

التحليل المكاني لتقدير حجم الجريان السطحي باستخدام CN و SCS لحوض وادي بالاك شرقي محافظة واسط (باستخدام RS& GIS

م.د ماجد راضي حسين القرشي
كلية التربية الاساسية / جامعة واسط
Majid.Radi@uowasit.edu.iq

الخلاصة :

يهدف البحث إلى تحليل الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي بالاك شرقي محافظة واسط، وتقدير حجم الجريان السطحي باستخدام نموذج (CN-SCS) بالاعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS). تم توظيف بيانات الغطاء الأرضي والتربة والارتفاعات والأمطار لتحليل التباين المكاني للجريان السطحي داخل الحوض. أظهرت النتائج سيادة القيم المتوسطة إلى المرتفعة لمنحنى الجريان، مما يعكس انخفاض نفاذية التربة وزيادة قابلية توليد الجريان. كما بينت قيم عمق الجريان السطحي (Q) وحجمه (QV) وجود تباين مكاني واضح، حيث تسود القيم المنخفضة إلى المتوسطة مع تركيز محدود للقيم المرتفعة. وأكدت النتائج أن الحوض يمتلك قابلية متوسطة إلى عالية لإنتاج الجريان السطحي، مما يوفر فرصاً واعدة لتطبيق تقنيات الحصاد المائي في ظل الظروف المناخية الجافة وشبه الجافة. ويوصي البحث بضرورة اعتماد التخطيط المائي المستند إلى التحليل المكاني للحد من مخاطر السيول وتعزيز استدامة الموارد المائية.

الكلمات المفتاحية: الجريان السطحي، نموذج CN-SCS، نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، الاستشعار عن بعد (RS)، الحصاد المائي، وادي بالاك.

Spatial Analysis for Estimating Surface Runoff Volume Using the CN–SCS Model for Wadi Balak Basin, Eastern Wasit Governorate, Using RS & GIS

Asst. Prof. Dr. Majid Radi Hussein Al-Quraishi
University of Wasit / College of Basic Education
Majid.Radi@uowasit.edu.iq

Abstract

This study aims to analyze the hydrological characteristics of Wadi Balak Basin, located Eastern Wasit Governorate, and to estimate surface runoff volume using the CN–SCS model based on Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) techniques. Land cover, soil, elevation, and rainfall data were integrated to examine the spatial variability of surface runoff within the basin. The results indicate the predominance of moderate to high Curve Number (CN) values, reflecting low soil permeability and a high potential for runoff generation. Furthermore, the findings reveal a clear spatial variation in both runoff depth (Q) and runoff volume (QV), with low to moderate values dominating, while high values are spatially limited. Overall, the basin demonstrates a moderate to high capability for generating surface runoff, highlighting its potential for water harvesting applications under arid and semi-arid climatic conditions. The study recommends adopting spatially based water management planning to mitigate flood risks and enhance the sustainability of water resources.

Keywords: Surface runoff, CN–SCS model, GIS, Remote Sensing (RS), Water harvesting, Wadi Balak Basin

المقدمة :

يُعد الجريان السطحي أحد المكونات الرئيسية في الدورة الهيدرولوجية، إذ يمثل الجزء من مياه الأمطار الذي لا يتسرب إلى التربة ولا يُفقد بالتبخّر، بل يتدفق فوق سطح الأرض نحو المجاري المائية. وتزداد أهمية دراسة هذه الظاهرة في البيئات الجافة وشبه الجافة، ولا سيما في العراق، حيث تتسم الأمطار بالتذبذب الزمني والمكاني، فضلاً عن تزايد حالات الهطول المطري الشديد المرتبطة بالتغيرات المناخية، مما ينعكس في ارتفاع مخاطر الفيضانات والسيول.

وفي ظل التطور التقني المتسارع، أصبحت نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات الاستشعار عن بعد (RS) أدوات فعّالة في تحليل الظواهر الهيدرولوجية وتمثيلها مكانياً بدقة عالية. ويُعد نموذج خدمة حفظ التربة الأمريكية (SCS-CN) من النماذج الهيدرولوجية المعتمدة على خصائص الحوض المائي، إذ يربط بين كمية الأمطار وخصائص التربة واستخدامات الأرض لتقدير حجم الجريان السطحي. وانطلاقاً من ذلك، تسعى هذه الدراسة إلى توظيف التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لتطبيق نموذج (SCS-CN) في تقدير الجريان السطحي لحوض وادي بالاك شرقي محافظة واسط، بما يسهم في تعزيز الفهم المكاني لتوزيع الجريان وتحديد المناطق الأكثر عرضة لمخاطره.

أولاً: مشكلة البحث

كيف يمكن توظيف نموذج (SCS-CN) المدمج مع تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تقدير حجم الجريان السطحي بدقة مكانية لحوض وادي بالاك شرقي محافظة واسط؟

ثانياً: فرضية البحث

ينطلق البحث من فرضية مفادها أن التكامل بين نموذج (SCS-CN) وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد يتيح تقديراً مكانياً دقيقاً لحجم الجريان السطحي، ويسهم في تحديد التباين المكاني لمناطقه ضمن حوض وادي بالاك.

ثالثاً: هدف البحث

يهدف البحث إلى تحليل العوامل الطبيعية المؤثرة في الجريان السطحي داخل الحوض وتقدير حجم الجريان السطحي باستخدام نموذج (SCS-CN) فضلاً عن توظيف تقنيات GIS و RS في معالجة وتحليل البيانات المكانية وبالتالي إنتاج خرائط مكانية لتوزيع الجريان السطحي وتحديد المناطق الأكثر عرضة لمخاطر الجريان ضمن منطقة الدراسة

رابعاً: أهمية البحث

تتبع أهمية البحث من دوره في تقدير الجريان السطحي في البيئات الجافة، بما يسهم في دعم إدارة الموارد المائية والحد من مخاطر السيول، فضلاً عن إبراز كفاءة توظيف تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في التحليل الهيدرولوجي المكاني، وتوفير قاعدة علمية يمكن الاستفادة منها في الدراسات المستقبلية والتخطيط البيئي.

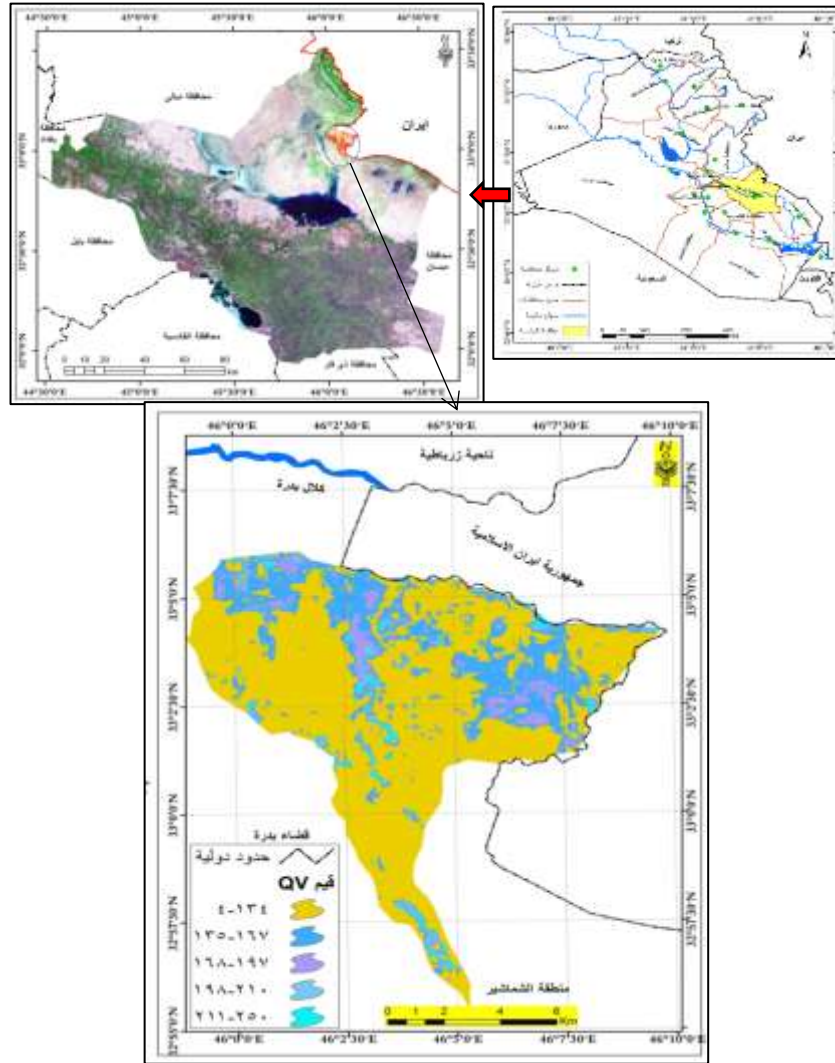
خامساً: منهجية البحث

اعتمد البحث على المنهج التحليلي المكاني باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS)، من خلال توظيف بيانات الارتفاع والأمطار والتربة واستخدامات الأرض، وتطبيق نموذج (SCS-CN) لتقدير الجريان السطحي، وصولاً إلى إنتاج خرائط مكانية تبين توزيعه ضمن حوض وادي بالاك.

