

تقدير الجريان المائي السطحي لحوض وادي شعيب بالتكامل ما بين نموذج (SCS-CN) وتقنيتي (GIS and RS)

نوح "محمد علي" الصباينة وعلاء أحمد العمري*

تاريخ الاستلام 2018/10/8

تاريخ القبول 2019/1/29

ملخص

يهدف هذا البحث إلى تقدير الجريان السطحي باستخدام نموذج رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS-CN) ونظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد (GIS and RS) لحوض وادي شعيب الواقع ضمن الأقليم الجاف وسط الأردن، حيث استخدمت خرائط مجموعة التربة الهيدرولوجية واستعمالات الأرض /الغطاء الأرضي ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية لإنتاج جدول وخريطة رقم المنحنى (CN)، كما استخدم نموذج رقم المنحنى لتقدير الجريان السطحي للعواصف المطرية التي حدثت داخل الحوض المائي.

وتوصلت الدراسة إلى فعالية استخدام نموذج (SCS-CN) لتقدير الجريان السطحي نظراً لعدم توفر السجلات المتعلقة بالجريان المائي، كما قدمت طريقة (SCS-CN) نتائج عالية الدقة في تقدير الجريان السطحي الذي يعتمد على العواصف المطرية، حيث بلغت قيمة رقم المنحنى في الظروف الجافة (57.7)، وفي الظروف العادية (76.5) وفي الظروف الرطبة (88.4)، وهذا بدوره أثر في المخزون السطحي (S)، والفاقد الأولي (Ia). كما توصلت الدراسة إلى أن محطة السلط حققت أعلى معدل للجريان السطحي: حوالي 3,64940م³، وأن محطة عيرا كانت الأقل في معدل الجريان السطحي: حوالي 14580 م³.

الكلمات المفتاحية: الجريان السطحي، رقم المنحنى، وادي شعيب، مجموعة التربة الهيدرولوجية، نموذج خدمة حفظ التربة.

© جميع الحقوق محفوظة لجمعية كليات الآداب في الجامعات الأعضاء في اتحاد الجامعات العربية 2019.

* قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة اليرموك، إربد، الأردن.

المقدمة:

