تقدير الجريان السطحي لتحديد إمكانات حصاد المياه في ناحية الثرثار باستخدام نموذج (SCS-CN)

Estimation of Surface Runoff to Determine Water Harvesting Potential in Al-Tharthar Sub-district Using the SCS-CN Model

محمد عبد القادر خلف

Mohammed Abdul-Qader Khalaf

جامعة سامراء / كلية التربية

University of Samarra / College of Education

E-mail: eduhm230084@uosamarra.edu.iq

07731990237

أ.د. صباح حمود غفار السامرائي

Prof. Dr. Sabah Hmood Ghaffar Al-Samarrai

جامعة سامراء / كلية التربية

University of Samarra / College of Education

E-mail: sabah.hmood@uosamarra.edu.iq

07702984215

الكلمات المفتاحية: حصاد المياه، الجريان السطحي، نموذج SCS-CN، رقم المنحنى (CN)، ناحية الثرثار.

Keywords: Water harvesting, Surface runoff, SCS-CN model, Curve Number (CN), Al-Tharthar sub-district.

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل إمكانات حصاد المياه في ناحية الثرثار من خلال تقدير حجم الجريان السطحي بالاعتماد على نموذج (SCS–CN)، بوصفه أحد النماذج الهيدرولوجية الكمية الأكثر استخدامًا في البيئات الجافة وشبه الجافة. اعتمدت الدراسة على دمج معطيات استعمالات الأرض والمجاميع الهيدرولوجية للتربة باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، بهدف استخلاص قيم رقم المنحنى (CN) وتحليل التباين المكاني للجريان السطحي.

أظهرت النتائج سيادة القيم المتوسطة إلى المرتفعة لرقم المنحنى، حيث تراوحت بين (45–85)، مع تركّز واضح للقيم (66–71)، مما يعكس انخفاض نفاذية التربة وزيادة قابليتها لتوليد الجريان السطحي. كما بيّنت الدراسة أن معظم مساحة المنطقة تقع ضمن الترب الهيدرولوجية من المجموعة (B)، الأمر الذي يسهم في تعزيز تكوّن الجريان خلال العواصف المطرية. وأوضحت نتائج تحليل عمق الجريان السطحي (Q) وحجمه (QV) وجود تباين مكاني واضح، مع سيطرة القيم المتوسطة إلى المرتفعة، مما يدل على امتلاك المنطقة إمكانات مائية مهمة يمكن استثمارها.

وتشير هذه النتائج إلى أن ناحية الثرثار تمتلك مقومات طبيعية مناسبة لتطبيق تقنيات حصاد المياه، ولا سيما في مناطق تجمع الجريان السطحي، مما يسهم في تقليل الفواقد المائية وتعزيز استدامة الموارد المائية ودعم النشاط الزراعي في المنطقة. وتؤكد الدراسة أهمية توظيف النماذج الهيدرولوجية الكمية في تحسين التخطيط لمشاريع الحصاد المائي في البيئات الجافة وشبه الجافة.

Abstract

This study aims to analyze the potential of water harvesting in Al-Tharthar subdistrict by estimating surface runoff using the SCS-CN model, one of the most widely applied hydrological models in arid and semi-arid environments. The study relies on integrating land use data and hydrological soil groups through Geographic Information Systems (GIS) to derive Curve Number (CN) values and analyze the spatial variability of surface runoff.

The results reveal the dominance of moderate to high CN values, ranging between 45 and 85, with a clear concentration around values of 66–71, indicating low soil permeability and a high potential for surface runoff generation. The findings also show that most of the study area is classified within hydrological soil group B, which enhances runoff formation during rainfall events. Moreover, the analysis of runoff depth (Q) and volume (QV) demonstrates noticeable spatial variation, with the prevalence of moderate to high values, reflecting significant water potential within the area.

These findings indicate that Al-Tharthar subdistrict possesses suitable natural conditions for implementing water harvesting techniques, particularly in runoff accumulation zones. This contributes to reducing water losses, enhancing water resource sustainability, and supporting agricultural activities. The study highlights the importance of applying quantitative hydrological models to improve planning and management of water harvesting projects in arid and semi-arid regions.

المقدمة:

تُعدّ المياه من الموارد الحيوية في المناطق الجافة وشبه الجافة، ولا سيما في ظل تذبذب كميات الأمطار وعدم انتظام توزيعها الزماني والمكاني، فضلًا عن تصاعد آثار التغيرات المناخية، الأمر الذي أدى إلى تنامي الحاجة إلى اعتماد أساليب بديلة تسهم في تعظيم الاستفادة من المياه المتاحة، ومن أبرزها حصاد المياه الذي يقوم على تجميع مياه الأمطار والجريان السطحي وخزنها واستثمارها في الأغراض الزراعية والبيئية، إلى جانب دوره في الحد من مخاطر السيول والتعرية. وتُعدّ ناحية الثرثار مجالًا ملائمًا لدراسة حصاد المياه نظرًا لما تتسم به من خصائص طبيعية تؤثر في توليد الجريان السطحي، مثل اتساع الأراضي الجرداء، وضعف الغطاء النباتي، وانتشار الأودية الموسمية، فضلًا عن طبيعة الترب التي تسهم في زيادة معدلات الجريان خلال العواصف المطرية، كما أن اعتماد المنطقة على الأمطار الموسمية يجعلها أكثر عرضة لفقدان كميات كبيرة من المياه دون استثمار فعلي. وفي هذا السياق، يُعدّ تقدير الجريان السطحي خطوة أساسية لفهم الإمكانات المائية المتاحة، إذ يسهم في بيان كميات المياه المتولدة خلال العواصف المطرية وإمكانات توجيهها وخزنها ضمن مشاريع الحصاد المائي، بما يعزز من كفاءة استغلال الموارد المائية في البيئات الجافة.

أولاً: مشكلة البحث

تتمثل مشكلة البحث في محدودية استثمار مياه الأمطار في ناحية الثرثار رغم توافر ظروف طبيعية تساعد على توليد الجريان السطحي، مما يؤدي إلى فقدان كميات كبيرة من المياه دون استغلال فعلي. كما يبرز غياب التقدير الدقيق لحجم الجريان السطحي بوصفه أحد العوامل التي تعيق التخطيط السليم لمشاريع حصاد المياه. ومن ثم تتركز الإشكالية في كيفية تحديد الإمكانات المائية المتاحة وتحويلها إلى مورد قابل للاستثمار في ظل الخصائص الطبيعية السائدة في المنطقة.

ثانياً: فرضيات البحث

تقوم الدراسة على فرضية مفادها أن الخصائص الطبيعية السائدة في ناحية الثرثار، ولا سيما طبيعة التربة وضعف الغطاء النباتي، تسهم في زيادة توليد الجريان السطحي. كما تفترض الدراسة أن كميات الجريان السطحي المتولدة خلال العواصف المطرية تمثل موردًا مائيًا يمكن استثماره بكفاءة ضمن تقنيات حصاد المياه. وتنطلق أيضًا من فرضية أن توظيف الأساليب الهيدرولوجية الكمية، مثل طريقة SCS-CN، يتيح تقديرًا دقيقًا للإمكانات المائية ويساعد في تحديد المواقع الأنسب لمشاريع الحصاد المائي.

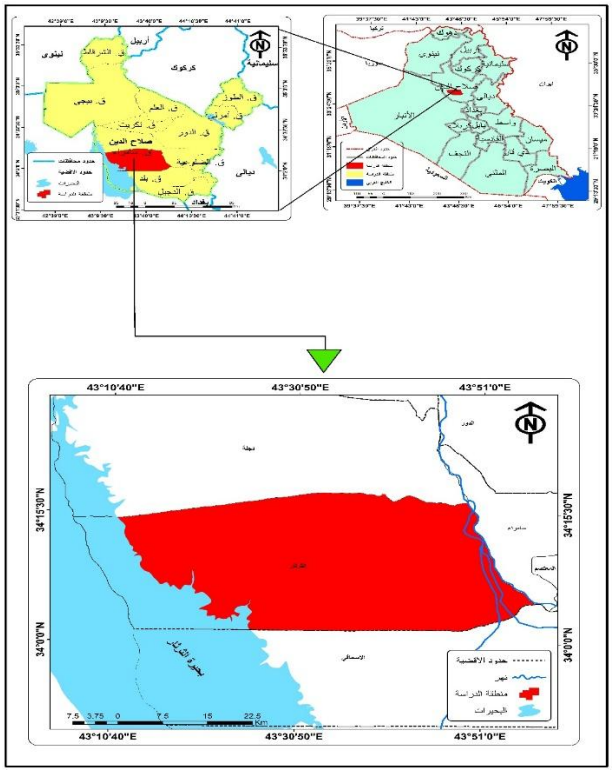
ثالثاً: أهداف البحث

تهدف الدراسة إلى إبراز أهمية حصاد المياه بوصفه وسيلة فاعلة لتعزيز الموارد المائية في ناحية الثرثار، من خلال تحليل الخصائص الطبيعية المؤثرة في توليد الجريان السطحي. كما تسعى إلى تقدير كميات الجريان السطحي الناتجة عن الأمطار اعتمادًا على الأساليب الهيدرولوجية المناسبة، بما يتيح فهم الإمكانات المائية المتاحة في المنطقة. وتسهم كذلك في تحديد مدى إمكانية استثمار هذه الموارد في دعم الأنشطة الزراعية والبيئية، وصولًا إلى تعزيز كفاءة إدارة المياه في البيئات الجافة وشبه الجافة.

