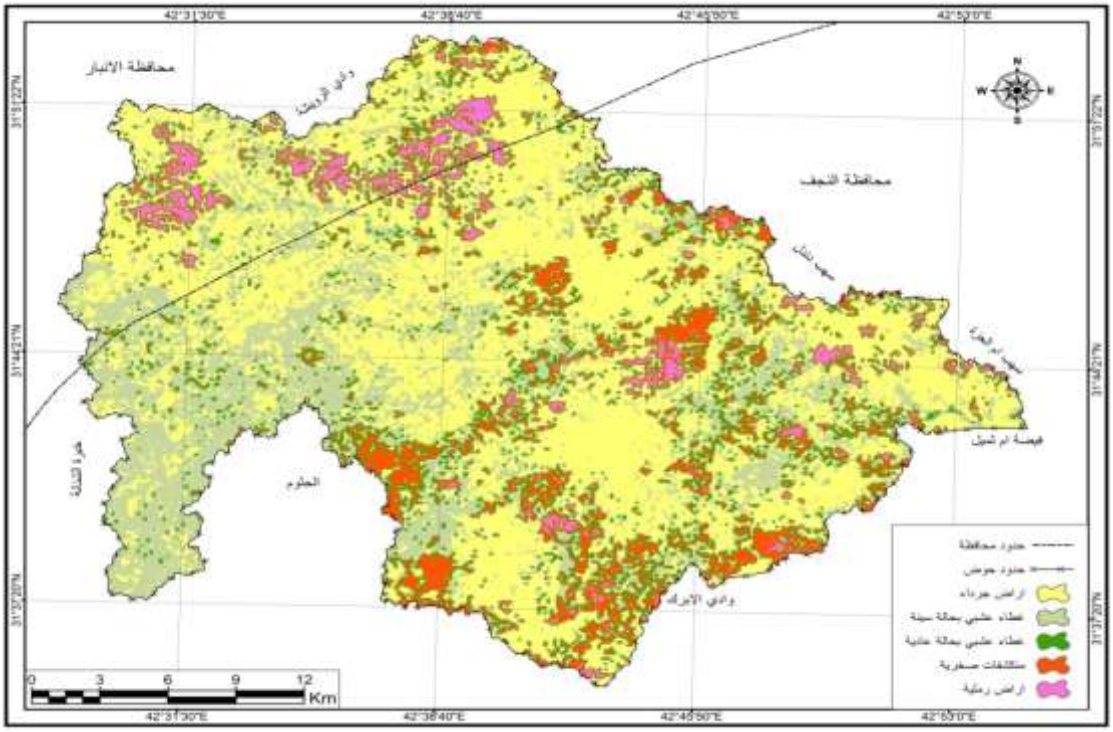
يُقصـد بمفهوم أغطية الأرض جميع المظاهر الطبيعية التي تغطي سـطح الأرض، مثل الصـخور والرواسـب والتربة والغطاء النباتي بمختلف أنواعه، في حين تشـير اسـتعمالات الأرض إلى الأنشـطة والمظاهر البشرية الناتجة عن تدخل الإنسان[4].

اعتمدت الدراسة على أسلوب التصنيف الموجَّه (Supervised Classification)، وهو أحد طرائق التصنيف الرقمي للمرئيات الفضائية، إذ يقوم هذا الأسلوب على اختيار عينات تمثيلية تُعرف بـ مناطق التدريب (Training Areas) من قبل الباحثة، ليتم بعدها تصـنيف المرئية الفضـائية اعتمادًا على الخصـائص الطيفية لهذه العينات باسـتخدام البرنامج المختص. وقد اسـتُخدمت مرئية فضـائية متعددة الأطياف عائدة للقمر الصـناعي(Landsat-8) الملتقطة بواسـطة المتحسـس(OLI) بتاريخ (2025/12/29) وبدقة تمييزية قدرها (30 م) وذلك لغرض اسـتخراج أغطية واسـتعمالات الأرض في حوض وادي سـهب نومان. وتم تصـنيف هذه الأغطية بما يتوافق مع نظام التصـنيف المعتمد من قبل (SCS) وأظهرت نتائج التصنيف أن منطقة الدراسة تضم خمسة أصناف رئيسية من أغطية واستعمالات الأرض، هي:

1. ارض جرداء: يتبين من خلال الخريطة (3) والجدول(3) ان الأراضـــي الجرداء هي الصـــنف الأكثر انتشـارًا في منطقة الدراسـة، إذ تبلغ مسـاحتها (406.43 كم²) وبنسـبة (52.18%) من المسـاحة الكلية للحوض، تتميز هذه الأراضـي بضـعف أو انعدام الغطاء النباتي، مما يقلل من قدرة التربة على امتصاص مياه الأمطار.

2. غطاء عشبي بحالة سيئة: يشـغل الغطاء العشـبي المتدهور مسـاحة قدرها (208.57 كم²) وبنسـبة (26.79%) من مســـاحة الحوض، ويتميز بانخفاض كثافة الغطاء النباتي ، ما يحد من اعتراض مياه الأمطار. وعليه يكون الجريان السطحي متوسطًا .

الخريطة(3) اغطية واستعمالات الارض في حوض وادي سهب نومان



المصدر: بالاعتماد على المرئية الفضائية للقمر الصناعي(Landsat-8) بتاريخ (2025/12/29) وبرنامج (Arc GIS 10.8) وبرنامج (Erdas Imagine)

الجدول (3) نوع ومساحة ونسبة اغطية الارض في حوض وادي سهب نومان

نوع الغطاء الارضي	المساحة (كم^2)	النسبة (%)
ارض جرداء	406.43	52.18
غطاء عشبي بحالة سيئة	208.57	26.79
غطاء عشبي بحالة اعتيادية	5.19	0.67
منكشفات صخرية	107.51	13.81
ارض رملية	50.98	6.55
المجموع	778.68	100

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (3)

3. غطاء عشبي بحالة اعتيادية: يمثل هذا الصنف أقل الأغطية انتشارًا، إذ تبلغ مساحته (5.19 كم²) وبنسبة (0.67%) من المساحة الكلية للحوض، ينظر الجدول (3). يتميز بوجود غطاء نباتي عشبي معتدل الكثافة، يسهم في زيادة نفاذية التربة وتحسين التسرب. لذلك يكون الجريان السطحي منخفضًا نسبيًا ويساعد في تقليل التعرية السطحية.

4. منكشفات صخرية: تغطي المنكشفات الصخرية مساحة (107.51 كم²) وبنسبة (13.81%) من مساحة الكلية للحوض. وتتميز هذه المناطق بسطوح صخرية صلبة وهي غير منفذة للمياه، مما يحد بشكل كبير من عملية التسرب. لذلك يكون الجريان السطحي عاليًا وسريع الاستجابة للهطولات المطرية، ويسهم بوضوح في زيادة تصريف المياه داخل الحوض.