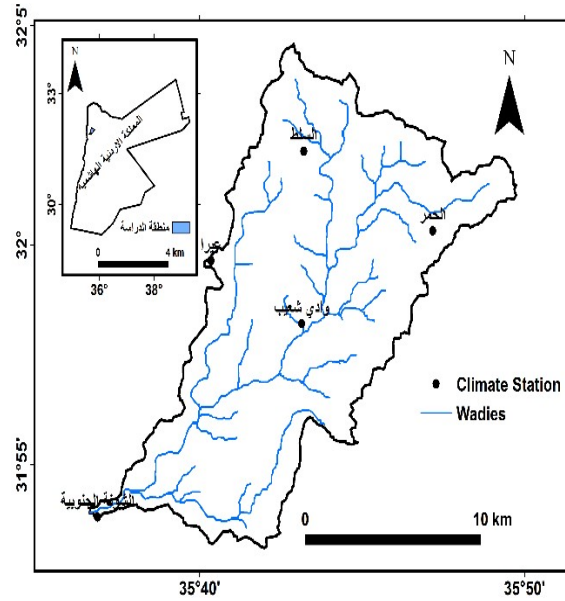
تعاني المناطق الجافة وشبه الجافة في العالم من نقص متزايد في مصادر المياه المتاحة في الوقت الحاضر، حيث تؤثر ندرة الأمطار في إنتاجية التربة وفي التنمية بأشكالها المختلفة، خاصة في الأقاليم التي تسود فيها ظروف الجفاف الحاد والمستمر⁽¹⁾. إذ تعد قضية إدارة وتقييم الموارد المائية من القضايا المهمة التي يجب أن تكون من ضمن أولويات الحكومات حول العالم، وهذا يرتبط بمحدودية الموارد المائية والزيادة المستمرة في الطلب عليها، وخاصة في الأقاليم الجافة وشبه الجافة من العالم ومن بينها الأردن. وهنا تبرز أهمية استخدام النماذج الهيدرولوجية والتقنيات الحديثة المتمثلة بنظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS) لتوفير الوقت، والتكلفة والجهد في تقدير الجريان المائي السطحي في المناطق الأكثر شحاً وندرة مائية، إذ يعتمد تقدير الجريان السطحي على النماذج الهيدرولوجية؛ لقدرة هذه النماذج على إظهار اتجاهات مناطق الجريان السطحي والأمطار، وتحديد المواقع الملائمة لتنفيذ المشاريع الهيدرولوجية والتخطيط واتخاذ القرارات الهيدرولوجية المكانية المناسبة⁽²⁾. ويعد التكامل ما بين النماذج الهيدرولوجية كنموذج خدمة حفظ التربة ورقم المنحنى Soil Conservation Service (SCS-CN) وكل من نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد (GIS and RS) من الأدوات الفعالة في تحديد العلاقة ما بين الأمطار والجريان السطحي^(3,4,5,6). ويمكن استخدام معلومات الغطاء الأرضي المشتقة من المرئيات الفضائية في نموذج (The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) للحصول على الخرائط التي تستخدم كمداخل لاشتقاق خدمة حفظ التربة المعدل ((Modified Soil Conservation Service)(SCS)) ومن ثم استخراج رقم منحنى الجريان السطحي ((Runoff Curve Number)(CN)) والتي ستستخدم بعد ذلك في نموذج علاقة الجريان السطحي بالأمطار (Model Rainfall-Runoff Relationship) للحوض المائي⁽⁷⁾. ويمكن تحديد المواقع المحتملة لحصاد مياه الأمطار باستخدام طريقة (SCS-CN)، من خلال الاعتماد على القياسات الرئيسية التي يمكن استخدامها لاشتقاق وتقدير (CN) بالاستناد إلى خرائط إعادة تصنيف فئات التربة بالاعتماد على وحدات نسيج التربة (The Soil Texture Unites)، والغطاء الأرضي لاشتقاق رقم المنحنى النهائي (The Final Curve Number)⁽⁸⁾. ويمكن للدراسات الهيدرولوجية ربط نتائج تطبيق نموذج التساقط - الجريان السطحي مع المشكلات المتعلقة بتصميم وإدارة مشاريع الموارد المائية مثل التزويد المائي، التحكم بالفيضان، كما تساعد سجلات التساقط المطري في التنبؤ بحجم الجريان المائي ومن ثم في تقييم الموارد المائية السطحية المتاحة⁽⁹⁾. وأشار (Choi, 2007)⁽¹⁰⁾ إلى وجود علاقة مهمة بين الأمطار والجريان السطحي وأن (GIS) يهتم بتمثيل الظواهر المكانية في حين تهتم النماذج الهيدرولوجية بتدفق المياه وخصائصه فوق سطح الأرض، حيث يمكن من خلال التكامل بين (R.S

(GIS & R.S) والنماذج الهيدرولوجية تحديد اتجاهات الفيضانات المفاجئة، وبالتالي تحديد المواقع الملائمة للحصاد المائي على هذه الأودية بناءً على ذلك. ويمكن الأخذ بعين الاعتبار قياسات الانحدار، والغطاء الأرضي، وبيانات الأمطار ومساحة الحوض المائي لتقدير الأمطار - الجريان السطحي باستخدام (GIS & R.S) وبالاعتماد على نموذج (SCS-CN)، وإعداد الخرائط الموضوعية اللازمة لذلك⁽¹¹⁾. ويعتمد تقدير الجريان المائي وتدفق الذروة أو قمة الفيضان على خصائص الأحواض المائية، حيث يعد نموذج (SCS-CN) من الخيارات الجيدة لتقدير الجريان السطحي للأحواض المائية في المناطق الزراعية والمناطق الحضرية^(12,13,14,15). كما يمكن اعتبار رقم المنحنى (CN) عاملاً أساسياً في تقدير الجريان السطحي في خدمة حفظ التربة (SCS) بالاعتماد على طريقة النمذجة الهيدرولوجية (Hydrologic Modeling Method) وطبق هذا النموذج لتقدير الجريان السطحي من قبل مختلف الباحثين في جميع أنحاء العالم^(16,17,18,19,20,21). كما تستخدم طريقة (CN) لوصف التدفق المائي في الأحواض المائية حيث توفر أرقام المنحنى فهرساً للتنبؤ بكمية الجريان السطحي للعواصف المطرية^(22,23,24,25). ومن ثم يعد الجريان السطحي في البيئات الجافة وشبه الجافة من أهم الموارد المائية؛ نظراً لانخفاض معدلات التساقط السنوي فيها، حيث يقدر المعدل العام للهطول السنوي في تلك البيئات أقل من 350 ملم. فعلى سبيل المثال، لا تزيد كمية المياه التي تهطل على 94% من مساحة الأردن على 200 ملم في السنة⁽²⁶⁾.