رابعاً: حدود منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة ضمن ناحية الثرثار، إذ تمتد بين نهر دجلة شرقًا وبحيرة الثرثار غربًا، ويحدها من الشمال ناحية دجلة، ومن الجنوب ناحية الإسحاقي. أمّا فلكيًا، فتقع منطقة الدراسة – كما هو موضح في الخريطة (1) – بين خطي طول (43°10′40″–43°53′00″) شرقًا، وبين دائرتي عرض (34°00′00″–34°15′30″) شمالًا.

الخريطة (1) منطقة الدراسة ناحية الثرثار



(الهيئة العامة للمساحة، 2014، 1/1000000)

(خريطة محافظة صلاح الدين، د.ت، 1/250000)

خامساً: حصاد المياه في ناحية الثرثار

يُعدّ حصاد المياه من الأساليب الفاعلة في استثمار مياه الأمطار والجريان السطحي في المناطق الجافة وشبه الجافة، إذ يقوم على تجميع المياه وخزنها وتقليل الفواقد الناتجة عن الجريان السريع أو التبخر، بما يسهم في تعزيز كفاءة استخدام الموارد المائية (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 1970، 216). وقد تزايدت أهميته في ظل التغيرات المناخية وتذبذب التساقط المطري، حيث أصبح خزن مياه الجريان السطحي واستثمارها خلال فترات الشح أمرًا ضروريًا لدعم الاستقرار الزراعي وتحسين الإنتاجية (عز الدين، 2012، 27). ويعتمد اختيار المواقع الملائمة لمشاريع الحصاد المائي على تحليل الخصائص التضاريسية والهيدرولوجية باستخدام نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، بهدف تحديد مناطق الجريان والتجمع واختيار المواقع الأكثر كفاءة من حيث الخزن والاستثمار (الخرابشة، 2000، 82).

سادساً: طريقة (SCS–CN) لتقدير الجريان السطحي

يُعدّ تقدير الجريان السطحي من المرتكزات الأساسية في دراسات الحصاد المائي، إذ يعتمد نجاح هذه المشاريع على معرفة كميات المياه المتولدة عن الأمطار بدقة. وتُعدّ طريقة (SCS–CN) من أكثر الطرائق استخدامًا في هذا المجال، نظرًا لقدرتها على الربط بين خصائص التربة والغطاء الأرضي وكمية التساقط المطري. وتعتمد هذه الطريقة على تحديد رقم المنحنى (CN) وفق استعمالات الأرض والمجموعات الهيدرولوجية للتربة، ومنه يُحسب معامل الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء (S)، الذي يعكس قدرة التربة على خزن المياه (حسون، 2016، 260).

$$\boldsymbol{Q = \frac{(p - 0.2s)^2}{p - 0.8s}}$$

كما تحسب معامل (S) وفق العلاقة:

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

حيث يمثل Q عمق الجريان السطحي، وP كمية الأمطار، وS قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء. وتُظهر القيم المرتفعة لرقم المنحنى زيادة في الجريان السطحي، في حين تؤدي القيم المنخفضة إلى زيادة الارتشاح. وبالاعتماد على هذه القيم، تم تقدير عمق الجريان السطحي ومن ثم حساب حجمه الكلي، وهو ما يوفّر أساسًا كميًا لتحديد إمكانات حصاد المياه واختيار المواقع المناسبة لإنشاء منشآت الخزن في ناحية الثرثار.

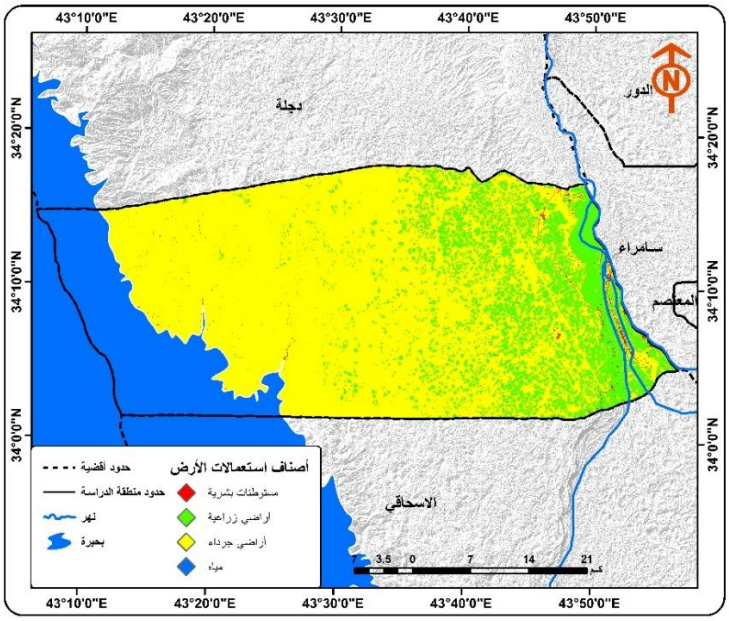
سابعاً: استخلاص قيمة (CN)

تتراوح قيم رقم المنحنى (Curve Number – CN) بين (1–100)، وتختلف تبعًا لطبيعة الغطاء الأرضي، ونوع التربة، ودرجة نفاذيتها، فضلًا عن خصائص الأمطار الساقطة. وتشير القيم المرتفعة القريبة من (100) إلى انخفاض نفاذية سطح الأرض، مما يؤدي إلى زيادة حجم الجريان السطحي وارتفاع معدلات الحت والتعرية. في المقابل، تدل القيم المنخفضة القريبة من (1) على ارتفاع نفاذية التربة وقدرتها على استيعاب مياه الأمطار، الأمر الذي يقلل من فرص تشكل الجريان السطحي (الكناني، 2021، 142). ولغرض استخلاص قيم رقم المنحنى (CN) لمنطقة الدراسة، تم تحديد حالة الغطاء الأرضي السائد وتصنيف الترب وفق المجموعات الهيدرولوجية، حيث تبيّن أن ترب المنطقة تندرج ضمن ثلاثة أصناف هيدرولوجية. وقد جرى دمج طبقات الغطاء الأرضي والتربة باستخدام برنامج ArcGIS 10.4.1، من خلال توظيف أداة Combine ضمن ArcToolbox، وبالاعتماد على أدوات Spatial Analyst ولا سيما أدوات المعالجة المحلية (Local). وبعد إتمام عملية الدمج المكاني، تم مطابقة مخرجات الطبقة الناتجة مع القيم الواردة في الجدول (2) لاستخلاص قيم (CN) المعتمدة في التحليل.

ثامناً: تحليل استعمالات الأرض في منطقة الدراسة:

تم تحديد أربعة أنواع رئيسة من استعمالات الأرض في منطقة الدراسة (ناحية الثرثار)، كما تم التطرق إليها سابقًا، وذلك بالاعتماد على خريطة استعمالات الأرض والجدول الخاص بها، وتتمثل في: مستوطنات بشرية، أراضٍ زراعية، أراضٍ جرداء، مسطحات مائية. إذ بلغت مساحة المستوطنات البشرية في منطقة الدراسة نحو (36.96) كم² وبنسبة مئوية بلغت (2%) من إجمالي مساحة المنطقة، في حين بلغت مساحة الأراضي الزراعية نحو (333.27) كم² وبنسبة مئوية بلغت (18.04%). أما الأراضي الجرداء فقد استحوذت على المساحة الأكبر، إذ بلغت مساحتها نحو (1321.86) كم² وبنسبة مئوية بلغت (71.57%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، في حين بلغت مساحة المسطحات المائية نحو (154.91) كم² وبنسبة مئوية بلغت (8.39%).

الخريطة (2) استعمالات الأرض في ناحية الثرثار



(اعتماد على مخرجات برنامج Land sat 8)

جدول (1) استعمالات الأرض في ناحية الثرثار

ت	استعمالات الارض	المساحة/كم²	النسبة المئوية
1	مستوطنات بشرية	36.96 كم²	%2
2	أراضي زراعية	333.27 كم²	%18.04
3	أراضي جرداء	1321.28 كم²	%71.57
4	مياه	154.91 كم²	%8.39
الجموع		1847.00	%100

(اعتماد على خريطة 2)

تاسعاً: المجموعة الهيدرولوجية لتربة منطقة الدراسة:

يتم تحديد المجموعات الهيدرولوجية للتربة بالاعتماد على التصنيف الذي وضعته إدارة صيانة التربة الأمريكية (SCS)، والذي يُصنّف الترب إلى أربع مجموعات هيدرولوجية رئيسة هي (A، B، C، D)، وذلك وفقًا لنسجة التربة وخصائصها الفيزيائية التي تتحكم في معدلات تسرب المياه خلالها. ويهدف هذا التصنيف إلى بيان العلاقة بين خصائص التربة ونشوء الجريان السطحي، ومدى قابليتها على توليد الجريان أو تعزيز الارتشاح. ويُلاحظ من خلال الجدول (2) أن لكل مجموعة من هذه الترب خصائص هيدرولوجية مميزة تختلف عن الأخرى من حيث معدلات النفاذية وحجم الجريان السطحي المتولد عنها، إذ تمثل المجموعة (A) الترب الأعلى نفاذية والأقل في توليد الجريان السطحي، في حين تمثل المجموعة (D) الترب الأقل نفاذية والأعلى في توليد

الجريان السطحي، وهما بذلك يشكلان حدّين متطرفين في السلوك الهيدرولوجي. أما المجموعتان (B) و(C) فتمثلان حالات وسطية تتدرج بين هذين الحدين من حيث معدلات التسرب والجريان وبناءً على ذلك، فإن كل مجموعة من هذه المجموعات تمتلك تركيبًا نسجيًا وخصائص فيزيائية خاصة تُعدّ أساسًا في تحديد نوع المجموعة الهيدرولوجية التي تنتمي إليها التربة، وفي تقدير دورها ضمن نماذج الجريان السطحي وحصاد المياه (10).