5. ارض رملية: تشغل الأراضي الرملية مساحة قدرها (50.98 كم²) وبنسبة (6.55%) من المساحة الكلية للحوض. وتتميز بكبر حجم حبيبات التربة وارتفاع نفاذيتها، مما يسمح بتسرب كميات كبيرة من مياه الأمطار. وعليه فإن الجريان السطحي يكون منخفضًا عمومًا، مع زيادة معدلات التسرب مقارنة ببقية أغطية الأرض.

ثالثاً: تحديد الحالة المسبقة لرطوبة التربة (AMC):

تُعبّر الحالة المسبقة لرطوبة التربة عن مقدار المحتوى الرطوبي المخزون داخل قطاع التربة قبل حدوث الهطول المطري، إذ تؤثر هذه الحالة بشكل مباشر في حجم الجريان السطحي المتولد. وتعتمد طريقة المنحنى الرقمي (Curve Number – CN) على تصنيف رطوبة التربة إلى ثلاث حالات رئيسية تُستخدم ضمن مدخلات الحساب الهيدرولوجي، كما موضح في الجدول (4).

تشير الحالة الأولى (AMC–I) إلى الترب الجافة والتي تتميز بأدنى محتوى رطوبي، وبالتالي تمثل أقل احتمالية لحدوث الجريان السطحي. أما الحالة الثانية (AMC–II) فتمثل الترب ذات الرطوبة الاعتيادية أو المعتدلة، وهي الحالة القياسية التي تُستخدم في أغلب الدراسات الهيدرولوجية. في حين تعبّر الحالة الثالثة (AMC–III) عن الترب الرطبة التي تكون فيها مسامات التربة مشبعة أو قريبة من الإشباع، مما يؤدي إلى أعلى احتمالية لتولّد الجريان السطحي. ولكل حالة من الحالات الثلاث المذكورة قيم خاصة للمنحنى الرقمي (CN) تعكس اختلاف استجابة التربة للهطول المطري. ويتم تحديد الحالة المسبقة لرطوبة التربة اعتمادًا على مجموع كميات الأمطار الساقطة خلال خمسة أيام متتالية تسبق عملية حساب الجريان السطحي[5]. وبتحليل البيانات اليومية للأمطار ضمن منطقة الدراسة، تبيّن أن الظروف المطرية السائدة تتوافق مع الحالة الثانية (AMC–II)، أي حالة الرطوبة الاعتيادية، والتي تم اعتمادها في حسابات الجريان السطحي في هذه الدراسة.

الجدول (4) الحالات المسبقة لرطوبة التربة بحسب تصنيف (SCS)

فئات CAMS	AMC (mm)	الحالة
AMC-I	< 35	الجافة
AMC-II	35 – 25	المعتدلة
AMC-III	> 52.5	غزيرة الامطار

Taylor & Francis, The antecedent soil moisture condition of the curve number procedure, Hydrological Sciences Journal, 1982 ,p5.

رابعاً: نمذجة القيم المنحنية (CN) وتوزيعها:

تُعد قيم الأرقام المنحنية (Curve Number – CN) مؤشـرًا هيدرولوجيًا يعبّر عن مدى اسـتجابة سطح الأرض لتولّد الجريان السطحي، إذ تشير القيم المرتفعة إلى الأسطح شديدة الصماتة (غير المنفذة للمياه)، التي تمتلك قدرة عالية على توليد الجريان السـطحي. في المقابل تدل القيم المنخفضـة على الأسطح غير الصماتة والمنفذة للمياه التي تسمح بتسرب كميات كبيرة من مياه الأمطار إلى داخل التربة، مما يؤدي إلى انخفاض قدرتها على توليد الجريان السطحي.

واستنادًا إلى قياسات صيانة التربة الأمريكية (SCS)، وفيما يتعلق بالحالة المسبقة للرطوبة المعتدلة (AMC-II)، تتراوح قيم الأرقام المنحنية (CN) بين (0) للأسـطح غير الصـماتة القادرة على تسـريب كامل كميات الأمطار الساقطة، و(100) للأسطح التي يحدث فيها الجريان السطحي بشكل مباشر دون تسرب يُذكر. وتقع القيمة الوسطى (50) بين هذين الحدين، إذ تعبّر عن الأسطح متوسطة الصماتة، التي تتقارب فيها معدلات تسرب مياه الأمطار مع كمية الجريان السطحي المتولد.

وبعد تحديد أغطية واستعمالات الأرض والمجموعات الهيدرولوجية للتربة في حوض وادي سهب نومان، تم دمج هذه البيانات باستخدام أداة (Combine) ضمن برنامج (ArcGIS 10.8)، وبالاعتماد على الحالة المسبقة للرطوبة الاعتيادية (AMC-II). وأسفر هذا الدمج عن الحصول على قيم الأرقام المنحنية (CN) الخاصة بمنطقة الدراسة، وذلك بالرجوع إلى الجداول القياسية المعتمدة من قبل صيانة التربة الأمريكية (SCS) ينظر الجدول(5).

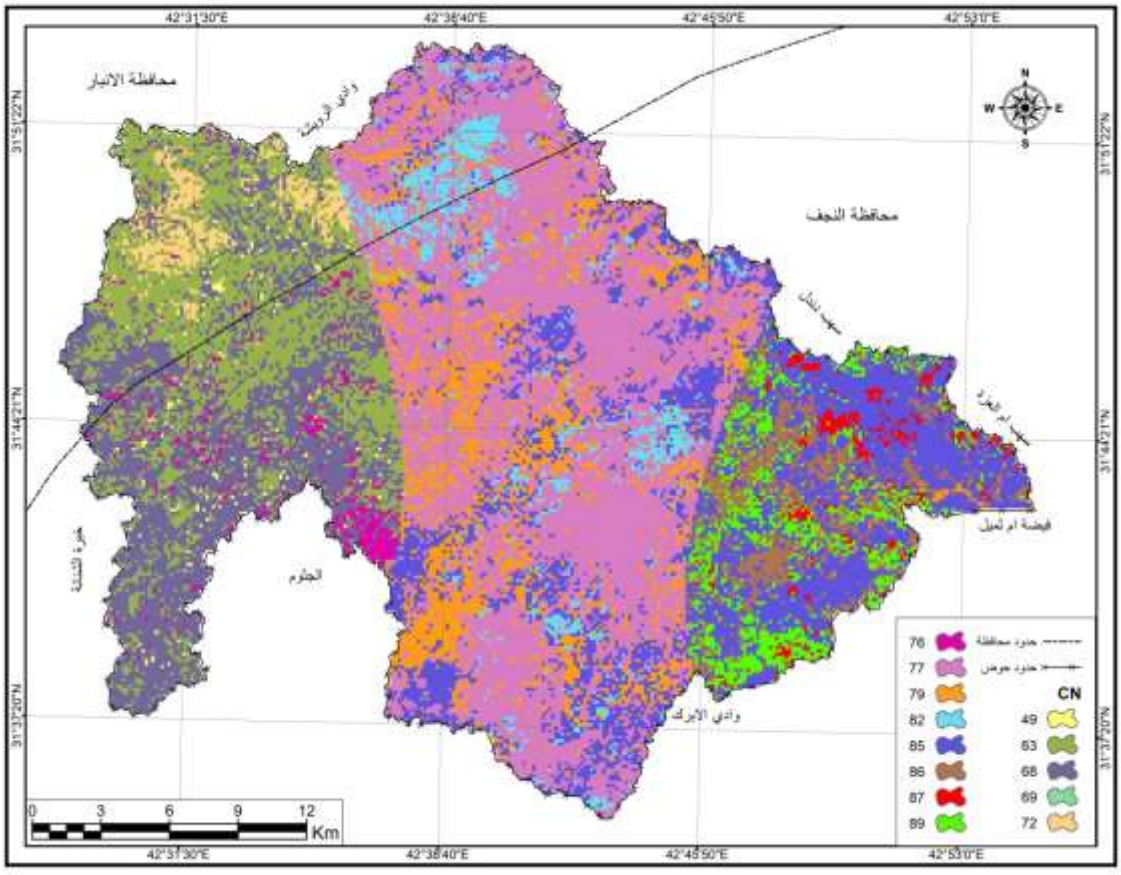
الجدول (5) قيم الارقام المنحنية (CN) بعد مطابقة اغطية واستعمالات الارض مع المجموعات الهيدرولوجية للتربة لحوض وادي سهب نومان