سادساً: موقع منطقة الدراسة

يقع حوض وادي بالاك شرقي محافظة واسط ضمن الإحداثيات الفلكية التي تمتد بين دائرتي عرض $32^{\circ}55'05''$ إلى $33^{\circ}07'30''$ شمالاً، وبين خطي طول $46^{\circ}01'05''$ إلى $46^{\circ}10'05''$ شرقاً. يقع الوادي بين نهر الجباب وكلال بدرة شرق محافظة واسط إذ يحده من الشمال قضاء بدرة ومن الجنوب ناحية شيخ سعد ومن الشرق إيران ومن الغرب قضاء الكوت تبلغ مساحة الوادي (63.33) كم² وبطول بلغ (17.76) كم وبعرض بلغ (7.25) كم وبمعدل انحدار بلغ (5.34) م/كم، ينظر الخريطة (1).

خريطة (1) موقع وادي بالاك من محافظة واسط



المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على المرئية الفضائية للقم الصناعي الأمريكي (Land sat OLA 8) بتاريخ 2025/3/28، وتقنيات برنامج Arc Map 10.8.2

المبحث الثاني

الخصائص الهيدرولوجية اعتماداً على طريقة SCS في وادي بالاك

تنتشع التربة بالماء بعد تساقط مطري غزير في وقت قصير حينها تمتليء المسامات في التربة، وتنخفض معدلات التسرب المائي فيها، لذا تتدفق المياه على المنحدرات نحو المناطق الأقل ارتفاعاً فتتولد امكانية حصاد تلك المياه في المنطقة، وبذلك يتم تحليل الخصائص الهيدرولوجية التي لها دور في تكوينها وذلك باستخدام طريقة (SCS).

1- طريقة منحني الجريان السطحي

هناك طرائق عدة لتقدير الجريان السطحي ومن اهمها طريقة صيانة التربة (Soil conservation Service) وقد تسمى اختصاراً (SCS) التابعة لإدارة الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية، لاقى أسلوب (SCS-CN) بقبول واسع في الولايات المتحدة الأمريكية اذ تعد من أدق الطرق وأكثرها شيوعاً لحساب حجم الجريان السطحي⁽¹⁾. تعتمد هذه الطريقة على نوع الغطاء الارضي وخصائص التربة وأستعمالها مثل نوع التربة ومدى تفاعلها مع كمية الأمطار الساقطة، واستعمالات الارض، والحالة الهيدرولوجية للتربة وهي الحالة المسبقة لرطوبة التربة، والتي لها تأثير مباشر على الجريان المائي، وقد بدأ الكثير من الهيدرولوجيين تطوير تقنيات الجريان السطحي منهم Sherman and Andrews اذ ساهما في تطوير اجراءات كثيرة لتقدير الجريان المباشر من عاصفة مطرية⁽²⁾.

تم تطبيق هذه الطريقة باستخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية (ArcGis10.8) وتقنيات الاستشعار عن بعد، وهي تتطلب مراحل عدة من المعادلات والاجراءات، والصيغة الرياضية المعتمدة لقياس منحني الجريان بحسب (USDA). وتم الاعتماد هنا على قياس حجم الجريان السطحي على الطريقة التي طورتها صيانة التربة التابعة إلى ادارة الزراعة في الولايات المتحدة الامريكية وهي (Soil Conservation Service)، وتتم هذه الطريقة من خلال بناء نموذج منحني بطريقة (SCS-CN)، واعتمد على برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، من اجل التوصل إلى نتائج اكثر دقة، ويتطلب الوصول إلى تلك النتائج المرور بالعديد من المراحل وتطبيق المعادلات الرياضية بالشكل التالي⁽³⁾:

$$Q = \frac{(p-la)^2}{(p-la)+s} \dots\dots\dots(1)$$

=Q عمق الجريان السطحي (بالبوصة)

=P كمية الامطار الساقطة (بوصة)

=La الاعتراضات الاولية قبل بدء الجريان السطحي كالتسرب والتبخر

=S التجمع السطحي الاقصى بعد بداية الجريان السطحي (بوصة)

- وحددت قيمة La بما يعادل خمس قيمة S وتم حسابها كالتالي :-

$$la = 0.25 \dots\dots\dots(2)$$

- ومن اجل حساب قيمة S تطبق المعادلة التالية :-

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

وكانت المدخلات بالبوصة ولكن يجب صياغة المعادلة بالمقاييس المترية ، إذ تضرب

الارقام التي توجد بالمعادلة السابقة في (4.24) ليتم تحويلها إلى المليمتر وتكون المعادلة بالشكل التالي :-

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

- ولاستخراج حجم الجريان السطحي تم تطبيق المعادلة التالية :-

$$QV = (Q * A / 1000) \dots \dots \dots (5)$$

إذ ان :-

QV=حجم الجريان السطحي (م³/سنة)

Q=عمق الجريان السطحي (ملم)

A=مساحة المنطقة (كم²) ويتم استعاضتها بال (9000 م²) والتي تمثل حجم الخلية وذلك من اجل حساب حجم الجريان على مستوى الخلية .

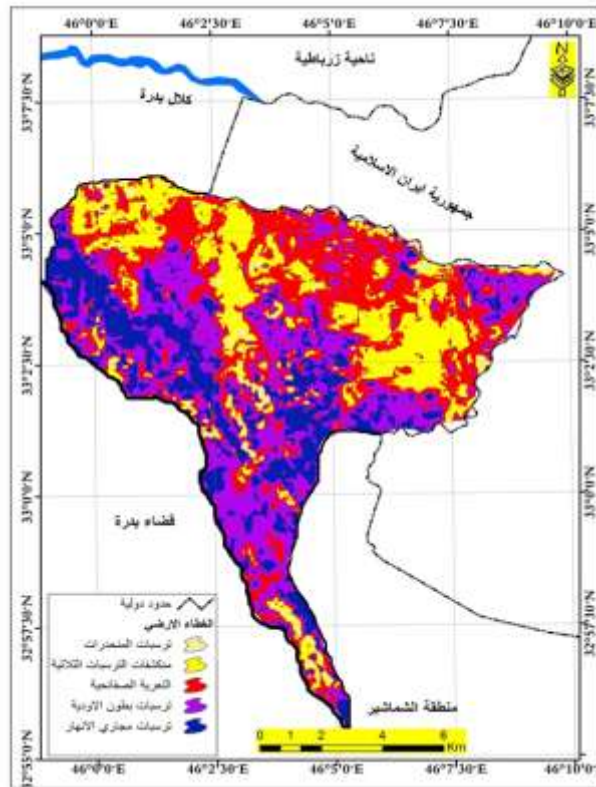
100 = معامل تحويل للتأكد من ان النتائج النهائية بال م³ .