جدول (2) أنواع التربة الهيدرولوجية للتربة حسب تصنيف (SCS–CN)

الصنف	العمق	صفات التربة
A	قليل	تربة رملية عميقة ذات نسبة قليلة جدًا من الطين والغرين
B	متوسط	تربة رملية أقل عمقًا ذات ارتشاح متوسط بعد الترطيب
C	فوق المتوسط	تربة طينية محدودة العمق ذات ارتشاح دون المتوسط
D	عالي	تربة طينية عالية الانتفاخ تتدرج نسجها بين الطينية والمزيجية الطينية

(Gorantla & Kumar, 2020, 781)

جدول (3) معد لاشتقاق رقم المنحنى (CN) وفق طريقة (SCS)

وصف استخدامات الارض	مجاميع الترب الهيدرولوجية			
	A	B	C	D
الأراضي المزروعة				
بدون معالجة حماية التربة	**72**	**79**	**81**	**91**
مع معالجة حماية التربة	**62**	**71**	**78**	**81**
أراضي المراعي الاصطناعية والمراعي الطبيعية				
ظروف فقيرة	**68**	**79**	**86**	**94**
ظروف غنية جداً	**39**	**61**	**74**	**80**
أراضي أعشاب				
ظروف جيدة	**30**	**58**	**69**	**80**
أراضي الغابات				
جناح خفيف – غطاء قليل – لا أمراض	**45**	**66**	**77**	**83**
غطاء سميك وغني	**25**	**55**	**70**	**77**
أراضي مفتوحة – أراضي عشبية – مسارات الغولف – المقابر				
ظروف جيدة: الغطاء العشبي 75٪ أو أكثر	**39**	**61**	**74**	**80**

ظروف متوسطة: الغطاء العشبي بين 50-75٪		49	69	79	87
المناطق التجارية والمهنية 85٪ غير نفاذة		89	92	94	95
المقاطعات الصناعية 72٪ غير نفاذة		81	88	91	93
أراضي سكنية					
معدل غير النفاذ	معدل حجم القطعة				
1-8	65	77	85	90	92
1-4	38	61	75	83	87
1-3	30	57	72	81	86
1-2	25	54	70	80	85
1 فأكثر	20	51	68	75	84
قطع أراضي لوقوف السيارات معبدة – سطوح، ممرات ... الخ		98	98	98	98
الشوارع والطرق					
معبدة مع أرصفة ومجاري تصريف الأمطار		98	98	98	100
طرق غير معبدة حصوية		76	85	89	91
طرق متروكة		72	82	87	89

(Singh & Frevert, 2006, 364)

وقد جرى تحديد المجموعات الهيدرولوجية للتربة في منطقة الدراسة بالاعتماد على معطيات خريطة التربة المُعدّة وفق تصنيف وزارة الزراعة الأمريكية (USDA)، فضلًا عن الاستعانة بخرائط منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO) لعام 2006، وبالاستناد إلى نسج التربة وخصائصها الفيزيائية. وقد تم توظيف هذه المعطيات في إنشاء طبقات مكانية خاصة بالمجاميع الهيدرولوجية ضمن بيئة برنامج (ArcGIS 10.6.1)، بهدف إدماجها في التحليل الهيدرولوجي ونموذج حصاد المياه. وأظهرت نتائج التحليل أن الفئات الهيدرولوجية السائدة في منطقة الدراسة تقتصر على مجموعتين فقط، هما المجموعة (A) والمجموعة (B)، كما هو موضح في الجدول (4)، والخريطة (3).

1- المجموعة الهيدرولوجية A

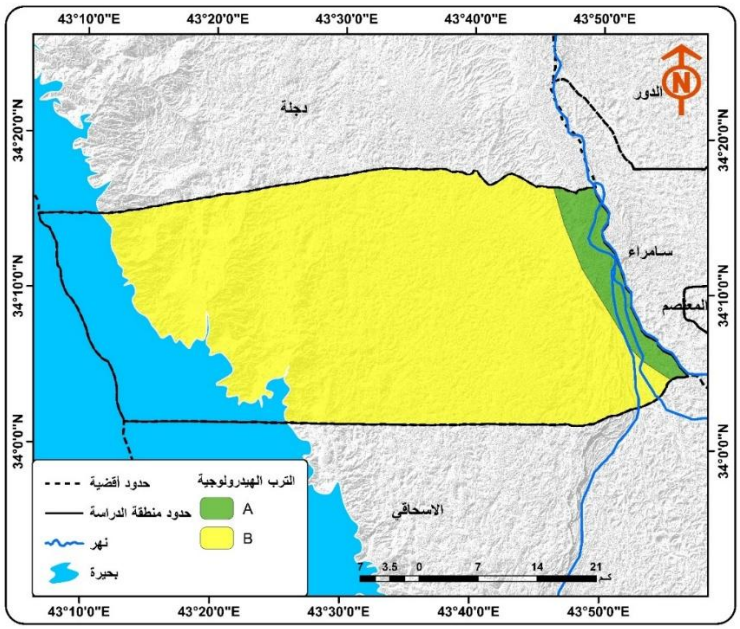
تتميّز هذه المجموعة بترب ذات نسجة خشنة، تتضمن طبقات رملية عميقة، ولا سيما في الأجزاء العليا من الحوض، فضلًا عن احتوائها على نسب منخفضة من الطين والغرين، وهو ما يمنحها قابلية عالية على النفاذية وارتفاع معدلات الارتشاح (11).

تُظهر نتائج تصنيف الترب الهيدرولوجية في منطقة الدراسة أن المجموعة (A) تشغل مساحة محدودة مقارنة ببقية المجموعات، إذ بلغت مساحتها نحو (89.48 كم²)، أي ما يعادل (4.87%) من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة البالغة (1837.78 كم²)، كما هو موضح في الجدول (4)، والخريطة (3). وتتركز هذه المجموعة بشكل رئيس في الأجزاء الشرقية من منطقة الدراسة بمحاذاة نهر دجلة وعلى امتداد بعض المجاري الثانوية القريبة منه.

2- المجموعة الهيدرولوجية B

تُعدّ المجموعة الهيدرولوجية (B) الفئة السائدة في منطقة الدراسة، إذ تشغل المساحة الأكبر منها، حيث بلغت مساحتها نحو (1748.30 كم²)، أي ما نسبته (95.13%) من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة والبالغة (1837.78 كم²)، كما يتضح من الجدول (4)، والخريطة (3). وتنتشر هذه المجموعة على معظم أجزاء المنطقة، ولا سيما في الأجزاء الوسطى والغربية والجنوبية، مشكلةً الإطار العام للتربة السائدة في ناحية الثرثار. تتصف ترب هذه المجموعة بأنها خشنة القوام وأقل عمقًا من ترب المجموعة (A)، وتتكوّن في الغالب من مزيج من الحصى والرمال والفتات الصخري، ترتبط فيما بينها مواد لاحمة يغلب عليها السلت. كما تتميّز هذه الترب بانخفاض نسبي في المسامية والنفاذية مقارنة بالمجموعة (A)، الأمر الذي ينعكس على زيادة قدرتها على توليد الجريان السطحي. وتمتد هذه الترب على أجزاء واسعة من شمال ووسط الحوض.