نوع اغطية استعمالات الارض	المجموعة الهيدرلوجية للتربة		
	A	B	C
ارض جرداء	49	69	79
غطاء عشبي بحالة سيئة	68	79	86
غطاء عشبي بحالة اعتيادية	76	85	89
منكشفات صخرية	72	82	87
ارض رملية	63	77	85

Vijay P. Singh , Donald K. Frevert , Watershed Models , CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, 2006 , P364.

ومن خلال ملاحظة خريطة (4) قيم الأرقام المنحنية (CN) والجدول (6) يتضــح أن عدد قيم (CN) في حوض الدراســـة بلغ (13) قيمة، وتراوحت بين حد أدنى بلغ (49) وحد أعلى وصـــل إلى (89)، ويعكس هذا التباين اختلاف خصـــائص الغطاء الأرضـــي واســـتعمالات الأرض ونوع التربة والظروف الهيدرولوجية داخل الحوض. وتشير هذه القيم إلى تفاوت واضح في درجة الصمّامية وقدرة السطح على توليد الجريان السـطحي. ويُلاحظ أن غالبية قيم (CN) في الحوض جاءت ضـمن المجال المتوسـط إلى المرتفع، مما يدل على أن الحوض يتســم بخصـــائص هيدرولوجية تميل إلى ضـــعف النفاذية وارتفاع احتمالية الجريان السـطحي. وقد بلغ المتوسـط الحسـابي لقيم (CN) نحو (76.7)، وهو مؤشـر على أن الحوض يُظهر استجابة هيدرولوجية سريعة نسبيًا عند العواصف المطرية.

الخريطة(4) توزيع قيم الارقام المنحنية (CN) في حوض وادي سهب نومان



المصدر: بالاعتماد على الخريطة (2 و3) والجدول (5) وبرنامج (Arc GIS 10.8)

تُظهر بيانات الجدول أن القيمة (77) تمثل أكثر القيم انتشـــارًا في الحوض، إذ بلغت مســـاحتها (234.79 كم²) وبنسـبة (30.16%) من المسـاحة الكلية، ما يجعلها القيمة السـائدة والممثلة الرئيسـية لسطح الحوض. وتأتي بعدها القيمة (85) بمساحة (141.73 كم²) وبنسبة (18.2%)، ثم القيمة (68) بمســاحة (105.02 كم²) وبنســبة (13.49%)، تليها القيمة (63) بمســاحة (100.31 كم²) وبنســبة (12.88%). أما القيم المرتفعة جدًا مثل (82، 86، 87، 89) فقد شــغلت مســاحات قليلة (وبنســب

متفرقة)، إلا أن أهميتها الهيدرولوجية تكمن في دورها الكبير في تسريع الجريان السطحي وزيادة احتمالية تشكّل السيول. في المقابل تمثل القيم المنخفضة مثل (49) و(69) أقل نسبة من مساحة الحوض، مما يشير إلى محدودية المناطق ذات النفاذية العالية والقدرة الأكبر على الامتصاص.

الجدول(6) قيم (CN) وتكرارها ومساحتها ونسبتها المئوية لحوض وادي سهب نومان

قيم (CN)	التكرار	المساحة (كم^2)	النسبة (%)
49	1	2.9	0.37
63	1	100.31	12.88
68	1	105.02	13.49
69	1	1.22	0.16
72	1	13.87	1.78
76	1	10.53	1.35
77	1	234.79	30.16
79	2	70.97	9.11
82	1	29.39	3.77
85	2	141.73	18.2
86	1	33.47	4.3
87	1	7.65	0.98
89	1	26.83	3.45
المجموع		778.68	100

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (4)

وبعد تحليل التوزيع العام لقيم (CN) على سطح الحوض، يمكن الاستنتاج أن القيم المرتفعة هي الغالبة، الأمر الذي يعزز من احتمالية توليد الجريان السطحي، ولاسيما مع تشبع التربة أو عند حدوث عواصف مطرية شديدة وفجائية. وبناءً على ذلك، فإن الاستجابة الهيدرولوجية للحوض تتجه نحو سرعة التصريف وزيادة مخاطر الجريان السطحي والسيول. وعليه، فإن هذه الخصائص تجعل من الحوض قابلًا للاستفادة ضمن مشاريع حصاد المياه وتنمية الموارد المائية، مع اهمية تنظيم الجريان السطحي للحد من اثاره السلبية وتعظيم دوره في تعزيز الخزن المائي.

خامساً: نمذجة معامل الامكانية القصوى للاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان السطحي (S):

يُعبّر معامل الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالمياه بعد بدء الجريان السطحي (Potential Maximum Retention After Runoff – S) عن أقصى قدرة للتربة على الاحتفاظ بالمياه أو حبسها بعد بدء حدوث الجريان السطحي، ويعكس هذا المعامل حالة التربة عند وصولها إلى درجة التشبع التام بالماء عقب بدء الجريان، أي بعد توقف عملية التسريب. ويختلف سمك طبقة التربة المشبعة بالماء تبعًا لنوعية التربة ودرجة نفاذيتها وقدرتها على امتصاص كميات إضافية من المياه خلال موجة الهطول المطري. وبناءً على ذلك،

يرتبط هذا المعامل ارتباطًا وثيقًا بنوع التربة وأغطية الأرض وأنماط استعمالاتها وهو ما ينعكس من خلال قيم رقم المنحنى (Curve Number–CN) المعتمدة من قبل وزارة الزراعة الأمريكية[6].

وتشير القيم القريبة من الصفر لمعامل الإمكانية القصوى إلى ضعف قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه على السطح بعد بدء الجريان، مما يؤدي إلى زيادة كمية الجريان السطحي. في المقابل عندما تكون قيمة المعامل قريبة من (254 ملم) وهي القيمة الوسيطة للمعامل – يتقارب معدل احتفاظ التربة بالمياه مع معدل الجريان السطحي. كما تزداد قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه السطحية كلما ارتفعت قيمة معامل الإمكانية القصوى عن هذه القيمة الوسيطة، الأمر الذي ينعكس بانخفاض كمية الجريان السطحي، ويُحسب معامل الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالمياه بالاعتماد على المعادلة الآتية[7]:

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

اذ ان:

S = معامل الامكانية القصوى للاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان.