لاجل استخلاص قيم منحني الجريان (CN) في منطقة الدراسة ومن ثم تقدير حجم الجريان السطحي الذي تشكله السيول خلال مدة الشدة المطرية وتحقيق تنمية مستدامة للموارد المائية لابد تحليل الاتي:

2- تصنيف الغطاء الارضي (USGS) في وادي بالاك:

تم اشتقاق اصناف الغطاء الارضي في المنطقة من المرئية الفضائية (لاند سات8 OLA) بتاريخ 2025/3/28، ومن خلال التصنيف الموجه (Supervised Classification)، باستخدام تقانة برنامج Arc GIS (10.8)، اذ تم تصنيف المنطقة الى سبع اصناف واستخراج مساحاتها ونسبها المئوية بالاعتماد على معايير صنف استعمال الارض كما ورد في معايير ادارة الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية، حيث يتضح من الخريطة (2)، وجود خمس اصناف متباينة المساحة والنسبة والتأثير في نوعية الجريان السطحي الذي سينتج عنها لتنفيذ تقانة حصاد المياه، كما في الخريطة :

الخريطة (2) تصنيف الغطاء الارضي في وادي بالاك



المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على المرئية الفضائية للقمر الصناعي الامريكي (Land sat OLA 8) بتاريخ 2025/3/28، وتقنيات برنامج Arc Map 10.8.2

جدول (1)

مساحة اصناف الغطاء الارضي في وادي بالاك

ت	الغطاء الارضي	المساحة كم ²	%
1	ترسبات المنحدرات	1.65	2.6
2	منكشفات الترسبات الثلاثية	13.17	20.8
3	التعرية الصفائحية	14.19	22.4
4	ترسبات بطون الاودية	22.55	35.6
5	ترسبات مجاري الانهار	11.78	18.6
	المجموع	63.33	100

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على الخريطة (2)

يُظهر جدول (1) تبايناً واضحاً في توزيع أصناف الغطاء الأرضي ضمن حوض وادي بالاك، إذ تتصدر ترسبات بطون الأودية المرتبة الأولى من حيث المساحة، حيث بلغت (22.55 كم²) ونسبة (35.6%)، مما يعكس سيادة العمليات الترسيبية المرتبطة بجريان المياه داخل مجاري الأودية وانخفاض طاقة النقل في هذه المناطق. تليها التعرية الصفائحية بمساحة (14.19 كم²) ونسبة (22.4%)، وهو ما يدل على نشاط العمليات التعرية السطحية الناتجة عن مياه الأمطار وانتشارها على مساحات واسعة من الحوض. كما تحتل منكشفات الترسبات الثلاثية نسبة (20.8%) بمساحة (13.17 كم²)، مما يشير إلى انكشاف التكوينات الجيولوجية القديمة نتيجة عوامل التعرية المستمرة. في حين تسجل ترسبات مجاري الأنهار نسبة (18.6%) بمساحة (11.78 كم²)، وهي تعكس تأثير العمليات النهرية في إعادة توزيع الرواسب ضمن أجزاء الحوض. أما ترسبات المنحدرات فقد جاءت في المرتبة الأخيرة بنسبة (2.6%) وبمساحة (1.65 كم²)، مما يدل على محدودية انتشارها مقارنة ببقية الأصناف، ويرتبط ذلك بخصائص الانحدار وطبيعة العمليات الجيومورفولوجية السائدة. وعموماً، يُستدل من هذا التوزيع أن الحوض يتأثر بشكل رئيس بالعمليات الترسيبية والتعرية، مع اتساع واضح للبيئات المرتبطة بالأودية، وهو ما ينعكس على طبيعة الجريان السطحي وسلوك المياه داخل الحوض.

3- اصناف الترب الهيدرولوجية في وادي بالاك:

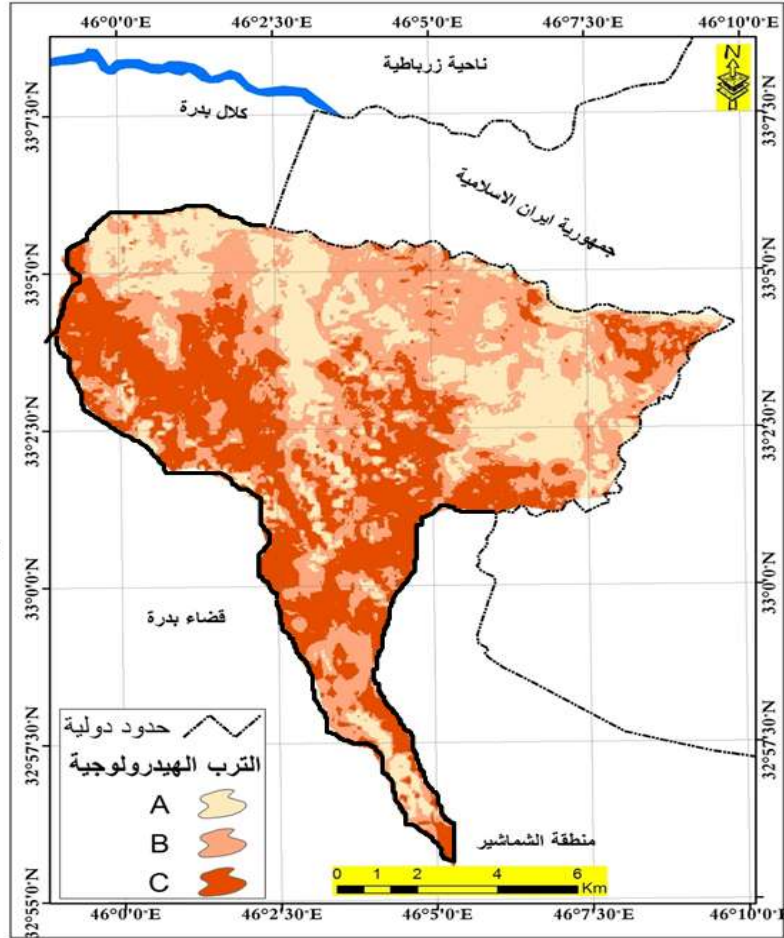
حددت مصلحة صيانة التربة الأمريكية أربع مجموعات هيدرولوجية للتربة، من خلال دراسة وتحليل خصائص تربة منطقة الدراسة اعتماداً على عينات مأخوذة منها قسمت الى ثلاث أنواع والتي من خلالها يمكن اكتشاف مدى تأثير نسيج التربة في نشوء الجريان السطحي وتسمى المجموعات الهيدرولوجية للتربة (Hydrological Soil Groups)⁽⁴⁾.

يظهر من الخريطة (3) الآتي:-

- تُعد المجموعة الهيدرولوجية (A) الأقل مساحة ضمن الحوض، إذ بلغت (9.75 كم²) بنسبة (15.4%)، وتتركز بشكل رئيس في مناطق مصبات الأودية، لا سيما في الجهة الغربية. وتتميز هذه الترب بكونها طينية لدنة تنتفخ عند الرطوبة، مع احتوائها على نسب من الأملاح والكلس الجيري، وهي ناتجة عن ترسبات مفقولة من المناطق المرتفعة. وتسهم هذه الخصائص في تقليل نفاذية المياه وزيادة احتمالية الجريان السطحي رغم محدودية انتشارها
- المجموعة (B) بمساحة (17.67 كم²) ونسبة (27.9%)، وتمثل تربة ذات خصائص انتقالية، إذ تتميز بنفاذية متوسطة وقدرة معتدلة على تسرب المياه، مما يؤدي إلى تقليل شدة الجريان السطحي مقارنة بالمجموعة (A). وتتكون هذه الترب من مواد رملية ومزيجية طينية غرينية، وتكون ضحلة نسبياً، كما تحتوي على كاربونات الكالسيوم، وقد نشأت فوق صخور كلسية ورملية، وتنتشر في مناطق متفرقة ضمن الحوض.

- المجموعة (C) فهي الأكثر انتشاراً، حيث بلغت مساحتها (35.91 كم²) بنسبة (56.7%)، مما يدل على سيادتها داخل الحوض. وتتميز هذه التربة بكونها ثقيلة وعميقة ومتماسكة، مع ضعف في نفاذية المياه خاصة عند التشبع، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الجريان السطحي. وقد تشكلت نتيجة الفيضانات الموسمية، وتتكون من مزيج من الغرين والرمل والطين، وتنتشر بشكل واسع في الأجزاء الوسطى والجنوبية والجنوبية الشرقية. وعموماً، يعكس هذا التوزيع سيطرة التربة ذات النفاذية المنخفضة إلى المتوسطة، مما يفسر ارتفاع معدلات الجريان السطحي داخل الحوض.

الخريطة (3) اصناف التربة الهيدرولوجية في وادي بالاك



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على تصنيف التربة الذي تصدره مصلحة صيانة التربة الأمريكية، وعلى تحليل الخصائص الطبيعية للتربة، ومخرجات برنامج ArcGis10.8.2.