الخريطة (3) أصناف التربة الهيدرولوجية



(منظمة الأغذية والزراعة العالمية (FAO) ، ARC)

جدول (4) أصناف التربة الهيدرولوجية لمنطقة الدراسة

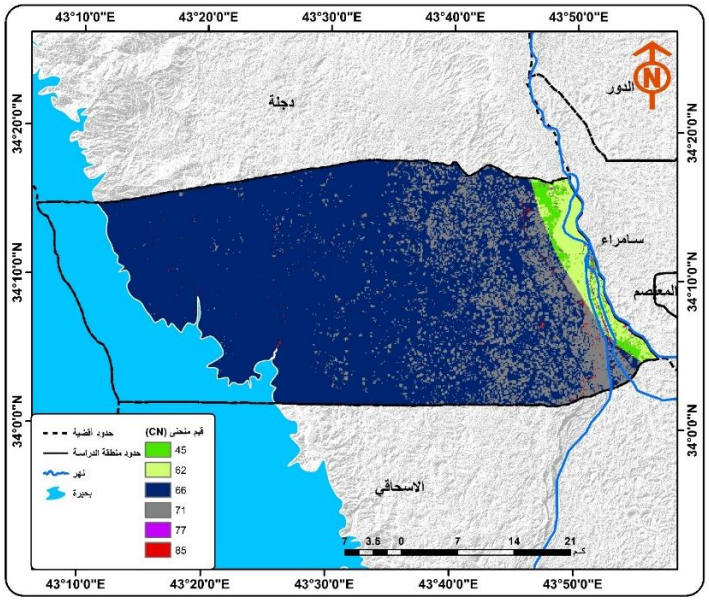
ت	مستويات التربة	المساحة/ كم²	النسبة المئوية
1	A	89.4806828393	%4.87
2	B	1748.30349592	%95.13
المجموع		1,837.79	%100

(بالاعتماد على خريطة 3)

تم الحصول على قيمة رقم المنحنى (CN) في منطقة الدراسة من خلال دمج طبقة المجموعات الهيدرولوجية للتربة مع طبقة الغطاء الأرضي، وذلك اعتمادًا على منهجية SCS–CN. وقد أظهرت النتائج أن غالبية قيم رقم المنحنى تتجاوز (50)، إذ تراوحت بين (66–85)، وهي قيم مرتفعة نسبيًا تعكس انخفاض نفاذية التربة السطحية. ويُشير هذا الارتفاع في قيم (CN) إلى محدودية قدرة التربة على امتصاص مياه الأمطار، مما يؤدي إلى زيادة حجم الجريان السطحي، وبالتالي تعزيز عمليات الحت والتعرية داخل منطقة الدراسة.

ومن خلال الجدول والخريطة الخاصة بقيم رقم المنحنى، يتضح أن القيم التي تزيد عن (70)، ولا سيما القيم (71، 77، 85)، تشغل مساحة ملحوظة من منطقة الدراسة، وهو ما يدل على سيادة ترب ذات نفاذية ضعيفة أو متوسطة إلى ضعيفة، غالبًا ما تكون مرتبطة بترب طينية أو مزيجية دقيقة الحبيبات، أو بأسطح أرضية متماسكة تقل فيها الفجوات المسامية الفعالة. وتسهم هذه الخصائص في تسريع تشكّل الجريان السطحي وتقليل فرص التسرب العميق، الأمر الذي ينعكس على زيادة قدرة الجريان على نقل الرواسب والمواد المفتتة، ولا سيما أثناء العواصف المطرية.

الخريطة (4) توزيع قيم (CN) في ناحية الثرثار



(SCS-CN ,AMC-I)

جدول (5) قيم (CN) ومساحتها ونسبتها المئوية في منطقة الدراسة

ت	قيم منحنى (CN)	المساحة / كم2	النسبة %
1	66	1298.97	70.7%
2	71	262.22	14.3%
3	85	31.93	1.7%
4	62	214.02	11.7%
5	45	25.33	1.4%
6	77	3.69	0.2%
المجموع	406	1836.16	100%

(بالاعتماد على خريطة 4)

عاشراً: الحالة المسبقة لرطوبة التربة (AMC):

تعتمد طريقة SCS-CN في تقدير الجريان السطحي على مفهوم الرطوبة السابقة للتربة (Antecedent Moisture Condition – AMC)، التي تعبّر عن الحالة الرطوبية للتربة قبل حدوث العاصفة المطرية، لما لها من تأثير مباشر في كمية المياه المتحوّلة إلى جريان سطحي. وتنقسم هذه الحالات إلى ثلاث مستويات رئيسة (AMC-I، AMC-II، AMC-III)، تمثل أوضاعًا مختلفة لتشبّع التربة وقدرتها على امتصاص مياه الأمطار.

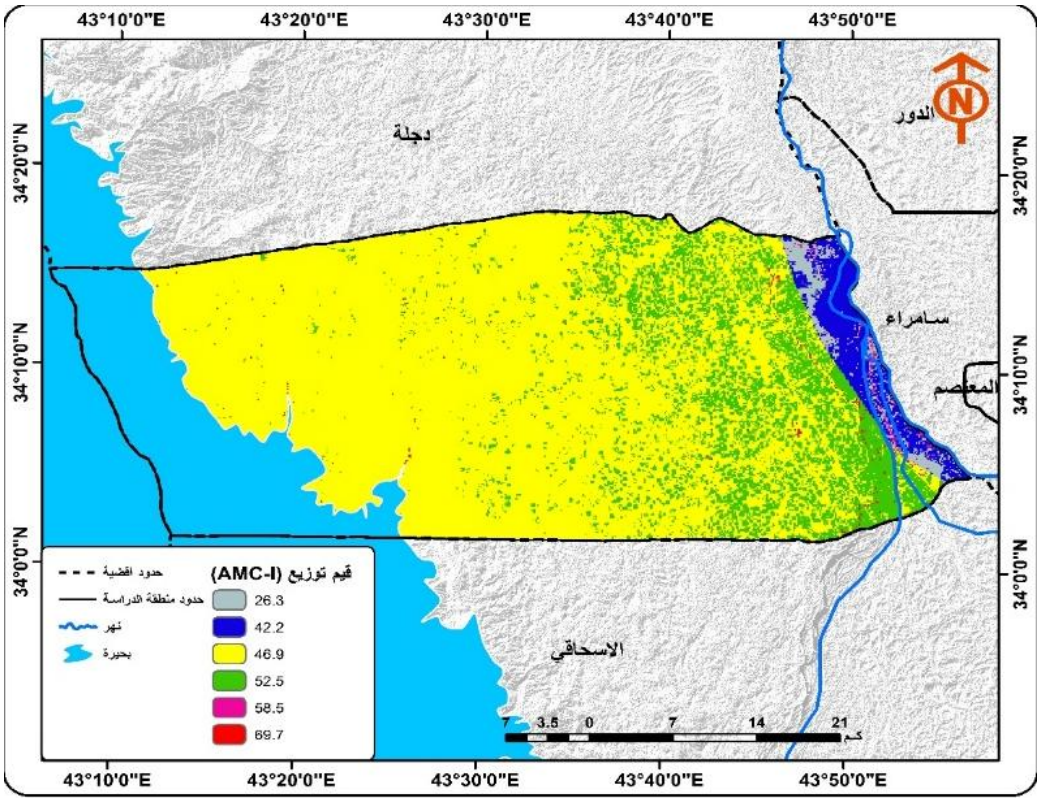
يمثّل المستوى الأول (AMC–I) حالة التربة الجافة، والتي تسود عادة بعد فترات طويلة نسبيًا من الانقطاع المطري. وفي هذه الحالة تكون التربة ذات قدرة عالية على الامتصاص، مما يؤدي إلى انخفاض قيم رقم المنحنى (CN) وتراجع حجم الجريان السطحي المتولّد. ويُعد هذا المستوى معبّرًا عن الحد الأدنى المحتمل للجريان السطحي، ويُستخدم لتقدير الاستجابة الهيدرولوجية للحوض في الظروف الجافة أو شبه الجافة.

أما المستوى الثالث (AMC–III) فيمثّل حالة التربة الرطبة أو المشبعة، التي تنتج عن تعرّض المنطقة لهطولات مطرية سابقة متقاربة. وفي هذه الحالة تنخفض قدرة التربة على الامتصاص إلى حدٍّ كبير، وترتفع قيم رقم المنحنى (CN)، مما يؤدي إلى زيادة واضحة في حجم الجريان السطحي وسرعة تشكّله. ويُعد هذا المستوى معبّرًا عن أقصى استجابة هيدرولوجية للحوض، ولا سيّما أثناء العواصف المطرية الشديدة، وهو الأكثر ارتباطًا بمخاطر الفيضانات وعمليات الحت ونقل الرواسب. وبناءً على ذلك، فإن اعتماد مستويي AMC–I وAMC–III في هذه الدراسة يهدف إلى تمثيل طرفي السلوك الهيدرولوجي لمنطقة الدراسة، من الحالة الجافة ذات الجريان المحدود إلى الحالة الرطبة ذات الجريان العالي، بما يتيح فهمًا أعمق للتباين المكاني والزماني للجريان السطحي، ويُمهّد لتحليل الخرائط والجداول الخاصة بتوزيع قيم رقم المنحنى في كل مستوى على حدة.

1- المستوى الأول (AMC I)

يمثّل المستوى الأول (AMC–I) حالة التربة الجافة في منطقة الدراسة، وهو ما توضحه الخريطة والجدول من خلال سيادة قيم رقم المنحنى المنخفضة نسبيًا، التي تعكس ارتفاع قدرة التربة على امتصاص مياه الأمطار. وتدل هذه القيم على انخفاض حجم الجريان السطحي المتولد، واقتصاره غالبًا على فترات الهطول المطري الشديد أو المفاجئ. لاحظ الجدول (6) والخريطة (5)

الخريطة (5) الحالة المسبقة لرطوبة التربة (AMC I)



(إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الغطاء الأرضي؛ SCS؛ DEM، ArcGIS 10.4.1، SCS–CN لاشتقاق قيم AMC–I.)