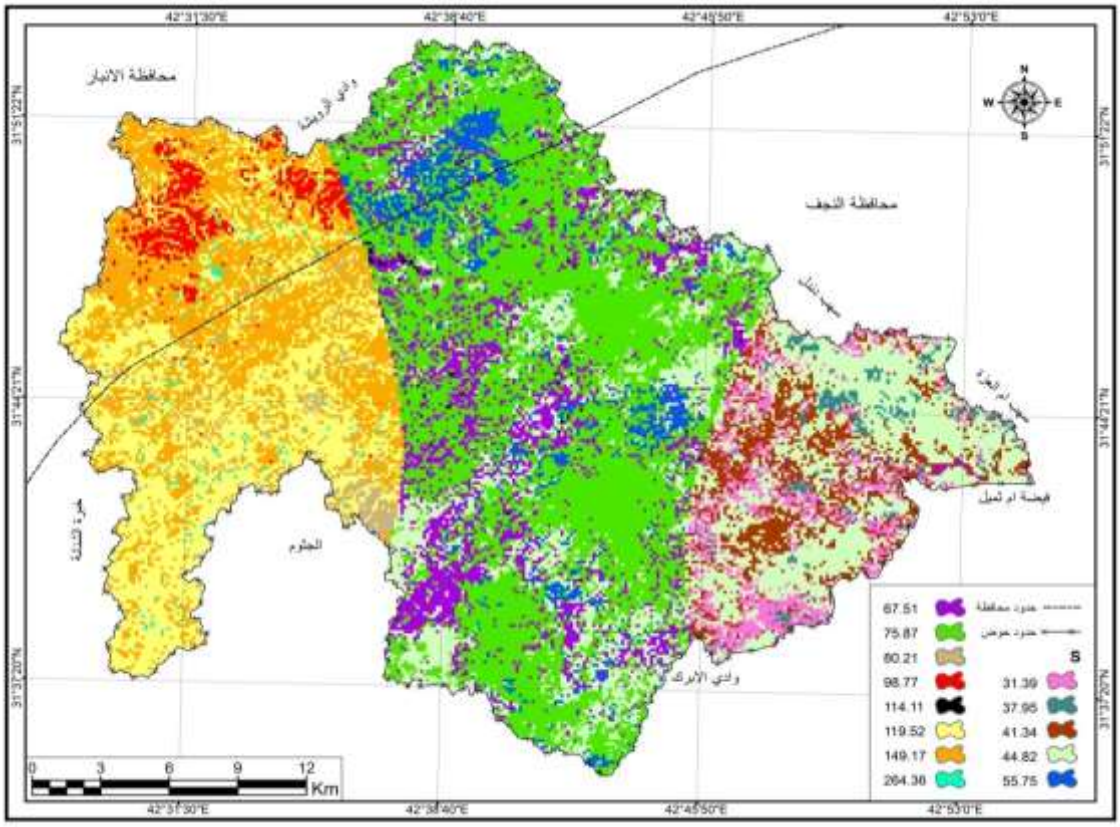
CN = قيم الارقام المنحنية.

يتبيّن من الخريطة (5) والجدول (7) أن قيم معامل (S) في حوض وادي سهب نومان تُظهر تباينًا مكانيًا واضحًا، إذ تراوحت بين (31.39) كحدٍّ أدنى و(264.4) كحدٍّ أعلى، مما يعكس اختلاف الخصائص المورفومترية والسطحية بين أجزاء الحوض. وقد سُجّلت أعلى قيمة للمعامل (264.4) ضمن مساحة محدودة بلغت (2.9 كم²) وبنسبة (0.37%) من المساحة الكلية، الأمر الذي يشير إلى أن القيم المرتفعة جدًا تتركز في نطاقات مكانية ضيقة داخل الحوض، في حين ظهرت أقل القيم (31.39) ضمن مساحة (26.83 كم²) وبنسبة (3.45%)، وهو ما يدل على وجود أجزاء تتصف بانخفاض معامل الانتشار مقارنة ببقية الحوض. أظهرت النتائج أن القيمة (75.87) استحوذت على أعلى نسبة من مساحة الحوض بلغت (30.16%) وبمساحة مقدارها (234.79 كم²)، مما يشير إلى سيادة القيم المتوسطة داخل الحوض، ويعكس حالة انتقالية بين مناطق منخفضة القيم وأخرى مرتفعة القيم. وفي المقابل، توزّعت القيم الأخرى بنِسَب متفاوتة؛ إذ بلغت قيمة (44.82) بنسبة (18.2%)، وقيمة (119.5) بنسبة (13.49%)، وقيمة (149.2) بنسبة (12.88%)، وهو ما يوضّح تدرجًا في قيم (S) من المنخفض إلى المرتفع دون سيادة مطلقة للقيم القصوى.

ومن حيث الدلالة الهيدرولوجية، فإن ارتفاع قيم (S) في بعض أجزاء الحوض يُفهم على أنه مؤشر على زيادة درجة الانتشار ضمن تلك المناطق، بما قد يرتبط بزيادة قابلية تجمع المياه وتوجيهها ضمن مسارات أكثر تركّزًا، وبالتالي ارتفاع احتمالية تشكّل الجريان السطحي وسرعة الاستجابة الهيدرولوجية عند هطول الأمطار. أما انخفاض قيم (S) في مناطق أخرى يُشير إلى انخفاض درجة الانتشار، وقد يرتبط

ذلك باتساع توزيع المياه على سطح الحوض أو بزيادة فرص التسرب والاحتفاظ النسبي، الأمر الذي ينعكس على بطء الاستجابة الهيدرولوجية مقارنة بالمناطق ذات القيم الأعلى وعليه، تُظهر جميع القيم المحسوبة لمعامل (S) وجود تباين مكاني يؤثر بصورة مباشرة في سلوك العمليات الهيدرولوجية داخل الحوض، ويمكن اعتبار هذا التباين مؤشرًا مهمًا على اختلاف الاستجابة المكانية للحوض تجاه العوامل الطبيعية، ولاسيّما ما يتعلّق بالجريان السطحي وتوزيع المياه، تبعًا لتدرج قيم معامل الانتشار وتفاوتها من جزء لآخر.