جدول (2)

اصناف التربة الهيدرولوجية في وادي بالاك

ت	صنف التربة	الوصف	المساحة كم ²	%
1	A	تنتفخ بشدة عندما تكون رطبة، تربتها طينية لدنة بعضها يتصف بالملوحة	9.75	15.4
2	B	تكون ضحلة العمق رملية قليلة الحصى و مزيجية طينية غرينية ذات مسامية	17.67	27.9

		ونفاذية قليلة		
56.7	35.91	ثقيلة وعميقة ومتماسكة ذات مسامية عالية الى متوسطة، وهي مزيجية طينية	C	3
100	63.33	المجموع		

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على :

1- Richard H. Mc Cuen, Hydrologic Design, Second Edition, Prentice Hall, Saddle River, New Jersey, 07458, 1998, P:155.

٢- تقنيات برنامج Arc Map 10.8.2 والخريطة (3)

4- استخلاص قيم CN في وادي بالاك:

تعد قيم (CN) مؤشر لمدى استجابة الخصائص الطبيعية للجريان السطحي، أي أنها انعكاس لحالة الغطاء الأرضي وهيدرولوجية التربة من حيث قدرتها على مقاومة تسرب الماء، تبين من خلال قياسات (SCS) أن قيم (CN) تمتد في مدى يتراوح بين (0-100)، وتدل قيمة (100) على التربة الصلدة التي لا تسمح بترشيح الماء من خلالها، أما قيمة صفر فتشير إلى أن التربة ذات النفاذية العالية وقادرة على تسريب جميع ما تستقبل من مياه الأمطار. تستخلص قيم (CN) للحوض من خلال دمج طبقتي غطاءات الأرض والمجموعات الهيدرولوجية للتربة بواسطة (Combine) في برنامج ArcGIS 10.8.2 التي تظهر من خلالها قيمة (CN) وفق الجدول (2) المعد من (SCS) لاشتقاق تلك القيم وعلى النحو الآتي.⁽⁵⁾

Spatial Analyst Tools → Local → Combine

تم اشتقاق قيم منحني الجريان بحسب الغطاء الأرضي من بيانات الجدول (3) المشتق من الجدول (4) حسب طبيعة الغطاء الأرضي ووصف استخدام الأرض، وفق طريقة (SCS) لاشتقاق قيم منحني (CN) لمنطقة الدراسة، ومن ثم إنتاج طبقة (Raster)، والتي تعطي لكل قيمة من (CN) لون محدد لتميزها عن بقية القيم الأخرى على شكل أربع فئات، وقد أظهرت نتائج الخريطة (4) أن قيم (CN) للمنطقة تراوحت ما بين (50 - 99)، والتي قسمت إلى خمس فئات. كما مبين في الجدول (4)

جدول (3)

قيم منحني الجريان وفق طريقة (SCS) لاشتقاق قيم منحني (CN) في وادي بالاك

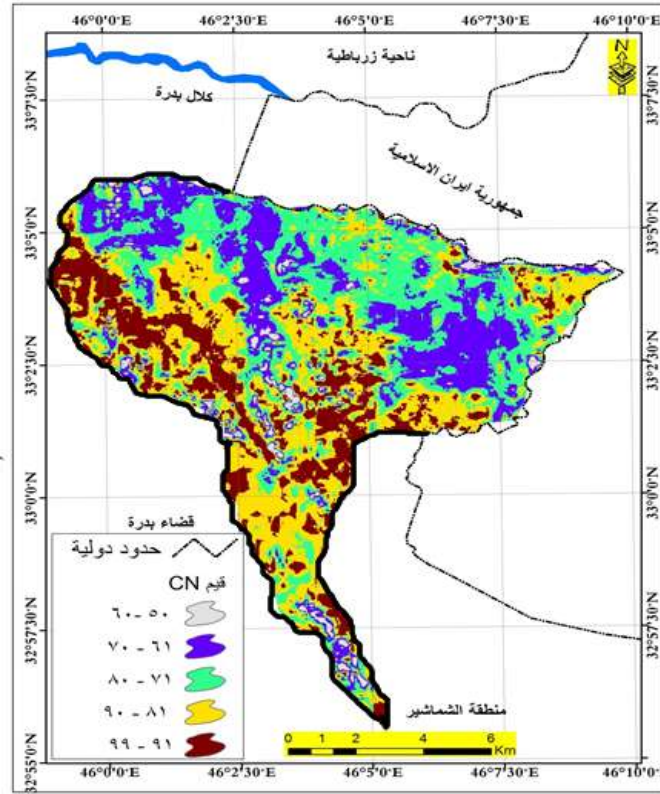
التسلسل	الغطاء الأرضي	وصف استخدام الأرض	D	C	B
1	ترسبات المنحدرات	مناطق الحصى	91	89	85
2	غطاء عشبي بحالة معتدلة	مساحات خضراء 50-75%	84	79	69
3	غطاء عشبي بحالة جيدة	مساحات خضراء 75% فأكثر	80	74	61
4	أراضي زراعية مزروعة	محاصيل الصفوف ذات التربة محروثة بشكل جيد	90	88	83
5	مزارع الحبوب الصغيرة	حراثة محافظة على البيئة بحالة جيدة	84	80	72
6	منكشفات صخرية	أسطح صماء، أسطح معبدة، ممرات، مواقف سيارات	98	98	98
7	أراضي سكنية وطرق نقل	منازل سكنية كبيرة الحجم 8/1 فدان	92	90	85

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على :

١- على المرئية الفضائية للقمر الصناعي الأمريكي (Land sat OLI 8) بتاريخ 2025/3/30.

2- Richard H. Mc Cuen, Hydrologic Design, Op, Cit, p: 157- 159.

الخريطة (4) توزيع فئات قيم المنحنى (CN) في وادي بالاك



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على دمج طبقتي خرائط استعمالات الأرض والترب الهيدرولوجية ومخرجات برنامج (Arc Gis10.8.2).

جدول (4)
مساحة فئات قيم المنحنى (CN) في وادي بالاك

ت	قيم CN	المساحة كم ²	%
1	60-50	5.26	8.3
2	70-61	15.58	24.6
3	80-71	14.12	22.3
4	90-81	18.62	29.4
5	99-91	9.75	15.4
	المجموع	63.33	100

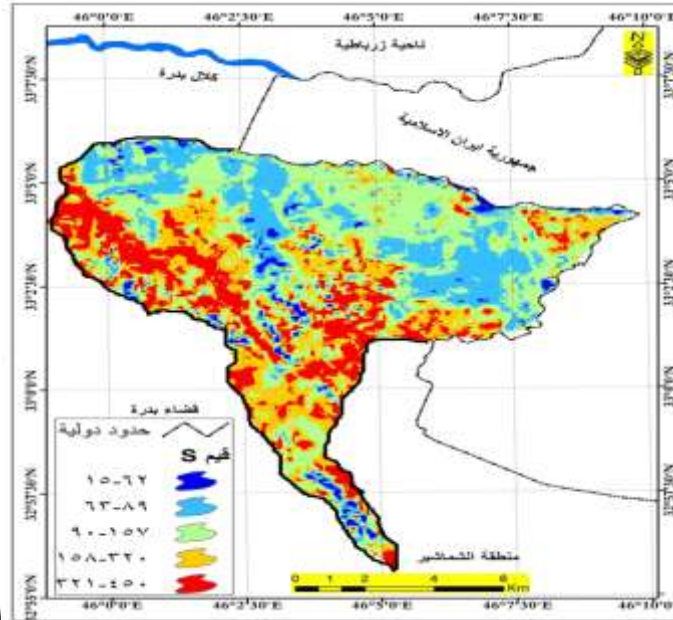
المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على الخريطة (4)

يُظهر الجدول (4) التوزيع المساحي لفئات قيم المنحنى (CN) في وادي بالاك، والذي يُعدّ مؤشرًا مهمًا في تقدير الاستجابة الهيدرولوجية للأحواض المائية، لاسيما فيما يتعلق بحجم الجريان السطحي مقابل التسرب. يتبين أن الفئة (81-90) تستحوذ على أعلى نسبة مساحة بلغت (29.4%)، ما يشير إلى سيادة ظروف سطحية تتسم بانخفاض النفاذية وارتفاع قابلية توليد الجريان السطحي. ويُعزى ذلك غالبًا إلى طبيعة الغطاء