جدول (6) تصنيف الحالة المسبقة لرطوبة التربة

ت	قيم توزيع (AMC–I)	النسبة %
1	46.90	15.8%
2	52.50	17.7%
3	69.70	23.5%
4	42.20	14.3%
5	26.30	8.9%
6	58.50	19.8%
المجموع	296.10	100%

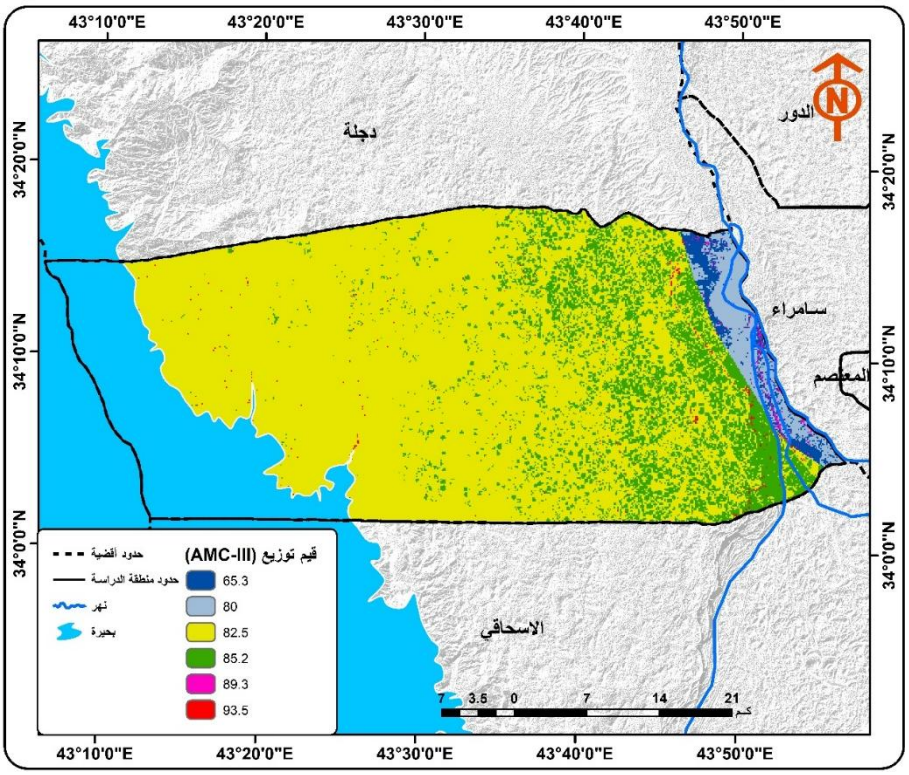
(بالاعتماد على الخريطة 5)

2- المستوى الثالث (AMC III)

يمثّل المستوى الثالث (AMC–III) حالة التربة الرطبة أو المشبعة في منطقة الدراسة، وهو ما توضحه الخريطة والجدول من خلال ارتفاع قيم رقم المنحنى، التي تعكس انخفاض قدرة التربة

على امتصاص مياه الأمطار. وتشير هذه القيم المرتفعة إلى زيادة واضحة في حجم الجريان السطحي وسرعة تشكّله، مما يعزّز احتمالية حدوث الحت ونقل الرواسب، ولا سيما خلال العواصف المطرية الشديدة. لاحظ الجدول (6) والخريطة (5). يتبيّن من المقارنة بين المستوى الأول (AMC–I) والمستوى الثالث (AMC–III) اختلاف واضح في الاستجابة الهيدرولوجية لمنطقة الدراسة. ففي AMC–I تسود حالة التربة الجافة ذات النفاذية العالية نسبيًا، مما يؤدي إلى انخفاض قيم رقم المنحنى وتراجع حجم الجريان السطحي نتيجة زيادة امتصاص المياه. في المقابل، يمثّل AMC–III حالة التربة المشبعة، حيث ترتفع قيم رقم المنحنى وتنخفض قدرة التربة على الامتصاص، الأمر الذي يفضي إلى زيادة كبيرة في الجريان السطحي وتسارع عمليات الحت ونقل الرواسب. وبذلك يعكس الفرق بين المستويين الحدّين الأدنى والأقصى لسلوك الجريان السطحي في منطقة الدراسة.

الخريطة (6) الحالة المسبقة للرطوبة في الموسم الرطب (AMC III)



(إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الغطاء الأرضي؛ SCS؛ DEM، ArcGIS 10.4.1، SCS–CN لاشتقاق قيم AMC–III.)

جدول (7) تصنيف الحالة المسبقة لرطوبة التربة الموسم الرطب

ت	قيم توزيع (AMC–III)	النسبة %
1	82.50	16.6%
2	85.20	17.2%
3	93.50	18.9%
4	80.00	16.1%
5	65.30	13.2%
6	89.30	18.0%
المجموع	495.80	100%

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (6)

احدى عشر: حساب معامل الامكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالماء بعد الجريان السطحي (S):

يُعبّر معامل الإمكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالماء بعد الجريان السطحي (S) عن الحد الأعلى لقدرة التربة على خزن المياه عقب العاصفة المطرية، ويعكس الحالة الرطوبية للتربة بعد تشبعها وتوقف عملية التسرب، وقبل بدء تشكّل الجريان السطحي. وتختلف قيمة هذا المعامل تبعًا لخصائص التربة الفيزيائية، ولا سيما سمك الطبقة الترابية، ونوع نسيجها، ومدى قابليتها على امتصاص المياه خلال فترة الهطول المطري (القيسي، 2019، 130).

وتشير القيم المرتفعة لمعامل (S) إلى قدرة عالية للتربة على الاحتفاظ بالمياه، الأمر الذي يحدّ من حجم الجريان السطحي، في حين تعكس القيم المنخفضة انخفاض قدرة التربة على الخزن المائي وزيادة احتمالية تشكّل الجريان السطحي. وتم حساب قيم هذا المعامل بالاعتماد على طريقة SCS–CN باستخدام المعادلة الرياضية الآتية:

$$S - \frac{1000}{\mathrm{CN}} = 10$$

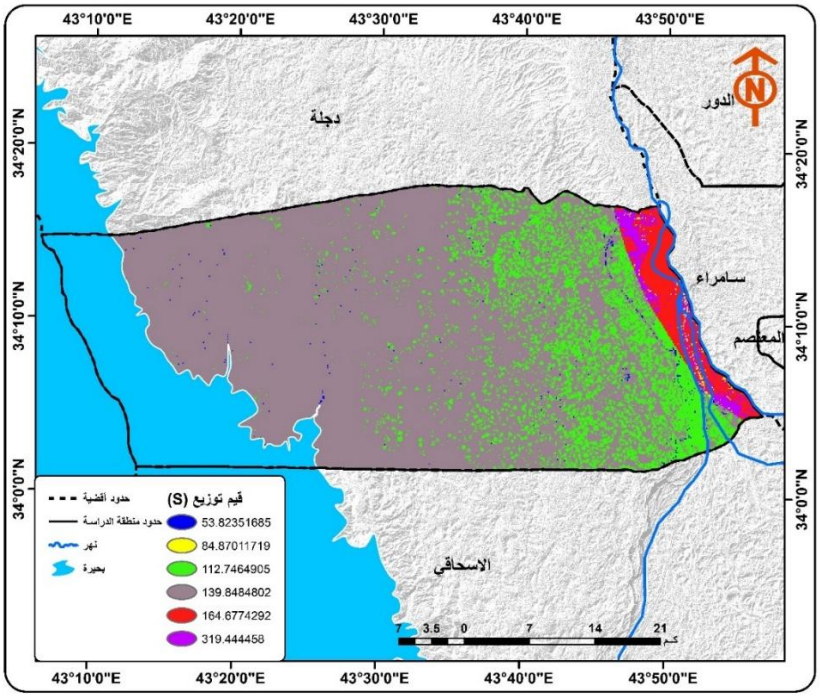
وبما أن مدخلات البيانات في هذه الدراسة مقاسة بوحدات النظام المتري، فقد جرى تعديل المعادلة السابقة لتتلاءم مع القياسات بالمليمتر، وذلك بضرب الثوابت في عامل التحويل (25.4)، لتأخذ المعادلة الصيغة التالية:

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

وتُظهر نتائج التحليل المكاني، كما هو موضح في جدول () وخريطة ()، أن القيم المنخفضة لمعامل الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء (S) تشغل مساحات واسعة من منطقة الدراسة، وهو ما يدل على محدودية قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه وارتفاع معدلات الجريان السطحي. ويُعزى

ذلك إلى طبيعة استخدامات الأرض السائدة، ولا سيّما انتشار الأراضي الجرداء ذات النفاذية المنخفضة، فضلًا عن ضعف الغطاء النباتي، الأمر الذي يجعل المنطقة أكثر عرضة لحدوث السيول خلال العواصف المطرية الغزيرة، ويعزّز عمليات الحت والتعرية ونقل الرواسب.

الخريطة (7) قيم معامل (S) المحسوبة لمنطقة الدراسة



(S، Arc gis 10.8)

جدول (8) قيم (S) ونسبتها المئوية في منطقة الدراسة

ت	قيم توزيع (S)	النسبة %
1	139.85	16.0%
2	112.75	12.9%
3	53.82	6.1%
4	164.68	18.8%
5	319.44	36.5%
6	84.87	9.7%
المجموع	875.41	100%

المصدر: بالاعتماد على خريطة (7)

اثنا عشر: حساب معامل الاستخلاص الاولي (Ia):

يمثل معامل الاستخلاص الأولي (Ia) كمية مياه الأمطار المفقودة قبل بدء الجريان السطحي، ويشمل ذلك الفواقد الناتجة عن التسرب الأولي، والتبخر والنتح، إضافة إلى المياه التي تعترضها النباتات أو تتجمع في المنخفضات السطحية. ويعكس هذا المعامل المرحلة التي تسبق تشكّل الجريان، حيث لا يبدأ الجريان السطحي فعليًا إلا بعد تجاوز كمية الهطول لقيمة (Ia) (الشريفي، 2018، 371).