الخريطة (5) توزيع قيم (S) في حوض وادي سهب نومان



المصدر: بالاعتماد على الخريطة (4) ومعادلة (S) وبرنامج (Arc GIS 10.8)

الجدول (7) قيم (S) مساحاتها ونسبها في حوض وادي سهب نومان

قيم (S)	المساحة (كم^2)	النسبة (%)
31.39	26.83	3.45
37.95	7.65	0.98
41.34	33.47	4.3
44.82	141.73	18.2
55.75	29.39	3.77
67.51	70.97	9.11

30.16	234.79	75.87
1.35	10.53	80.21
1.78	13.87	98.77
0.16	1.22	114.1
13.49	105.02	119.5
12.88	100.31	149.2
0.37	2.9	264.4
100	778.68	المجموع

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (5)

سادسا: نمذجة معامل الاستخلاص الاولي (Ia):

يعبر معامل الاســـتخلاص الأولي (Initial abstraction – Ia) عن معدلات الفاقد من مياه الأمطار قبل بدء الجريان الســـطحي والذي يحدث نتيجة التبخر أو اعتراض الغطاء النباتي للأمطارأو تجمع المياه في المنخفضات السطحية أو تسربها إلى التربة [8]. ويُعد هذا المعامل من المعاملات المهمة في تقدير كمية الجريان السطحي، لما له من علاقة وثيقة بخصائص التربة وأغطية واستعمالات الأرض، كما يمثل ما يقارب خُمس قيمة الإمكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالماء[9].

وتشــير القيم المنخفضــة لمعامل الاســتخلاص الأولي، والقريبة من الصــفر إلى قلة الفاقد من مياه الأمطار قبل بدء الجريان السطحي، مما ينعكس على سرعة تولد الجريان السطحي. في المقابل، عندما تتســاوى قيمة الاســتخلاص مع معدل المياه الجارية على الســطح، كما في حالة قيمة الوســيط البالغة (50.8 ملم)، فإن ذلك يعكس حالة توازن بين الفاقد والمياه المتحولة إلى جريان ســـطحي. أما في حال ارتفاع قيمة معامل الاستخلاص الأولي عن قيمة الوسيط المذكورة، فإن ذلك يدل على فقدان كميات أكبر من مياه الأمطار، مما يؤدي إلى انخفاض كمية الجريان السطحي المتولد، ويُحسب معامل الاستخلاص الأولي وفق المعادلة الآتية[10]:

$$\boldsymbol{La = 0.2s}$$

اذ ان:

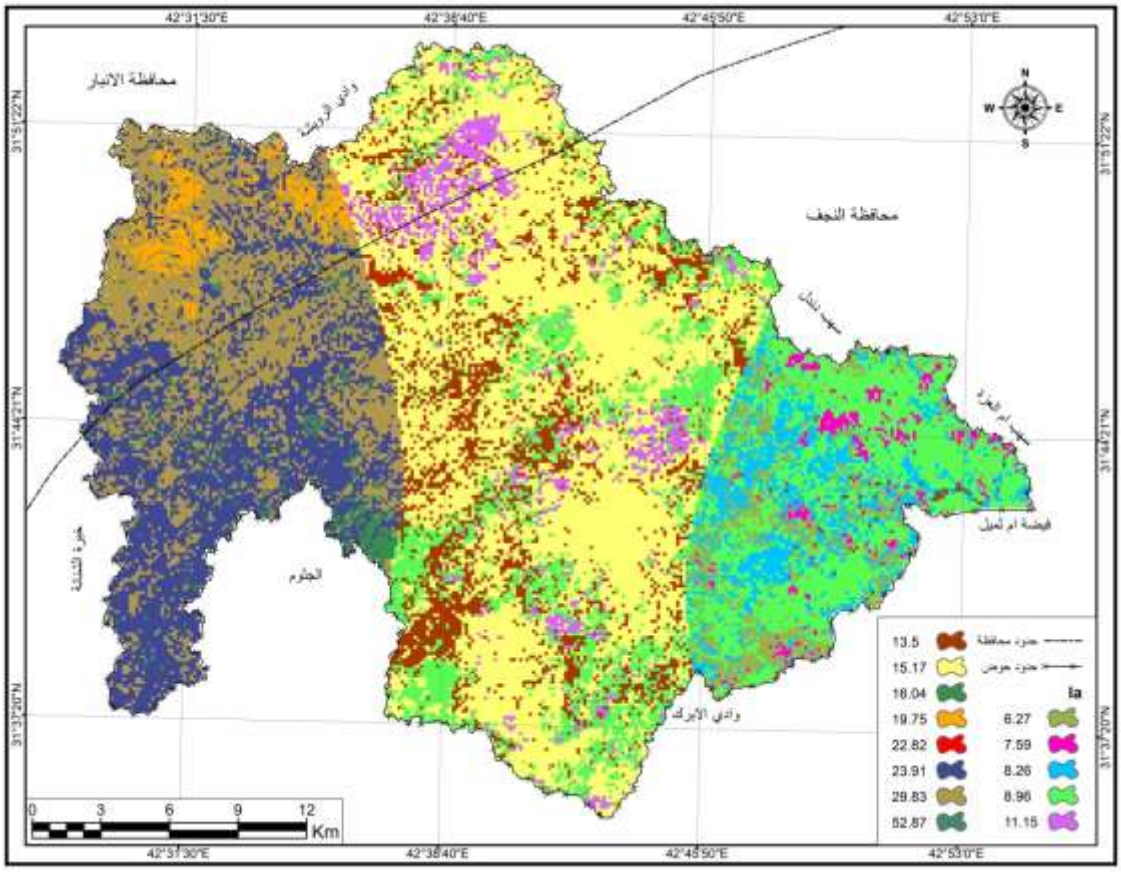
La = معامل الاستخلاص الاولي.

S = معامل الامكانية القصوى للاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان السطحي.

يتضــح من الخريطة (6) والجدول (8)، الذي يبيّن قيم معامل (La) ومســاحاتها ونِسَــبها في حوض الدراســة، أن قيم هذا المعامل قد تباينت بشــكل واضــح، إذ تراوحت بين أدنى قيمة بلغت (6.27) وأعلى قيمة وصـــلت إلى (52.87)، ما يعكس تبايناً مكانياً في خصـــائص ســـطح الحوض من حيث قابلية الانتشار وفقدان المياه. وتُظهر النتائج أن القيم المتوسطة لمعامل (La) هي الأكثر انتشاراً في الحوض،

حيث سـجلت الفئة ذات القيمة (15.17) أعلى نسـبة مسـاحة بلغت (30.16%) من إجمالي مسـاحة الحوض، وبمساحة قدرها (234.79 كم²)، مما يدل على أن الجزء الأكبر من الحوض يتميز بخصائص متوسطة تسهم في تحقيق توازن نسبي بين الفقد المائي والجريان السطحي. في المقابل، جاءت أقل نسبة مساحة ضمن الفئة ذات القيمة (22.82) بنسبة بلغت (0.16%) وبمساحة صغيرة قدرها (1.22 كم²)، تلتها الفئة الأعلى قيمة (52.87) بنسبة (0.37%)، وهو ما يشير إلى محدودية انتشار القيم العالية جداً لمعامل (La) داخل الحوض، وغالباً ما تتركز هذه القيم في مناطق محدودة ذات ظروف طبوغرافية أو جيولوجية خاصة.