الأرضي أو خصائص التربة التي تحدّ من عملية الترشيح، كالترب الطينية أو المناطق ذات الكثافة العمرانية أو الانضغاط العالي. تليها الفئة (61–70) بنسبة (24.6%)، ثم الفئة (71–80) بنسبة (22.3%)، وهي فئات تمثل حالة انتقالية بين النفاذية المتوسطة والعالية نسبياً، مما يدل على تباين في الخصائص الفيزيائية للتربة واستخدامات الأرض داخل الحوض. ويعكس هذا التدرّج وجود مناطق يمكن أن تساهم جزئياً في تغذية المياه الجوفية إلى جانب توليد الجريان السطحي. أما الفئة (91–99) فقد سجلت نسبة (15.4%)، وهي تمثل أعلى قيم المنحنى (CN)، ما يعني مناطق ذات جريان سطحي مرتفع جداً واستجابة سريعة للهطول المطري، وغالباً ما ترتبط بأسطح غير منمّدة أو شديدة الانضغاط، مما يزيد من احتمالية حدوث الفيضانات المفاجئة. في المقابل، جاءت الفئة (50–60) بأدنى نسبة بلغت (8.3%)، وهي تمثل المناطق ذات النفاذية العالية نسبياً، حيث تسود عمليات التسرب على حساب الجريان السطحي، مما يساهم في تقليل مخاطر الفيضانات وتعزيز تغذية الخزان الجوفي. وبشكل عام، فإن سيادة الفئات ذات القيم المرتفعة للمنحنى (CN) في وادي بالاك تعكس قابلية الحوض لإنتاج الجريان السطحي بدرجة كبيرة، الأمر الذي يستدعي الأخذ بنظر الاعتبار عند وضع خطط إدارة الموارد المائية والحد من مخاطر السيول، خصوصاً في ظل التغيرات المناخية وزيادة شدة الهطولات المطرية.

5- حساب معامل الامكانية القصوى للاحتفاظ بالماء بعد الجريان السطحي (S)

يعبر معامل Potential Maximum Retention After Runoff (S) عن الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء في التربة بعد الجريان السطحي، أي يصف حالة التربة المشبعة تماماً بالماء بعد الجريان، ويعتمد على مكونات التربة ونسجتها والغطاء الأرضي. تشير القيم المتدنية لمعامل (S) القريبة من الصفر انخفاض قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء مما ينعكس على توفير كمية أكبر من مياه الجريان السطحي، بينما يعكس ارتفاع قيم (S) زيادة امكانية التربة بالاحتفاظ بالماء مما يقلل من كمية الجريان السطحي، (6) وقد تم احتساب قيم (S) بتطبيق المعادلة (3) التي سبق ذكرها باستخدام (raster calculator) ضمن برنامج (Arc Gis10.8.2)، ويظهر من الخريطة (5)، تراوح قيم معامل (S) ما بين (62-321)، ويتضح ان وأن أغلب أجزاء وادي



بالاك تقع ضمن قيم الفئة المتوسطة.

الخريطة (5) توزيع قيم معامل (s) في وادي بالاك

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على معامل (S) ومخرجات برنامج (ArcGis10.8.2).

جدول (5)
مساحة فئات قيم معامل (S) في وادي بالاك

ت	قيم S	المساحة كم ²	%
1	62-15	3.29	5.2
2	89-63	12.79	20.2
3	157-90	22.48	35.5
4	320-158	12.16	19.2
5	450-321	12.60	19.9
	المجموع	63.33	100

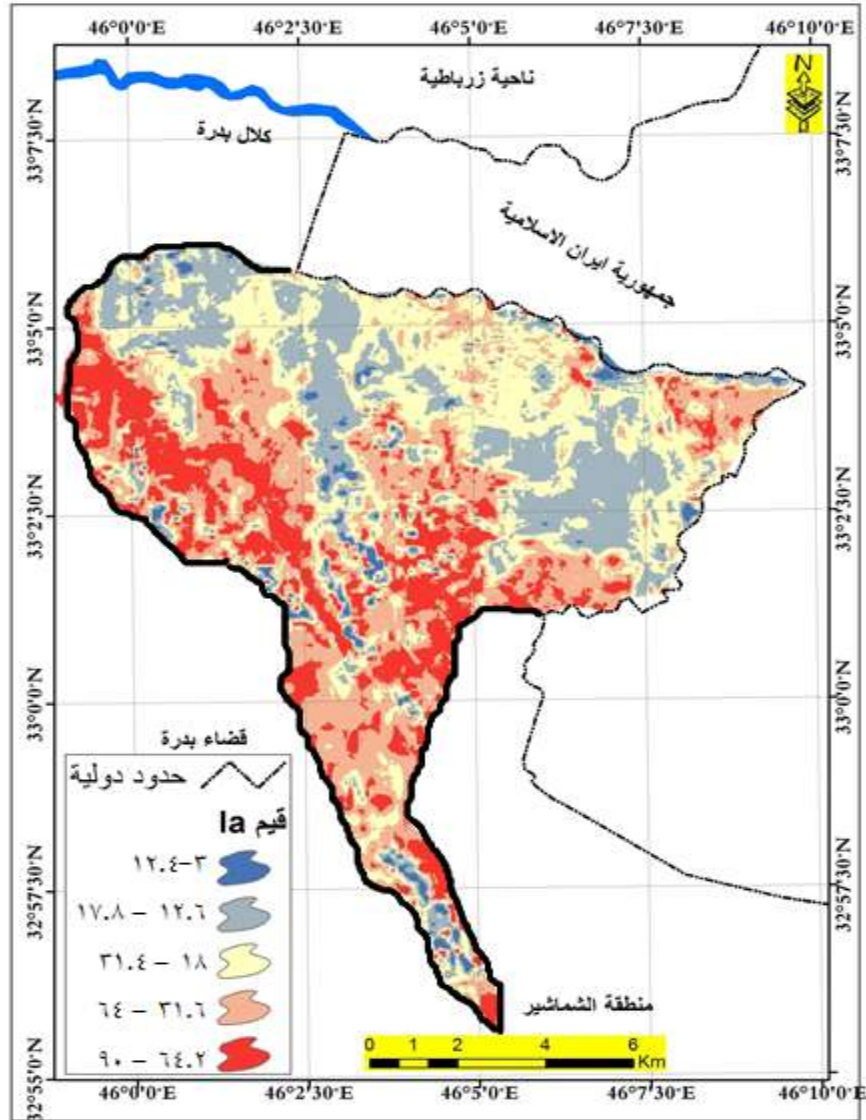
المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على الخريطة (5)

يُظهر الجدول (5) أن التوزيع المساحي لفئات معامل (S) في وادي بالاك يتسم بتباين مكاني واضح، إذ تبلغ المساحة الكلية للوادي (63.33 كم²)، وتتوزع هذه المساحة على فئات متفاوتة تعكس اختلاف الخصائص الطبيعية. فقد سجلت الفئة (90-157) أعلى قيمة من حيث المساحة، إذ بلغت (22.48 كم²) وبنسبة (35.5%)، مما يدل على سيادة هذه الفئة وانتشارها الواسع داخل الحوض، وهو ما يعكس ظروفاً متوسطة من حيث الخصائص الهيدرولوجية والجيومورفولوجية. وتليها من حيث الأهمية الفئة (63-89) التي بلغت مساحتها (12.79 كم²) بنسبة (20.2%)، ثم الفئة (321-450) بمساحة (12.60 كم²) وبنسبة (19.9%)، مما يشير إلى تقارب واضح بين هاتين الفئتين رغم اختلافهما في القيم، وهو ما يعكس تدرجاً مكانياً في خصائص الحوض. كما بلغت مساحة الفئة (158-320) نحو (12.16 كم²) بنسبة (19.2%)، وهي نسبة قريبة أيضاً من الفئتين السابقتين، مما يؤكد أن جزءاً كبيراً من مساحة الوادي يقع ضمن نطاق القيم المتوسطة إلى المرتفعة. أما الفئة (15-62) فقد سجلت أدنى مساحة بلغت (3.29 كم²) وبنسبة (5.2%) فقط، وهو ما يدل على محدودية انتشار المناطق ذات القيم المنخفضة لمعامل (S)، إذ يرتبط ذلك بخصوصية الظروف الطبيعية في هذه المواقع مثل انخفاض الانحدار أو زيادة نفاذية التربة. وبصورة عامة، يتضح أن أكثر من ثلث مساحة الوادي تتركز في الفئة الوسطى، في حين تتقارب مساحات الفئات الأخرى ضمن نسب متوسطة، مما يعكس نمطاً مكانياً متدرجاً وليس عشوائياً، ويؤكد وجود تنوع جيومورفولوجي وهيدرولوجي يؤثر بشكل مباشر في سلوك الجريان السطحي وتوزيع العمليات الطبيعية داخل وادي بالاك.