ويرتبط معامل الاستخلاص الأولي ارتباطًا مباشرًا بمعامل الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء (S)، ويُحسب وفقًا لطريقة SCS–CN باستخدام العلاقة (Sharma & Singh,1992 ,41) :

$$La = 0.2s$$

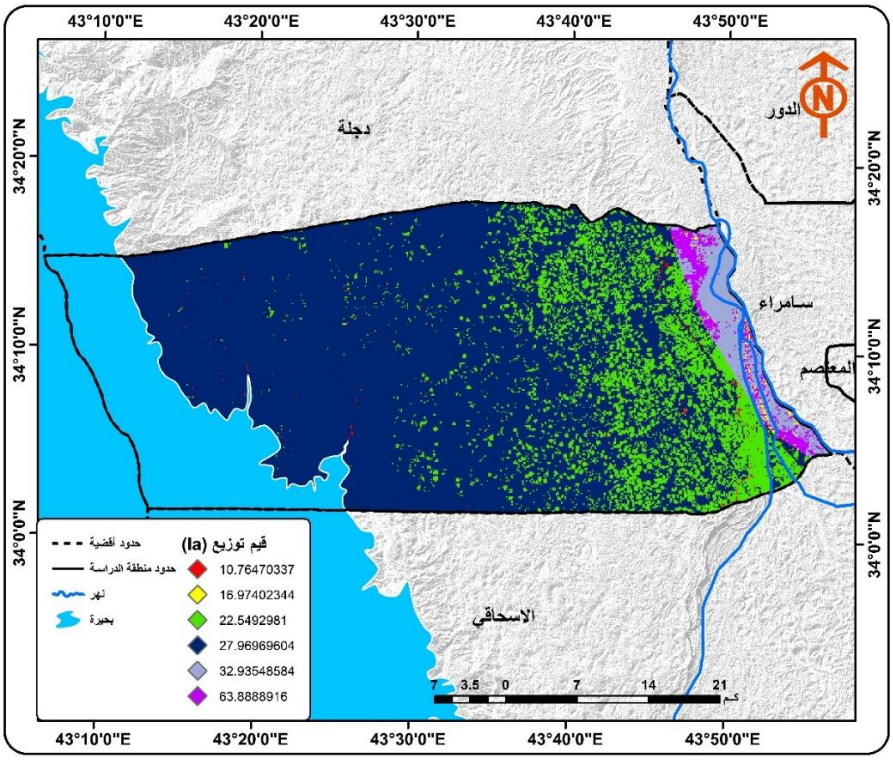
La = معامل الاستخلاص الاولي لمياه الامطار

S = معامل حساب الامكانية القصوى للاحتفاظ بالماء

وتشير القيم المنخفضة لـ (Ia) إلى أن كمية المياه المفقودة قبل بدء الجريان قليلة، مما يعني سرعة تشكّل الجريان السطحي عند حدوث الهطول المطري. في المقابل، تدل القيم المرتفعة على زيادة كمية المياه المفقودة، وبالتالي تأخر بدء الجريان السطحي وانخفاض حجمه النسبي.

تُظهر نتائج جدول (9) توزيع قيم (Ia) وخريطة (8)، تباينًا مكانيًا واضحًا داخل منطقة الدراسة. إذ سُجلت أعلى قيمة للاستخلاص الأولي (63.89 ملم) بنسبة بلغت 36.5% من المساحة الكلية، وهي تمثل النسبة الأكبر، مما يشير إلى أن جزءًا واسعًا من المنطقة يتمتع بقدرة نسبية على فقد كمية ملحوظة من مياه الأمطار قبل بدء الجريان السطحي، وبالتالي تأخر تشكّل الجريان في تلك الأجزاء. في المقابل، ظهرت القيم المنخفضة مثل (10.76 ملم) بنسبة 6.1% فقط، وهي تعكس مناطق محدودة تتصف بسرعة بدء الجريان السطحي نتيجة انخفاض الفواقد الأولية. كما توزعت بقية القيم المتوسطة (16.97، 22.55، 27.97، 32.94 ملم) بنسب متفاوتة، ما يدل على تنوع خصائص التربة والغطاء الأرضي وتأثيرها في كمية الفواقد الأولية قبل تشكّل الجريان. ويُستنتج من ذلك أن السلوك الهيدرولوجي لمنطقة الدراسة يتراوح بين مناطق ذات فقد أولي مرتفع نسبيًا وأخرى منخفضة، الأمر الذي يؤدي إلى اختلاف في سرعة وحجم الجريان السطحي المتولد أثناء العواصف المطرية، تبعًا للتباين المكاني في خصائص التربة واستعمالات الأرض.

الخريطة (8) قيم معامل (Ia) المحسوبة لمنطقة الدراسة



(Arc gis 10.8 ،Ia)

جدول (9) قيم (Ia) ونسبتها المئوية في منطقة الدراسة

ت	قيم توزيع (Ia)	النسبة %
1	27.97	16.0%
2	22.55	12.9%
3	10.76	6.1%
4	32.94	18.8%
5	63.89	36.5%
6	16.97	9.7%
المجموع	175.08	100%

(بالاعتماد على خريطة 8)

ثلاث عشر: تقدير عمق الجريان السطحي (Q):

يُقصد بعمق الجريان السطحي (Q) كمية المياه التي تتحول إلى تدفق سطحي فوق الأرض عقب هطول الأمطار، ويُعد ناتجًا مباشرًا للتفاعل بين خصائص العاصفة المطرية وخصائص حوض التصريف الطبيعي. ويتحدد هذا العمق من خلال الفرق بين كمية الهطول المطري الكلية وكميات المياه المفقودة نتيجة التسرب والتجمع السطحي والاعتراض النباتي، والتي تتأثر بعدة عوامل، من

أبرزها نفاذية التربة، وكثافة الغطاء النباتي، وانحدار سطح الأرض، فضلًا عن كمية الأمطار وشدتها (النفيعي، 2010، 115).

ووفقًا لنموذج هورتون (Horton infiltration model)، فإن القدرة التسريبية للتربة لا تبقى ثابتة أثناء الهطول المطري، بل تبدأ بقيم مرتفعة في المراحل الأولى ثم تنخفض تدريجيًا لتصل إلى قيمة شبه ثابتة بعد فترة زمنية تتراوح بين نصف ساعة إلى ثلاث ساعات تقريبًا. وخلال المراحل الأولى من الهطول يكون التسرب مرتفعًا، مما يقلل من احتمالية تشكّل الجريان السطحي، إلا أنه مع استمرار الهطول وتشبع التربة وانخفاض القدرة التسريبية، تزداد فرص حدوث الجريان السطحي بشكل ملحوظ (صالح، 1999، 34).

وقد جرى تقدير عمق الجريان السطحي في هذه الدراسة بالاعتماد على أعلى عاصفة مطرية مسجلة، ووفق معادلة SCS–CN الآتية (1014، 2012, Soulis & Valiantzas):

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

Q = عمق الجريان السطحي.

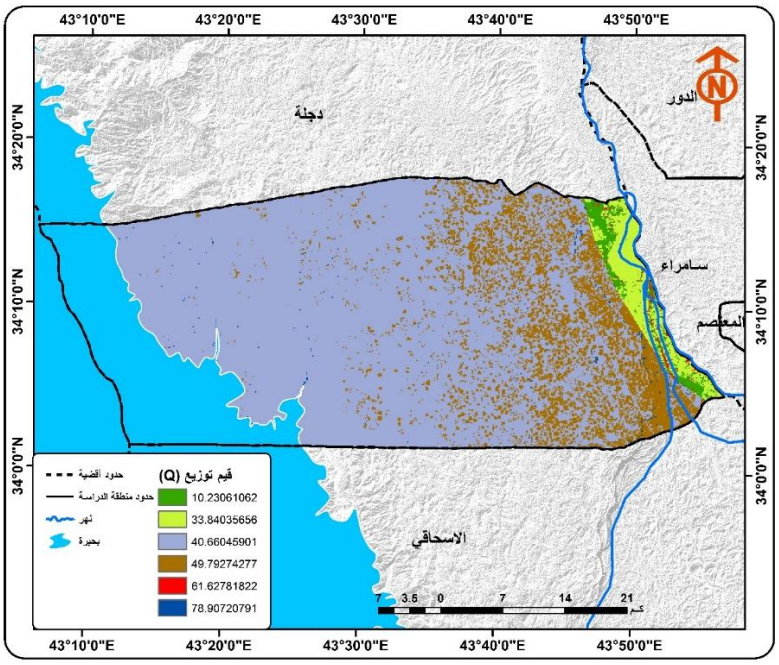
P = كمية الأمطار المتساقطة.

Ia = معامل الاستخلاص الأولي لمياه الأمطار.

S = معامل الإمكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالماء.