الخريطة (6) توزيع قيم معامل الاستخلاص الاولي (La) في حوض وادي سهب نومان



المصدر: بالاعتماد على الخريطة (5) ومعادلة (La) وبرنامج (Arc GIS 10.8)

الجدول (8) قيم (La) مساحاتها ونسبها في حوض وادي سهب نومان

قيم (La)	المساحة (كم^2)	النسبة (%)
6.27	26.83	3.45
7.59	7.65	0.98
8.26	33.47	4.3
8.96	141.73	18.2
11.15	29.39	3.77

9.11	70.97	13.5
30.16	234.79	15.17
1.35	10.53	16.04
1.78	13.87	19.75
0.16	1.22	22.82
13.49	105.02	23.91
12.88	100.31	29.83
0.37	2.9	52.87
100	778.68	المجموع

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (42)

وتوضح البيانات أن الفئات ذات القيم المنخفضة نسبياً مثل (6.27، 7.59، 8.26) تشغل نسباً متباينة من مساحة الحوض، إلا أنها مجتمعة تمثل جزءاً ملحوظاً، الأمر الذي يدل على وجود مناطق ذات فقدان مائي أقل قبل بدء الجريان السطحي. مما يسهم في زيادة كمية المياه المتاحة للجريان، وبشكل عام فإن توزيع قيم معامل (La) في الحوض يعكس تنوع الخصائص السطحية اذ تهيمن القيم المتوسطة، بينما تقل مساحات القيم المتطرفة، وهو ما يؤثر بشكل مباشر في سلوك الجريان السطحي والاستجابة الهيدرولوجية للحوض.

سابعا: نمذجة تقدير عمق الجريان السطحي (Q):

يُعبر عمق الجريان السطحي (Runoff Depth) عن تفاعل عاصفة مطرية محددة مع مكونات وخصائص حوض التصريف، إذ يختلف عمق الجريان السطحي تبعاً لاختلاف أغطية واستعمالات الأرض ودرجة صماتة السطح وتُعد الأرقام المنحنية CN (Curve Number) العنصر المتغير والمتحكم الرئيس في تباين عمق الجريان السطحي بين أجزاء الحوض الواحد[11]. وقد تم تقدير حجم الجريان السطحي لأعلى عاصفة مطرية مسجلة في حوض وادي سهب نومان، بهدف تحديد أعلى عمق وصل إليه الجريان السطحي وأظهرت البيانات أن أعلى عاصفة مطرية مسجلة بلغت (64.5 ملم)، وذلك بتاريخ (11/تشرين الثاني/2013)[12] . ويُحسب تقدير عمق الجريان السطحي وفق المعادلة الآتية[13]:

$$\boldsymbol{Q = \frac{(P - La)^2}{(P + 0.8S)}}$$

اذ ان:

Q = عمق الجريان السطحي (ملم).

P = كمية الامطار الساقطة (ملم).

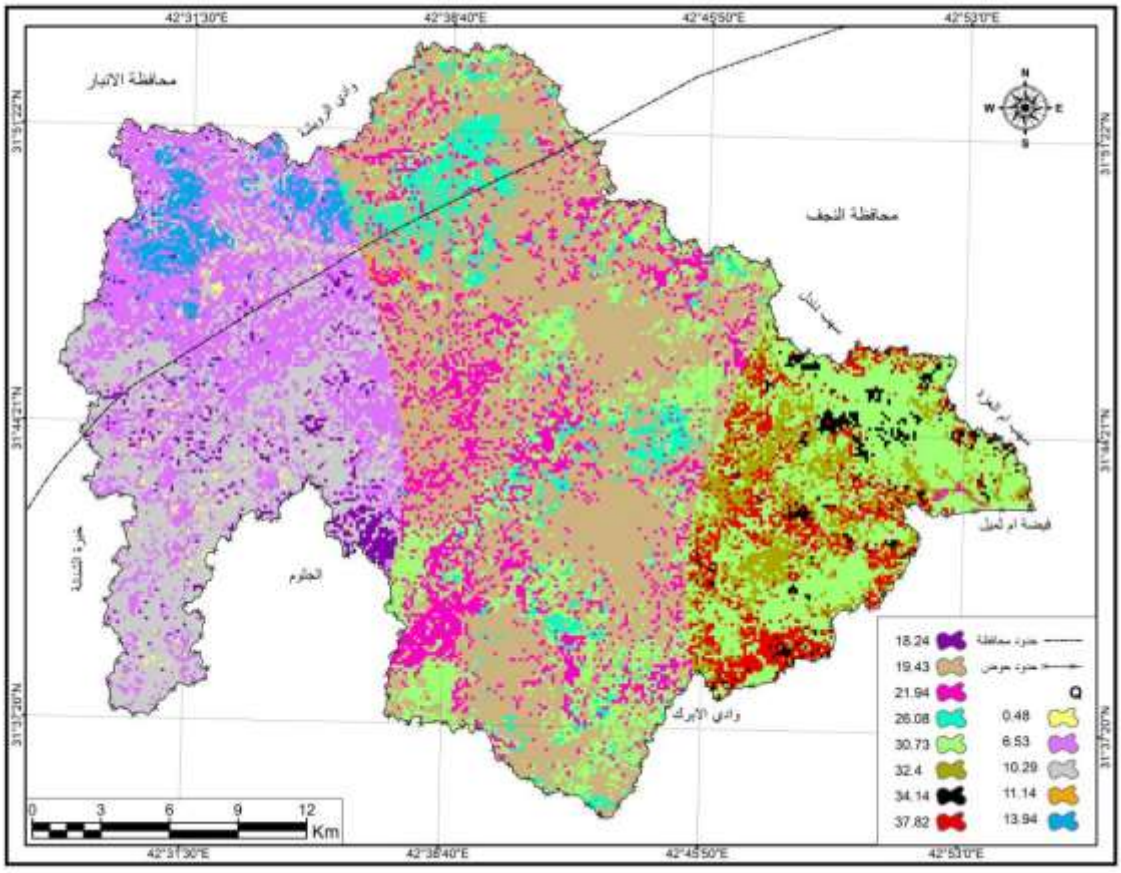
La = معامل الاستخلاص الاولي.

S = معامل الامكانية القصوى للاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان السطحي.

يُتبيّن من الخريطة (7) والجدول (9) أن قيم معامل التصريف (Q) في حوض وادي سهب نومان تتباين تباينًا واضحًا، إذ تراوحت بين (0.48– 37.82 ملم)، مما يعكس اختلاف الخصائص

الهيدرولوجية للوحدات المساحية داخل الحوض، وتُعد قيمة (19.43) الأكثر انتشارًا، إذ شغلت مساحة (234.79 كم²) وبنسبة (30.16%) من المساحة الكلية للحوض، تلتها القيمة (30.73) بمساحة (141.73 كم²) وبنسبة (18.20%)، ثم القيمة (10.29) بمساحة (105.02 كم²) وبنسبة (13.49%). في المقابل، سجّلت القيم المنخفضة جدًا مساحات محدودة، إذ بلغت أدنى نسبة عند القيمة (11.14) بمساحة (1.22 كم²) وبنسبة (0.16%). ويشير هذا التوزيع إلى سيادة القيم المتوسطة لمعامل التصريف داخل الحوض، وهو ما يرتبط بتباين العوامل الطبيعية كالتضاريس والانحدار وطبيعة السطح، بما ينعكس على الاستجابة الهيدرولوجية للحوض.