6- حساب معامل الاستخلاص الأولي (La):

هو معيار رقمي يدل على كمية الفاقد من مياه الأمطار قبل بدء الجريان السطحي عن طريق التسرب والتبخر وما يخزن في المناطق المنخفضة، فضلاً عن كمية المياه التي يعترضها الغطاء النباتي⁽⁷⁾. له علاقة وثيقة بنوعية نسجة التربة وخصائص الغطاء الأرضي من خلال ارتباطه بالمعامل (S) إذ يمثل خمس قيمة (S)، وكلما تقترب القيم من (الصفير) دليل على انخفاض كمية ما يفقده من مياه الأمطار قبل بدء الجريان السطحي، وتنخفض كميات المياه السطحية كلما ازدادت قيمة (La) عن المعدل الاستخلاص الأولي (La) (50,8) المساوي لمعدل المياه الجارية على السطح. يتم تحليل قيم معامل (La) من خلال برنامج (ArcGis 10.8.2) والأداة (Raster Calculator) ضمن قائمة التحليل المكاني (Spatial Analyst)⁽⁸⁾ ويظهر من الخريطة أن الفئات تراوحت (3-90) كما في الجدول (6)

الخريطة (6) توزيع فئات قيم معامل الاستخلاص الاولي (La) في وادي بالاك



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على معادلة المعامل (La) ومخرجات برنامج (ArcGis10.8.2).

جدول (6)

مساحة فئات قيم معامل (La) في وادي بالاك

ت	قيم S	المساحة كم ²	%
1	12.4 - 3	3.29	5.2
2	17.8 - 12.6	12.79	20.2
3	31.4 - 18	22.48	35.5
4	64 - 31.6	12.16	19.2
5	90 - 64.2	12.60	19.9
	المجموع	63.33	100

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على الخريطة (6)

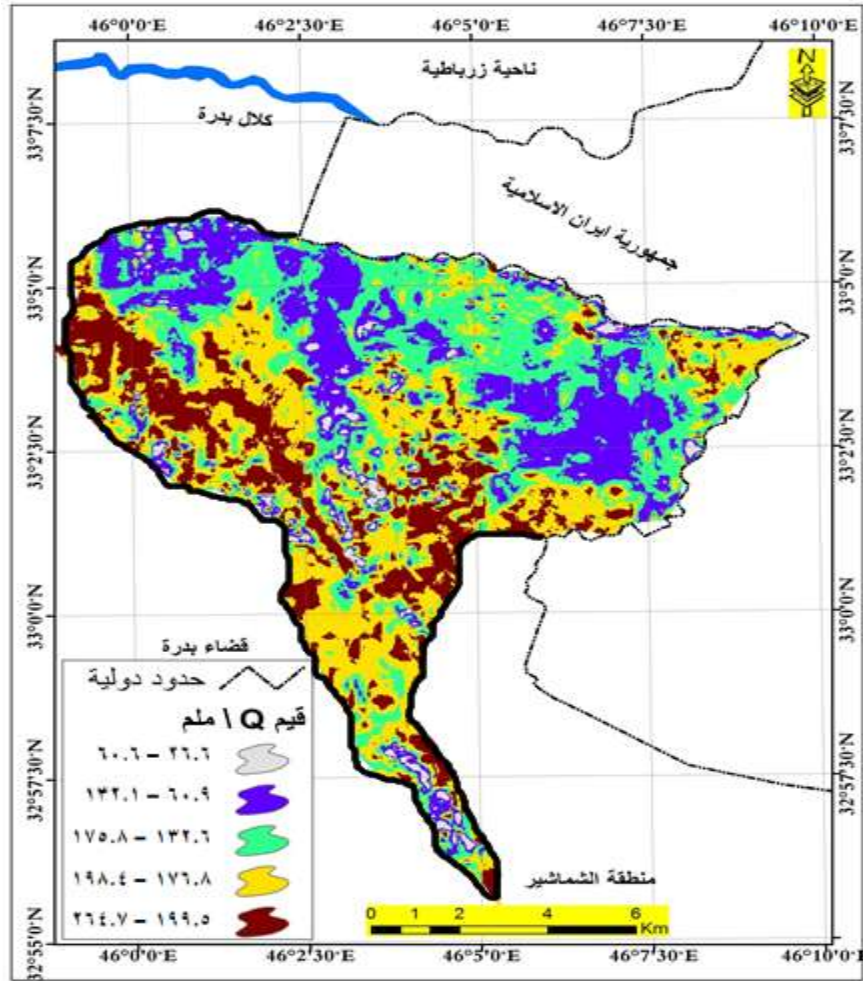
يُظهر الجدول (6) فئات معامل الاستخلاص الأولي (La) في وادي بالاك تبايناً مكانياً واضحاً يعكس اختلاف خصائص الفواقد الأولية للمياه داخل الحوض. إذ تبلغ المساحة الكلية (63.33 كم²)، وتتوزع ضمن خمس فئات متدرجة، تبرز فيها سيادة القيم المتوسطة بشكل واضح. فقد سجلت الفئة (18-31.4 مم) أعلى نسبة بلغت (35.5%) وبمساحة (22.48 كم²)، مما يدل على أن معظم أجزاء الحوض تحتاج إلى كميات مطرية متوسطة لتجاوز الفواقد الأولية وبدء الجريان السطحي، وهو ما يعكس حالة من التوازن النسبي في الاستجابة الهيدرولوجية. وتليها الفئة (12.6-17.8) التي تشغل مساحة (12.79 كم²) بنسبة (20.2%)، وهي تمثل نطاقاً انتقالياً يعكس مناطق ذات فواقد أولية معتدلة، في حين سجلت الفئة العليا (64.2-90) مساحة (12.60 كم²) بنسبة (19.9%)، ما يشير إلى وجود مساحات ملحوظة تتطلب كميات كبيرة من الأمطار قبل بدء الجريان، وهو ما يرتبط عادة بزيادة النفاذية أو كثافة الغطاء الأرضي. كما جاءت الفئة (31.6-64) بنسبة (19.2%) وبمساحة (12.16 كم²)، وهي قريبة من الفئة السابقة، مما يدل على تدرج منتظم في قيم الاستخلاص الأولي داخل الحوض. أما الفئة الدنيا (3-12.4) فقد سجلت أقل نسبة بلغت (5.2%) وبمساحة (3.29 كم²)، مما يشير إلى محدودية انتشار المناطق التي تتميز بفواقد أولية منخفضة، وهي غالباً المناطق التي يبدأ فيها الجريان السطحي بسرعة عند سقوط الأمطار. ويعكس هذا التوزيع سيطرة الفئات المتوسطة إلى المرتفعة التي تشكل ما يقارب (75%) من مساحة الحوض، وهو ما يدل على أن وادي بالاك يتسم بقدرة ملحوظة على امتصاص جزء من مياه الأمطار قبل تحولها إلى جريان سطحي. كما يشير إلى وجود تباين مكاني في الاستجابة الهيدرولوجية، حيث تتداخل مناطق الجريان السريع مع مناطق الجريان المتأخر، مما يؤثر في شكل الهيدروغراف وشدة السيول. وتبرز أهمية هذه النتائج في توجيه إدارة الموارد المائية وتحديد المناطق الأكثر عرضة للجريان السطحي أو القابلة للاستثمار في حصاد المياه.