تُظهر نتائج جدول (10) توزيع قيم عمق الجريان السطحي (Q) وخريطة (9)، تباينًا مكانيًا واضحًا في كميات الجريان المتولدة داخل منطقة الدراسة. إذ سجّلت القيمة (78.91 ملم) أعلى عمق للجريان السطحي، وشغلت النسبة الأكبر من المساحة بلغت 28.7%، ما يشير إلى أن جزءًا واسعًا من المنطقة يمتلك قابلية مرتفعة لتوليد الجريان السطحي أثناء العواصف المطرية الشديدة. كما ظهرت القيمة (61.63 ملم) بنسبة 22.4%، تليها القيمة (49.79 ملم) بنسبة 18.1%، وهي تمثل مناطق ذات جريان سطحي متوسط إلى مرتفع، مما يعكس تأثير خصائص التربة والغطاء الأرضي في تقليل الفواقد الأولية وزيادة حجم المياه المتدفقة على السطح. في المقابل، سجلت القيم المنخفضة مثل (10.23 ملم) نسبة محدودة بلغت 3.7% فقط، مما يدل على وجود مناطق ذات قدرة أعلى على امتصاص مياه الأمطار أو انخفاض في شدة الجريان المتولد فيها. كما توزعت القيم المتوسطة الأخرى (33.84 و40.66 ملم) بنسب 12.3% و14.8% على التوالي، وهو ما يعكس تنوع الاستجابة الهيدرولوجية داخل منطقة الدراسة. وبصورة عامة، يتضح أن غالبية مساحة المنطقة تقع ضمن نطاق القيم المتوسطة إلى المرتفعة لعمق الجريان السطحي، مما يشير إلى قابلية واضحة لتوليد كميات معتبرة من الجريان خلال العواصف المطرية، وهو ما يُعد عاملًا مهمًا عند التخطيط لمشاريع الحصاد المائي أو تقييم مخاطر السيول والحت.

الخريطة (9) قيم معامل (Q) في منطقة الدراسة



(Arc gis 10.8 ،Q)

جدول (10) قيم (Q) ونسبتها المئوية في منطقة الدراسة

ت	قيم توزيع (Q)	النسبة %
1	40.66	14.8%
2	49.79	18.1%
3	78.91	28.7%
4	33.84	12.3%
5	10.23	3.7%
6	61.63	22.4%
المجموع	275.06	100.0%

(بالاعتماد على الخريطة 9)

أربعة عشر: تقدير حجم الجريان السطحي (QV):

يمثل حجم الجريان السطحي (QV) الكمية الكلية من المياه المتولدة نتيجة الجريان السطحي ضمن مساحة الحوض، ويُعد ناتجًا مباشرًا لعمق الجريان السطحي مضروبًا في مساحة منطقة الدراسة. وترتبط قيمة حجم الجريان ارتباطًا وثيقًا بعمق الجريان (Q)، إذ كلما ازداد العمق ازداد الحجم الكلي للمياه المتدفقة على سطح الحوض.

وتكمن أهمية تقدير حجم الجريان السطحي في كونه مؤشرًا أساسًا في الدراسات الهيدرولوجية، ولا سيما في المناطق ذات المناخ الجاف أو شبه الجاف، حيث تُعد الموارد المائية محدودة وتعتمد بدرجة كبيرة على مياه الأمطار الموسمية. كما يُعد هذا الحجم عنصرًا جوهريًا في التخطيط لمشاريع الحصاد المائي، وإنشاء السدود والخزانات، وتقدير مخاطر الفيضانات المحتملة، فضلًا عن تأثيره في نقل الرواسب ونوعية المياه (النفيعي، 2010، 134).

وقد تم تقدير حجم الجريان السطحي في منطقة الدراسة باستخدام المعادلة الآتية:

$$QV = Q\frac{\mathrm{A}}{1000}$$

حيث إن:

QV = حجم الجريان السطحي.

Q = عمق الجريان السطحي.

A = مساحة منطقة الدراسة.

1000 = معامل تحويل لضمان أن تكون النتائج بوحدة المتر المكعب.

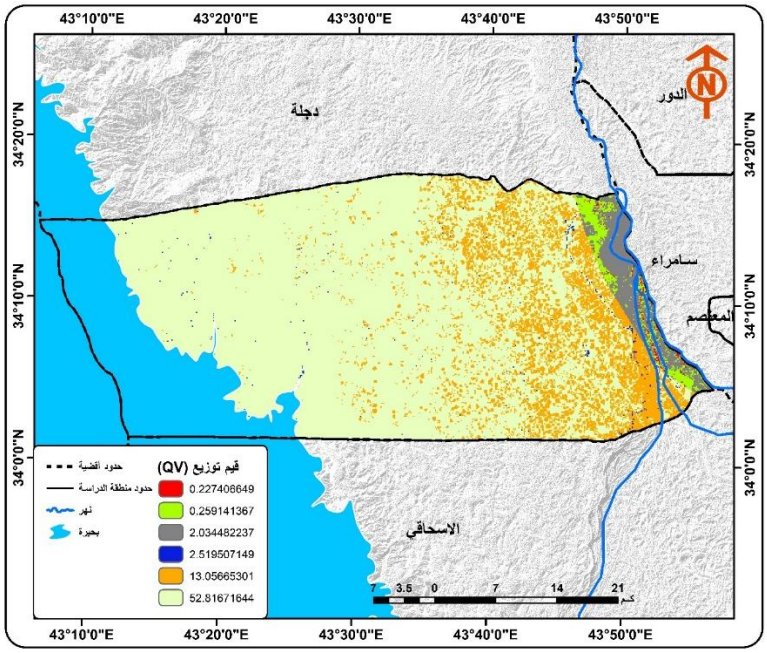
وتُعد هذه العلاقة الحسابية امتدادًا مباشرًا لنتائج عمق الجريان السطحي، إذ تسمح بتحويل القيم النظرية للعمق إلى تقدير كمي فعلي لحجم المياه الممكن اســـتثماره أو المتوقع تصـــريفه خلال العواصف المطرية.

تُبيّن نتائج جدول (11) توزيع قيم حجم الجريان السطحي (QV) وخريطة (10) توزيعه تركزًا واضحًا للحجوم المرتفعة للجريان في أجزاء واسعة من منطقة الدراسة. إذ سجّلت الفئة الأعلى بقيمة (52.82) النسبة الأكبر من إجمالي حجم الجريان السطحي، حيث بلغت 74.5%، وهو ما يدل على أن القسم الأعظم من المياه المتولدة عن الجريان السطحي يتركز في هذه المناطق، نتيجة ارتفاع قيم عمق الجريان السطحي وارتباطها بخصائص التربة واستخدامات الأرض السائدة.

كما ظهرت الفئة الثانية بقيمة (13.06) بنسبة 18.4%، وهي تمثل مناطق ذات حجم جريان متوسط، وتشير إلى استمرار قدرة الحوض على توليد كميات معتبرة من الجريان السطحي، وإن كانت أقل من الفئة الرئيسة. في المقابل، توزعت القيم المنخفضة لحجم الجريان السطحي (2.52، 2.03، 0.26، 0.23) على نسب محدودة مجتمعة، لم تتجاوز 7.2% من إجمالي الحجم، مما يدل على أن مساهمة هذه المناطق في حجم الجريان السطحي الكلي ضعيفة نسبيًا.

ويُستنتج من ذلك أن حجم الجريان السطحي في منطقة الدراسة يتسم بعدم التجانس المكاني، مع هيمنة واضحة لفئة واحدة مسؤولة عن معظم الجريان المتولد، الأمر الذي يعكس التأثير التراكمي لقيم عمق الجريان (Q) ومعاملات CN وS وIa. وتبرز هذه النتائج الأهمية الهيدرولوجية لتلك المناطق في التخطيط لمشاريع الحصاد المائي وتحديد المواقع الأكثر ملاءمة لإنشاء المنشآت المائية أو إدارة مخاطر السيول.

الخريطة (10) قيم معامل (QV) في منطقة الدراسة



(Arc gis 10.8 ، QV)

جدول (11) قيم (QV) ونسبتها المئوية في منطقة الدراسة

ت	قيم توزيع (QV)	النسبة %
1	52.82	74.5%
2	13.06	18.4%
3	2.52	3.6%
4	2.03	2.9%
5	0.26	0.4%
6	0.23	0.3%
المجموع	70.91	100%

(بالاعتماد على خريطة 10)

الاستنتاجات

1- تمتلك ناحية الثرثار قابلية عالية لتوليد الجريان السطحي نتيجة سيادة القيم المتوسطة إلى المرتفعة لرقم المنحنى (CN)، مما يعكس انخفاض نفاذية التربة.

2- تسهم سيادة الترب من المجموعة الهيدرولوجية (B) في تعزيز تكوّن الجريان السطحي خلال العواصف المطرية، مما يزيد من إمكانات تجميع المياه.

3- أظهرت نتائج عمق الجريان السطحي (Q) وحجمه (QV) وجود تباين مكاني مع سيطرة القيم المتوسطة إلى المرتفعة، مما يدل على توفر كميات مائية يمكن استثمارها.

4- تتركز كميات الجريان السطحي في مناطق محددة داخل الحوض، ما يجعلها مواقع مناسبة لإنشاء منشآت حصاد المياه.