الخريطة (7) توزيع قيم عمق الجريان السطحي (Q) من عاصفة مطرية (64.5 ملم) في حوض وادي سهب نومان



المصدر: بالاعتماد على الخريطة (5 و6) ومعادلة (Q) وبرنامج (Arc GIS 10.8)

الجدول (9) قيم (Q) مساحاتها ونسبها في حوض وادي سهب نومان

قيم (Q)	المساحة (كم^2)	النسبة (%)
0.48	2.9	0.37
6.53	100.31	12.88
10.29	105.02	13.49
11.14	1.22	0.16

1.78	13.87	13.94
1.35	10.53	18.24
30.16	234.79	19.43
9.11	70.97	21.94
3.77	29.39	26.08
18.2	141.73	30.73
4.3	33.47	32.4
0.98	7.65	34.14
3.45	26.83	37.82
100	778.68	المجموع

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (7)

ثامناً: نمذجة حجم الجريان السطحي السنوي (QV):

يُعرَّف حجم الجريان الســـطحي (Runoff Volume – QV) بأنه مجموع كميات المياه المتدفقة سطحياً ضمن مساحة الحوض المائي. ويُعد من أهم المتغيرات الهيدرولوجية التي تعتمد عليها العديد من الدراسات الهيدرولوجية، إذ يُسهم في تحديد المناطق الملائمة لعمليات تخزين وتجميع المياه، فضلاً عن تحديد المواقع المناسبة لإنشاء السدود[14].

وقد جرى في هذه الدراسة تقدير حجم الجريان السطحي بالاعتماد على عمق الجريان السطحي، ومن ثم احتساب حجم الجريان السنوي وفقاً للمعادلة الآتية[15]:

$$\mathbf{QV} = \frac{(\boldsymbol{Q} * \boldsymbol{A})}{(\mathbf{1000})}$$

اذ ان:

QV = حجم الجريان السطحي.

Q = عمق الجريان السطحي (ملم).

A = مساحة حوض التصريف.

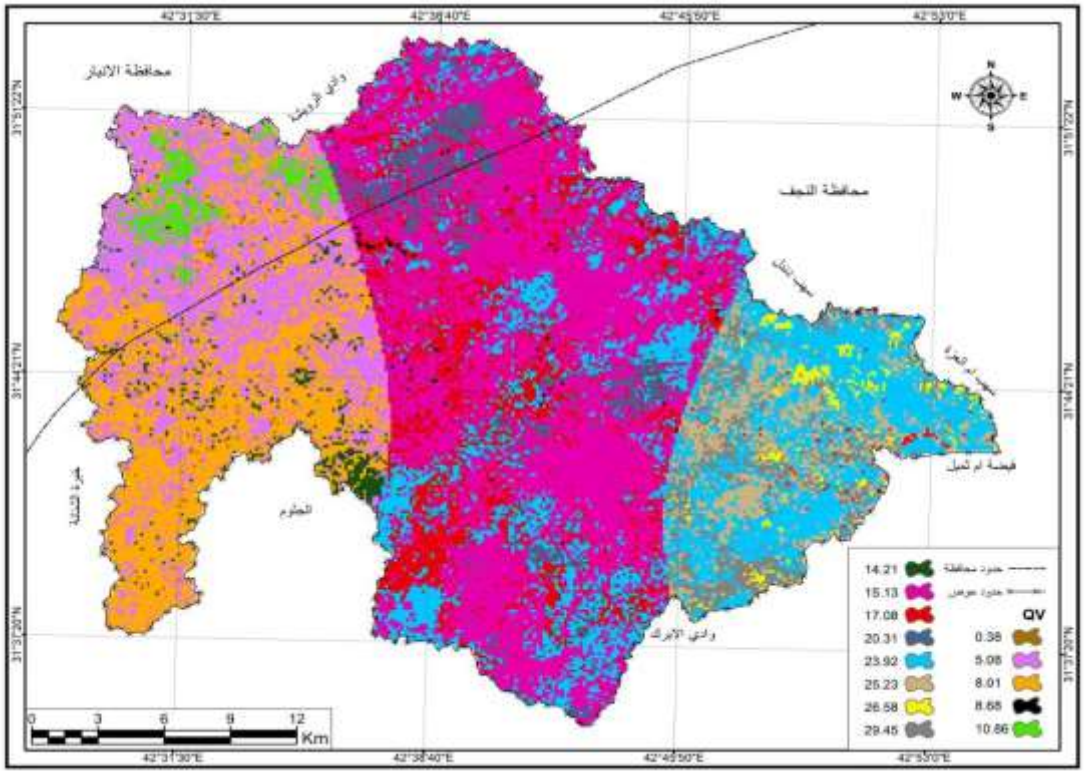
1000 = معامل التحويل.

بعد حساب حجم الجريان السطحي (QV) لكل وحدة مكانية ضمن حوض وادي سهب نومان، ومن ثم تحديد مســاحة كل وحدة ونســبتها من مســاحة الحوض، أظهرت النتائج وجود تباين واضــح في قيم الجريان السطحي بين أجزاء الحوض المختلفة، كما هو موضح في الخريطة (8) والجدول(10) تراوحت قيم حجم الجريان السطحي بين أدنى قيمة بلغت (0.38) وأعلى قيمة وصلت إلى (29.45)، مما يعكس اختلاف الخصــائص الطبيعية المؤثرة في الجريان الســطحي مثل الانحدار، ونوع التربة، واســتخدامات الأرض.سجلت إحدى الوحدات أعلى نسبة من مساحة الحوض بلغت (30.16%) وبقيمة جريان سطحي بلغت (15.13)، مما يشير إلى مساهمتها الكبيرة في توليد الجريان السطحي داخل الحوض. في المقابل،

سـجلت أقل نسـبة مسـاحة بلغت (0.16%) وبقيمة جريان بلغت (8.68)، وهي تمثل مسـاهمة محدودة نسـبيًا في الجريان العام.كما أظهرت النتائج أن بعض الوحدات ذات المسـاحات المتوسـطة سـجلت قيم جريان مرتفعة نسـبيًا وصـلت إلى (23.92 – 25.23)، الأمر الذي يدل على أن قيم الجريان السـطحي لا تعتمد على المساحة فقط، بل تتأثر بعوامل مورفومترية وهيدرولوجية أخرى.

وبناءً على ذلك، يمكن الاسـتنتاج أن حوض وادي سـهب نومان يتمتع بإمكانات متفاوتة في الجريان السطحي، ما يتيح إمكانية الاستفادة منه في الجوانب التطبيقية والتنموية، ولا سيما في حصاد المياه وإدارة الموارد المائية، في ظل التحديات المائية التي تشهدها المنطقة.