7- حساب عمق الجريان السطحي السنوي (Q)

تتأثر كمية التصريف المائي بشكل أساسي بعامل التساقط المطري ومن أجل الحصول على كمية الامطار (9) الساقطة (p) * والتي تعد إحدى متطلبات تقدير عمق الجريان السطحي (Q)، والتي تم استخراجها مسبقاً، بعد ذلك تم استخدام عملية جبر الخرائط (Map Algebra) باستخدام الحاسبة الخلوية (Raster Calculator) ضمن وظائف التحليل المكاني (Spatial Analyst) داخل بيئة برمجيات (ArcGis 10.8.2)، ومن ثم ادخال صيغة المعادلة الرياضية (1) من أجل الحصول على الطبقة الخاصة بأعماق الجريان السطحي السنوي (ملم)، ويظهر من الخريطة (7) ان قيم عمق الجريان السطحي تراوحت ما بين (26.6 - 264.7 ملم)

(* كمية الامطار في محطة بدره = 282.5 ملم = 11.12 بوصة

الخريطة (7) توزيع فئات قيم المعامل (Q) في وادي بالاك



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على معادلة (Q) ومخرجات برنامج (ArcGis10.8).

جدول (7)
مساحة فئات قيم معامل (Q \ | ملم) في وادي بالاك

ت	قيم Q	المساحة كم ²	%
1	60.6 – 26.6	2.47	3.9
2	132.1 – 60.9	14.19	22.4
3	175.8 – 132.6	21.98	34.7
4	198.4 – 176.8	14.31	22.6
5	264.7 – 199.5	10.39	16.4
	المجموع	63.33	100

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على الخريطة (7)

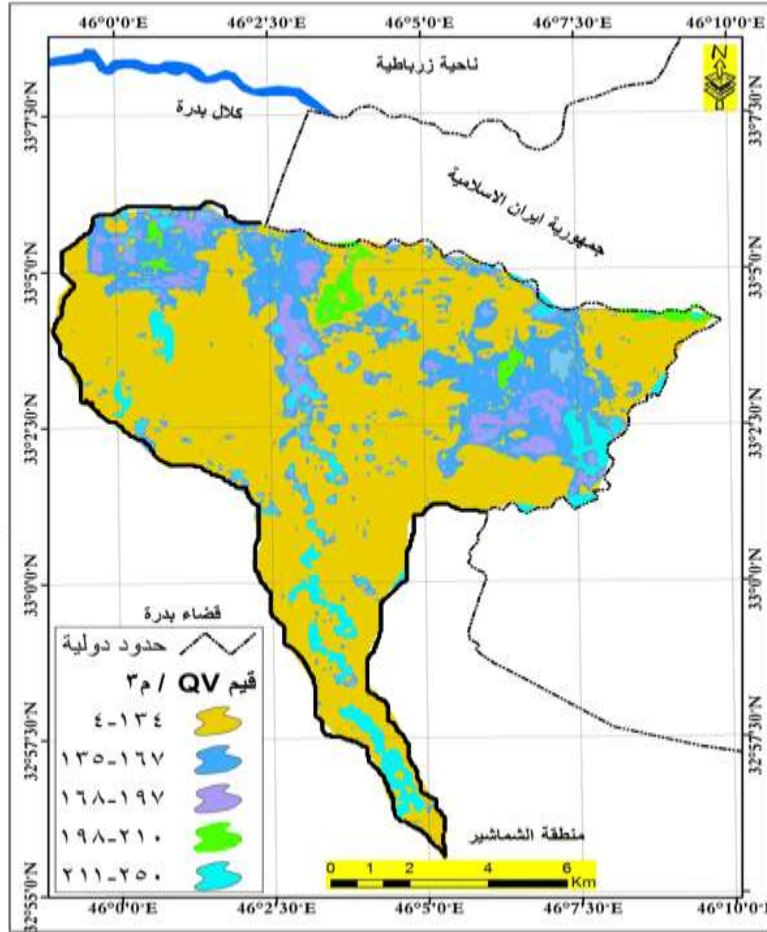
يُظهر الجدول (7) التباين المكاني لعمق الجريان السطحي السنوي (Q) في وادي بالاك، حيث يتوزع الجريان ضمن خمس فئات تعكس اختلاف الاستجابة الهيدرولوجية داخل الحوض. وتُعد الفئة (60.9-132.1) -

175.8 ملم) الأكثر انتشاراً، إذ بلغت مساحتها (21.98 كم²) بنسبة (34.7%) من المساحة الكلية، مما يدل على سيادة الجريان السطحي المتوسط داخل الوادي، وهو ما يعكس توازناً نسبياً بين كمية الأمطار والفواقد الأولية. وتليها الفئتان (176.8-198.4 ملم) و(60.9-132.1 ملم) بنسب متقاربة بلغت (22.6%) و(22.4%) على التوالي، وهو ما يشير إلى تدرج واضح في قيم الجريان بين المتوسط والمرتفع، ويعكس اختلاف الخصائص السطحية مثل الانحدار ونفاذية التربة. كما سجلت الفئة (199.5-264.7 ملم) نسبة (16.4%) وبمساحة (10.39 كم²)، وهي تمثل مناطق الجريان المرتفع التي تسهم بشكل أكبر في تكوين السيول، خاصة خلال مدد الهطول الغزير. في المقابل، جاءت الفئة (26.6-60.6 ملم) بأدنى نسبة بلغت (3.9%) وبمساحة (2.47 كم²)، مما يدل على محدودية انتشار المناطق ذات الجريان المنخفض، وهي غالباً مناطق ذات قدرة عالية على امتصاص المياه أو انخفاض في الانحدار. ويعكس هذا التوزيع سيادة الفئات المتوسطة إلى المرتفعة التي تشكل ما يقارب (73.7%) من مساحة الحوض، الأمر الذي يدل على أن وادي بالاك يمتلك قابلية متوسطة إلى عالية لتوليد الجريان السطحي. كما يشير إلى وجود تباين مكاني واضح في الاستجابة المطرية، حيث تتوزع مناطق الجريان المرتفع والمنخفض بشكل غير متجانس، مما يؤثر في شكل الهيدروغراف وزمن الذروة، ويزيد من احتمالية حدوث الجريان السريع في بعض أجزاء الحوض. وتبرز أهمية هذه النتائج في التطبيقات العملية، إذ تساعد في تحديد المناطق الأكثر عرضة لخطر السيول، وتوجيه إجراءات إدارة الموارد المائية، مثل إنشاء منشآت حصاد المياه في المناطق ذات الجريان المرتفع، واستثمار المناطق ذات الجريان المنخفض في تغذية المياه الجوفية.

8- حساب حجم الجريان السطحي (QV)

يعبر Runoff Volume (QV) عن العلاقة بين مجموع الجريان إلى مساحة الحوض ويعتبر حجم الجريان السطحي من الحسابات الهيدرولوجية الأساس للعديد من التطبيقات لتنمية الموارد المائية منها تنفيذ تقانة حصاد مياه الوديان. تم حساب حجم الجريان السطحي (Qv) وفق المعادلة (5) المذكورة مسبقاً، باستخدام برنامج (ArcGis10.8.2) اعتماداً على حسابات عمق الجريان السطحي (Q) لكل بكسل بأبعاد (30×30) متر مما يعطي مساحة ثابتة لكل البكسلات قدرها (900م²).⁽¹⁰⁾

الخريطة (8) حجم الجريان السطحي حسب قيم المعامل (QV) / م³ في وادي بالاك



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على معادلة (QV) وبالاعتماد على تقنيات برنامج Arc GIS (10.8.2).