5- يُعدّ نموذج (SCS-CN) أداة فعّالة في تقدير الجريان السطحي، ويوفّر أساسًا علميًا لتخطيط مشاريع الحصاد المائي في البيئات الجافة.

المصادر

1. الباحث. اعتماداً على معادلة(Ia) ، ومخرجات برنامج.ArcGIS 10.8
2. الباحث. اعتماداً على معادلة(Q) ، ومخرجات برنامج.ArcGIS 10.8
3. الباحث. اعتماداً على معادلة(QV) ، ومخرجات برنامج.ArcGIS 10.8
4. الباحث. اعتماداً على معادلة(S) ، ومخرجات برنامج.ArcGIS 10.8
5. الباحث. إعداد بالاعتماد على بيانات الغطاء الأرضي، خرائط المجموعات الهيدرولوجية للتربة(SCS) ، بيانات الارتفاعات الرقمية(DEM) ، باستخدام برنامج ArcGIS 10.4.1، وتطبيق طريقة SCS-CN لاشتقاق قيم.AMC-I
6. الباحث. إعداد بالاعتماد على بيانات الغطاء الأرضي، خرائط المجموعات الهيدرولوجية للتربة(SCS) ، بيانات الارتفاعات الرقمية(DEM) ، باستخدام برنامج ArcGIS 10.4.1، وتطبيق طريقة SCS-CN لاشتقاق قيم.AMC-III
7. البيواتي، أحمد علي حسن. (2010). حصاد المياه في حوض وادي صبنه الغربي في دهوك: دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية. المؤتمر الوطني الجغرافي الأول، بغداد، 575-576.
8. حسون، إيمان شهاب .(2016) .*هيدروجيومورفولوجية حوض وادي أبو مريس في محافظة المثنى وأثره في التنمية الاقتصادية* (رسالة ماجستير غير منشورة). كلية الآداب، جامعة بغداد، 260.
9. الخرابشة، عاطف. (2000). تطوير مصادر المياه في الأردن .*المجلة العربية لإدارة مياه الري، 1*، الخرطوم.
10. خريطة محافظة صلاح الدين. (د.ت) .*خريطة إدارية*، مقياس 250000/1.
11. الشريفي، علي محسن كامل، &العبادي، زهراء مهدي عبد الرضا. (2018). بناء نموذج الجريان السطحي لحوض وادي مزعل بطريقة .SCS-CN *مجلة القادسية للعلوم الإنسانية.*
12. صالح، أحمد سالم .(1999) .*السيول في الصحاري نظرياً وعملياً* .القاهرة: دار الكتاب الحديث،.
13. عز الدين، محمد، &السليم، رشا محمد سامي. (2012). تقدير حجم الجريان السطحي والترسبات لجابية شمال العراق لأغراض حصاد المياه باستخدام نظم المعلومات الجغرافية . *مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية.*

14. القيسي، حاضر ظاهر، محمد، رقية أحمد أمين، &محمود، بشير فرحان. (2019). تحليل معطيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تقدير الجريان السطحي لاختيار موقع حصاد المياه: حوض جمجمال – العراق حالة طبيعية .*مجلة الفنون والأدب وعلوم الإنسان والاجتماع*.
15. الكناني، حيدر محمد حسن .(2021) .*تقدير الجريان السطحي والحمولة المائية لحوض أبو غار في جنوب غرب العراق باستخدام تقنيات RS و GIS*(أطروحة دكتوراه غير منشورة). كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة البصرة.
16. محمد، رقية أحمد، &محمود، لازم محمد. (2019). حصاد المياه وآليات استثماره في منطقة غرب دجلة بين الفتحة وتكريت باستخدام معطيات التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية .*مجلة آداب الفراهيدي، 3*، جامعة تكريت.
17. منظمة الأغذية والزراعة العالمية .(FAO) د.ت .*مخرجات برنامج ARC*.
18. المنظمة العربية للتنمية الزراعية .(1970) .*الدورة التدريبية القومية في مجال تطوير تقانات حصاد المياه لمقاومة الجفاف* .جامعة الدول العربية.
19. النفيعي، هيفاء محمد .(2010) .*تقدير الجريان السطحي ومخاطرة السيلية في الحوض الأعلى لوادي عرنة شرق مكة المكرمة بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية* (رسالة ماجستير غير منشورة). كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى.
20. النفيعي، هيفاء محمد. (2010). تقدير الجريان السطحي ومخاطرة السيلية في الحوض الأعلى لوادي عرنة شرق مكة المكرمة بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. جامعة أم القرى، كلية العلوم الاجتماعية، المملكة العربية السعودية.
21. الهيئة العامة للمساحة .(2014) .*خريطة العراق الإدارية*، مقياس 1/1000000. بغداد.

References

1. Gorantla, S. S., & Kumar, Y. Y. (2020). Surface runoff estimation using RS and GIS – A case study of Swarnamukhi River, India. *International Journal of Science and Research, 9*(5), 781.
2. Sharma, K. D., & Singh, S. (1992). Runoff estimation using Landsat thematic mapper data and the SCS model. *Hydrological Sciences Journal, 37*(1–2), 41.
3. Singh, V. P., & Frevert, D. K. (2006). *Watershed models*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 364.
4. Soulis, K. X., & Valiantzas, J. D. (2012). SCS-CN parameter determination using rainfall–runoff data in heterogeneous watersheds: The two-CN system approach. *Hydrology and Earth System Sciences.*
5. Researcher. Based on equation (Ia), and outputs of ArcGIS 10.8.
6. Researcher. Based on equation (Q), and outputs of ArcGIS 10.8.
7. Researcher. Based on equation (QV), and outputs of ArcGIS 10.8.
8. Researcher. Based on equation (S), and outputs of ArcGIS 10.8.
9. Researcher. Prepared based on land cover data, soil hydrological group maps (SCS), digital elevation data (DEM), using ArcGIS 10.4.1, and applying the SCS-CN method to derive AMC-I values.
10. Researcher. Prepared based on land cover data, soil hydrological group maps (SCS), digital elevation data (DEM), using ArcGIS 10.4.1, and applying the SCS-CN method to derive AMC-III values.
11. Al-Bayati, Ahmed Ali Hassan. (2010). Water harvesting in the western basin of Wadi Sabnah in Duhok: A study in applied geomorphology. The First National Geographic Conference, Baghdad, pp. 575–576.
12. Hassoun, Iman Shihab. (2016). Hydro-geomorphology of Wadi Abu Muraiss Basin in Al-Muthanna Governorate and its impact on economic development (Unpublished Master's Thesis). College of Arts, University of Baghdad, p. 260.
13. Al-Kharabsheh, Atef. (2000). Development of water resources in Jordan. Arab Journal of Irrigation Water Management, 1, Khartoum.
14. Salah al-Din Governorate Map. (n.d.). Administrative map, scale 1/250000.
15. Al-Sharifi, Ali Mohsen Kamel, & Al-Abadi, Zahraa Mahdi Abdul Ridha. (2018). Building a surface runoff model for Wadi Mazael Basin using the SCS-CN method. Al-Qadisiyah Journal for Human Sciences.
16. Saleh, Ahmed Salem. (1999). Floods in deserts: Theoretical and practical. Cairo: Dar Al-Kitab Al-Hadith.
17. Ezz Al-Din, Mohammed, & Al-Saleem, Rasha Mohammed Sami. (2012). Estimation of surface runoff and sediment volume for

Jabiyah in northern Iraq for water harvesting purposes using GIS. Damascus University Journal for Engineering Sciences.

18. Al-Qaisi, Hadher Dhaher, Mohammed, Ruqaya Ahmed Amin, & Mahmoud, Basheer Farhan. (2019). Analysis of remote sensing and GIS data in estimating surface runoff to select water harvesting sites: Jamejamal Basin – Iraq as a case study. Journal of Arts, Literature, Humanities and Social Sciences.
19. Al-Kinani, Haider Mohammed Hassan. (2021). Estimation of surface runoff and water load for Abu Ghar Basin in southwestern Iraq using RS and GIS techniques (Unpublished PhD Dissertation). College of Education for Human Sciences, University of Basra.
20. Mohammed, Ruqaya Ahmed, & Mahmoud, Lazim Mohammed. (2019). Water harvesting and its investment mechanisms in the area west of the Tigris between Al-Fathah and Tikrit using remote sensing and GIS data. Al-Farahidi Journal of Arts, 3, University of Tikrit.
21. Food and Agriculture Organization (FAO). (n.d.). ARC program outputs.
22. Arab Organization for Agricultural Development. (1970). National training course on developing water harvesting technologies to combat drought. League of Arab States.
23. Al-Nafie, Haifa Mohammed. (2010). Estimation of surface runoff and flood risk in the upper basin of Wadi Arnah east of Mecca using remote sensing and GIS (Unpublished Master's Thesis). College of Social Sciences, Umm Al-Qura University.
24. Al-Nafie, Haifa Mohammed. (2010). Estimation of surface runoff and flood risk in the upper basin of Wadi Arnah east of Mecca using remote sensing and GIS. Umm Al-Qura University, College of Social Sciences, Kingdom of Saudi Arabia.
25. General Commission for Survey. (2014). Administrative map of Iraq, scale 1/1000000. Baghdad.