الخريطة(8) حجم الجريان السطحي (QV م^3) في حوض وادي سهب نومان



المصدر: بالاعتماد على الخريطة (7) ومعادلة (QV) وبرنامج (Arc GIS 10.8)

الجدول (10) حجم الجريان السطحي (QV م^3) ومساحته ونسبته في حوض وادي سهب نومان

حجم الجريان السطحي (QV) (م^3)	المساحة (كم^2)	النسبة (%)
0.38	2.9	0.37
5.08	100.31	12.88
8.01	105.02	13.49
8.68	1.22	0.16
10.86	13.87	1.78
14.21	10.53	1.35
15.13	234.79	30.16
17.08	70.97	9.11

20.31	29.39	3.77
23.92	141.73	18.2
25.23	33.47	4.3
26.58	7.65	0.98
29.45	26.83	3.45
المجموع	778.68	100

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (8)

الاستنتاجات:

1. اظهرت نتائج تطبيق نموذج (SCS–CN) وجود تباين مكاني واضح في خصائص الجريان السطحي داخل حوض وادي سهب نومان، نتيجة اختلاف أنواع التربة وأغطية واستعمالات الأرض وقيم الرقم المنحني (CN).

2. تبين أن قيم الرقم المنحني (CN) تراوحت بين (49– 89)، بمتوسط حسابي بلغ (76.7)، مما يدل على أن الحوض يتمتع باستجابة هيدرولوجية سريعة نسبيًا تجاه العواصف المطرية، مع ارتفاع احتمالية تولد الجريان السطحي والسيول.

3. كشفت الدراسة أن الأراضي الجرداء تمثل الصنف السائد في الحوض بنسبة بلغت (52.18%) من المساحة الكلية، الأمر الذي يسهم في زيادة الجريان السطحي بسبب ضعف الغطاء النباتي وانخفاض قدرة التربة على الامتصاص والتسرب.

4. أوضحت نتائج نمذجة عمق الجريان السطحي أن قيم (Q) تراوحت بين (0.48–37.82 ملم)، مما يعكس تفاوتًا في الاستجابة الهيدرولوجية للوحدات المكانية داخل الحوض تبعًا لاختلاف الخصائص الطبيعية والمورفومترية.

5. أكدت الدراسة أن حوض وادي سهب نومان يمتلك إمكانات هيدرولوجية مناسبة لتطبيق مشاريع حصاد المياه، واستثمار مياه السيول في دعم الموارد المائية ضمن مناطق الهضبة الغربية من العراق.

المقترحات:

1. ضرورة إنشاء منشآت حصاد مائي صغيرة ومتوسطة في المناطق ذات قيم الجريان السطحي المرتفعة، بهدف استثمار مياه السيول وتقليل الفواقد المائية.

2. اعتماد تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد بشكل مستمر في مراقبة التغيرات الهيدرولوجية وتحديث خرائط الجريان السطحي داخل الحوض.

3. تعزيز الغطاء النباتي في المناطق الجرداء والمتدهورة للحد من سرعة الجريان السطحي وتقليل مخاطر التعرية والسيول.

4. إجراء دراسات هيدرولوجية مستقبلية باستخدام نماذج رياضية ومناخية متعددة للمقارنة مع نتائج نموذج (SCS–CN)، بهدف الوصول إلى تقديرات أكثر دقة للجريان السطحي وحصاد المياه.

الهوامش والمصادر:

(1) انتصار جبار دحام ، هالة محمد عبد الرحمن ، تقدير حجم الجريان السطحي لاحواض وديان غرب بحيرة ساوة ، مجلة الدراسات المستدامة ، المجلد (5) ، العدد (1)،2023 ، ص 2045.

(2) Al-Karkhi, A. H. S. & Nibras A. Y. A. "Using Geographic Information Systems and Remote Sensing Technology to Estimate the Volume of Water Runoff in the Basins of the Eastern Part of Diyala Governorate," Diyala Journal, University of Diyala, Issue Seventy-Seven. 2018 ,P521.

(3) علاء عبد الرضا قاسم ، احمد عبد الستار جابر، تقدير حجم الجريان السطحي في حوض وادي الخوصر ، مجلة الباحث ، المجلد (44) ، العدد (2) ، الجزء (1) ، 2025 ، ص 476.

(4) علي مخلف سبع ، العبد الله هاشم نجم المشهداني ، مراقبة التغيرات بين الغطاء الارضي واستعمالات الارض في ناحية عامرية الفلوجة ، مجلة جامعة اكريت للعلوم الانسانية ، المجلد (25)، العدد (10) ، 2018 ، ص189.

(5) محمد عباس جابر الحميري، النمذجة الخرائطية لتقدير حجم الجريان السطحي لحوض وادي سبنه وفق نموذج،CN (SCS) باستعمال تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة ميسان للدراسات الاكاديمية ، المجلد (33) ، العدد (48)، 2023 ، ص111.

(6) سهاد شلال خلف ، تقدير حجم الجريان السطحي ومخاطره السيلية في حوض وادي المرج باستخدام نموذج (SCS – CN) ، مجلة جامعة تكريت للعلوم الانسانية ، المجلد (31) ، العدد (4) ، 2024 ، ص 226.

(7) علي حمزة عبد الحسين الجوذري ، تقدير حجم الجريان السطحي لحوض وادي الطحينات باستخدام طريقة (SCS – CN) مجلة كلية التربية جامعة واسط ، المجلد (56) ، العدد (1) الجزء (1) ، 2024 ، ص 254.

(8) مريم عبد الرزاق حسوبي ، النمذجة الهيدرولوجية لحوض وادي ابو جدع باستخدام أنموذج (SCS–CN) ، مجلة مداد ، المجلد (15)، العدد(40) ، 2025، ص 1920.

(9) عبد الباقي خميس حمادي ، عمر عبد الجليل تركي ، حصاد مياه الامطار في حوض وادي العلية في بادية الجزيرة العراقية ، مجلة مداد الاداب ، المجلد (1) العدد (31) ،2023 ، ص1040.

(10) محمد عباس جابر الحميري، النمذجة الخرائطية لتقدير حجم الجريان السطحي لحوض وادي سبنه وفق نموذج،CN (SCS) باستعمال تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ، مصدر سابق، ص 115.

(11) دلي خلف حميد ، سبعاوي خميس كعود ، تحليل الخصائص الهايدرولوجية لحوض وادي الحمدانية باستخدام طريقة (SS – CN)، مجلة جامعة تكريت للعلوم الانسانية ، المجلد (25) ، العدد (11)، 2018، ص 391.

(12) Salam Naji Hussein, The Effects of Topography, Land Use, and Climate Change on Stormwater Drainage under Different Rainfall Intensities in the Al-Amir Area of Najaf City, Master's Thesis (Unpublished), College of Civil Engineering, University of Karbala, 2021, P 34.

(13) بلقيس مبخوت ناصر صلاح ، محمد احمد حمود مياس ، تقدير حجم الجريان السطحي باستخدام نموذج SCS(CN) في حوض وادي زبيد – اليمن ، المجلد (4) ، العدد (1) ، 2023 ، ص 125.

(14) محمد عباس جابر الحميري، النمذجة الخرائطية لتقدير حجم الجريان السطحي لحوض وادي سبنه وفق نموذج،CN (SCS) باستعمال تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مصدر سابق ، ص 117.

(15) المصدر نفسه ، ص 117.