جدول (8) مساحة فئات قيم معامل (QV) م³ في وادي بالاك

ت	قيم QV	المساحة كم ²	%
1	134-4	27.36	43.2
2	167-135	16.34	25.8
3	197-168	5.32	8.4
4	210-198	3.74	5.9
5	250-211	10.58	16.7
	المجموع	63.33	100

المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على الخريطة (8)

يُظهر جدول (8) التوزيع المساحي لفئات حجم الجريان السطحي (QV) في وادي بالاك، حيث يتضح وجود تباين واضح في مساهمة كل فئة في إجمالي مساحة الحوض، وهو ما يعكس اختلاف الظروف الهيدرولوجية والجيومورفولوجية المؤثرة في توليد الجريان. تُعد الفئة الأولى (4-134 م³) الأكثر انتشارًا، إذ تشغل مساحة

قدرها (27.36 كم²) ونسبة (43.2%) من المساحة الكلية للحوض، مما يشير إلى أن الجزء الأكبر من الوادي يتميز بقيمة منخفضة نسبياً من حجم الجريان السطحي، وهو ما قد يرتبط بخصائص سطحية تساعد على زيادة التسرب أو انخفاض شدة الجريان. أما الفئة الثانية (135-167 م³)، فقد جاءت في المرتبة الثانية من حيث المساحة، حيث بلغت (16.34 كم²) بنسبة (25.8%)، وهو ما يدل على وجود نطاقات واسعة ذات جريان متوسط، تمثل مرحلة انتقالية بين القيم المنخفضة والمرتفعة. في حين سجلت الفئة الثالثة (168-197 م³) مساحة محدودة نسبياً بلغت (5.32 كم²) بنسبة (8.4%)، مما يعكس تراجع انتشار القيم المتوسطة العليا داخل الحوض. كما تقلصت المساحة أكثر في الفئة الرابعة (198-210 م³)، التي بلغت (3.74 كم²) بنسبة (5.9%)، وهي من أقل الفئات انتشاراً، مما يدل على محدودية المناطق التي تسجل قيم جريان مرتفعة نسبياً. في المقابل، تُظهر الفئة الخامسة (211-250 م³) مساحة ملحوظة بلغت (10.58 كم²) بنسبة (16.7%)، وهو ما يشير إلى وجود مناطق ذات جريان سطحي مرتفع، قد ترتبط بخصائص تضاريسية أو جيولوجية تزيد من سرعة الجريان وتقلل من فرص التسرب. مما تقدم يمكن القول أن وادي بالاك يتسم بسيادة القيم المنخفضة إلى المتوسطة من حجم الجريان السطحي، مع وجود نطاقات محدودة تسجل قيماً مرتفعة. ويعكس هذا التوزيع تبايناً في الخصائص الطبيعية للحوض، مما يؤثر بشكل مباشر في ديناميكية الجريان السطحي وإدارته، ويستدعي أخذ هذه الفروقات بعين الاعتبار عند التخطيط المائي أو دراسات إدارة الموارد المائية.

الاستنتاجات

1. يتضح أن حوض وادي بالاك يخضع لتباين مكاني مركب في خصائصه الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، وهو تباين ناتج عن التداخل بين عناصر الغطاء الأرضي، ونسيج التربة، والانحدار، مما أسهم في تشكيل نمط غير متجانس للاستجابة الهيدرولوجية داخل الحوض.
2. تشير سيادة القيم المرتفعة نسبياً لمنحنى الجريان (CN) إلى هيمنة ظروف سطحية محدودة النفاذية، الأمر الذي يعزز من قابلية الحوض لتوليد الجريان السطحي على حساب عمليات التسرب، ويؤكد الطابع شبه الجاف للمنطقة.
3. أظهرت معاملات الاحتفاظ الأقصى (S) والاستخلاص الأولي (La) نمطاً توزيعياً متدرجاً يميل إلى القيم المتوسطة، بما يعكس وجود توازن ديناميكي نسبي بين الفواقد الأولية (التبخر، التسرب) وبين الجريان السطحي، مع تباين موضعي في سرعة الاستجابة المطرية.
4. تعكس قيم عمق الجريان السطحي (Q) سيادة الجريان المتوسط إلى المرتفع، وهو ما يدل على ارتفاع كفاءة الحوض في تحويل كميات الأمطار الساقطة إلى جريان فعال، خصوصاً خلال فترات الشدات المطرية العالية.
5. بيّنت نتائج حجم الجريان السطحي (QV) أن التوزيع المكاني يتسم بتركز القيم المنخفضة إلى المتوسطة على نطاق واسع، مقابل انحسار القيم المرتفعة ضمن نطاقات محدودة، مما يدل على وجود تباين بنيوي في كفاءة توليد الجريان داخل أجزاء الحوض.
6. تؤكد المؤشرات الهيدرولوجية مجتمعة أن الحوض يمتلك نظاماً استجابياً حساساً نسبياً للتغيرات المطرية، مع قابلية واضحة لتوليد الجريان السطحي بكفاءة، الأمر الذي يضعه ضمن الأحواض الملائمة لتطبيق تقنيات الحصاد المائي وإدارة الموارد المائية في البيئات الجافة.

التوصيات

1. ضرورة تبني استراتيجيات متكاملة للحصاد المائي في الأجزاء ذات القيم المرتفعة للجريان السطحي، من خلال إنشاء السدود الصغيرة والخزانات الترابية، بهدف تقليل الفاقد المائي وتعظيم الاستفادة من مياه السيول.
2. توظيف نتائج التحليل المكاني في إعداد خطط إدارة موارد مائية مستدامة، تأخذ بنظر الاعتبار التباين المكاني في خصائص الجريان، بما يسهم في تقليل مخاطر الفيضانات وتحسين كفاءة استثمار المياه.
3. تعزيز استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS) في الدراسات الهيدرولوجية التطبيقية، لما توفره من دقة مكانية عالية في تحليل وتقدير الجريان السطحي.

4. توجيه التوسع الزراعي نحو المناطق ذات الجريان المنخفض والمتوسط، بما يسهم في تعزيز تغذية المياه الجوفية وتقليل مخاطر الانجراف والتعرية في المناطق ذات الجريان المرتفع.
5. إنشاء منظومات إنذار مبكر للسيول في المناطق التي تُظهر استجابة هيدرولوجية سريعة، اعتمادًا على مؤشرات الجريان السطحي وخصائص الحوض، للحد من المخاطر البشرية والاقتصادية لا سيما في شركة كاز بروم النفطية والتي تعرضت للسيول في الموجة المطرية الأخيرة .
6. ضرورة إجراء دراسات مستقبلية متقدمة لربط الجريان السطحي بـ التغيرات المناخية والشدات المطرية القصوى، بهدف تطوير نماذج تنبؤية تدعم اتخاذ القرار في إدارة الموارد المائية.

المصادر:

1. E. Karymbalis, Ch. Chalkias, M. Ferentinou, A. Maistrali, Flood hazard evaluation in small catchments based on quantitative geomorphology and GIS modeling: The case of Diakoniaris torrent (W. Pe Ioponnese, Greece) ,p137
2. Ranjit Kumar Jha. S.K. Mishra and Ashish pandey, Experimental verification of the Effect of Slope ,soil and of afflow land on Runoff cuve Number, ,2014 ,VO I43,NO.2 April ,p40.
3. Richard H. Mc Cuen, Hydrologic Design, Second Edition, Prentice Hall, Saddke River, New Jersey, 07458, 1998,P:155.
4. هيفاء محمد النفيعي، تقدير الجريان السطحي ومخاطرة السيول في الحوض الأعلى لوادي عرفة شرق مكة المكرمة بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير(غير منشورة)، جامعة أم القرى، كلية العلوم الاجتماعية، قسم الجغرافية، 2010 ، ص 103.
5. يحيى هادي محمد وحنان جبار مجيد الخالدي، استثمارات الموارد المائية (حصاد المياه) للانحدارات الأرضية في هضبة محافظة النجف الأشرف باستعمال التقانات الجغرافية الحديثة، مجلة القادسية للعلوم الانسانية ، المجلد (28) العدد (3) ،2025، ص272.
6. USDA-TR55,Urban Hydrology for Small Watersheds, Department of Agriculture, USA, (1986), Chapter 2, p:1-2.
7. مجيب رزاق فرج الزبيدي، التقييم الهيدرولوجي لأحواض جنوب شرق جبل بيرس وأثرها على التنمية المستدامة، أطروحة دكتوراه، جامعة المستنصرية، كلية التربية، 2018، ص 134-135.
8. دلي خلف حميد، التحليل المكاني لتقدير حجم الجريان السطحي لحوض (وادي الفضا) في شمال شرق العراق باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS، مجلة أدب الفراهيدي، العدد 25، 2016، ص313.
9. محمد حسين محيسن المنصوري ، التساقط المطري الفعال واثرة على النشاط الهيدرولوجي لوادي نهر الطيب شرق محافظة ميسان ، مجلة القادسية للعلوم الانسانية ، المجلد (27) العدد (1) ،2024، ص202.
10. ام اي، كارسون، المدخل لدراسة العمليات النهرية (دراسة في الجيومورفولوجيا)، ترجمة وفيق حسين الخشاب، مطبعة جامعة بغداد، جامعة بغداد، 1979، ص137-138.