وتسعى هذه الدراسة إلى تقدير الجريان السطحي باستخدام نموذج خدمة حفظ التربة (SCS-CN) ونظام المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بعد (GIS and RS) لحوض وادي شعيب الواقع ضمن الأقليم الجاف وسط الأردن. وقد استخدمت خرائط مجموعة التربة الهيدرولوجية واستعمالات الأرض/ الغطاء الأرضي ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية لإنتاج جدول وخريطة رقم المنحنى (CN)، كما استخدم نموذج رقم المنحنى لتقدير الجريان السطحي باستخدام بيانات الأمطار اليومية للعواصف المطرية التي حدثت داخل الحوض المائي لخمس محطات مناخية شملت محطات الحمر، والسلط، ووادي شعيب، وعيرا، والشونة الجنوبية.

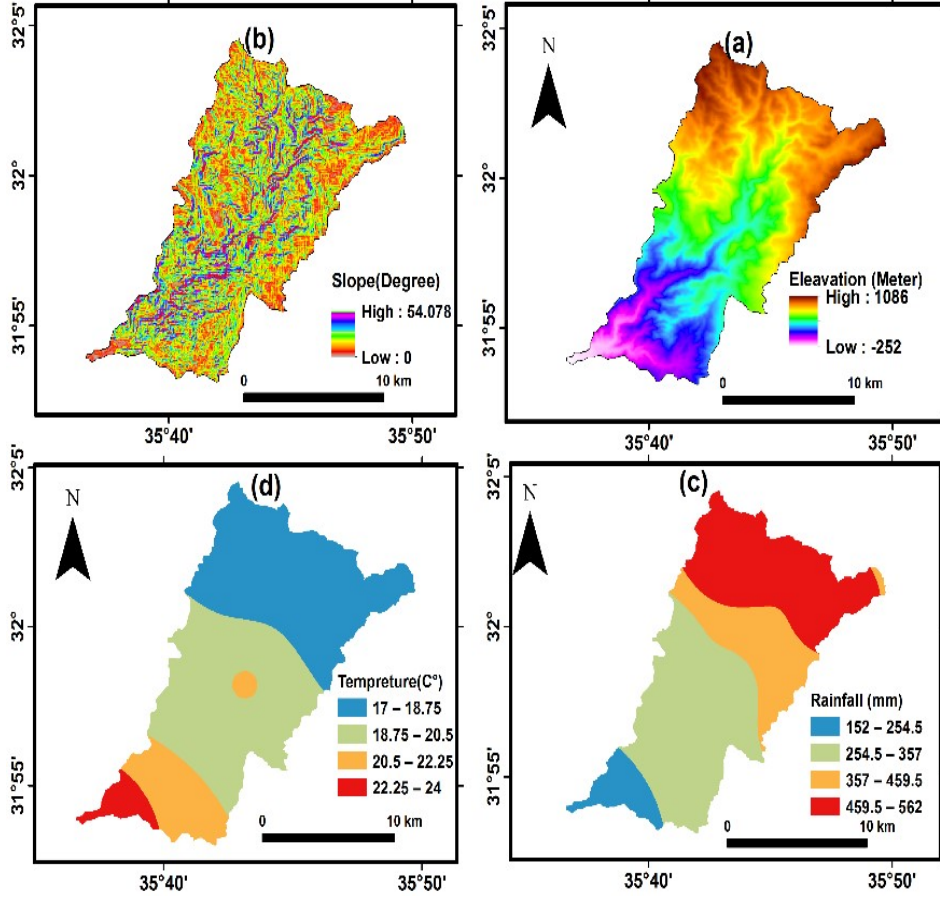
منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي شعيب في وسط الأردن إلى الجنوب الغربي من مدينة عمان. بين خطي طول 35.63° و 35.83° شرقاً، وبين دائرتي عرض 31.89° و 32.07° شمالاً، وتبلغ مساحته 175.7 كم²، الشكل (1).



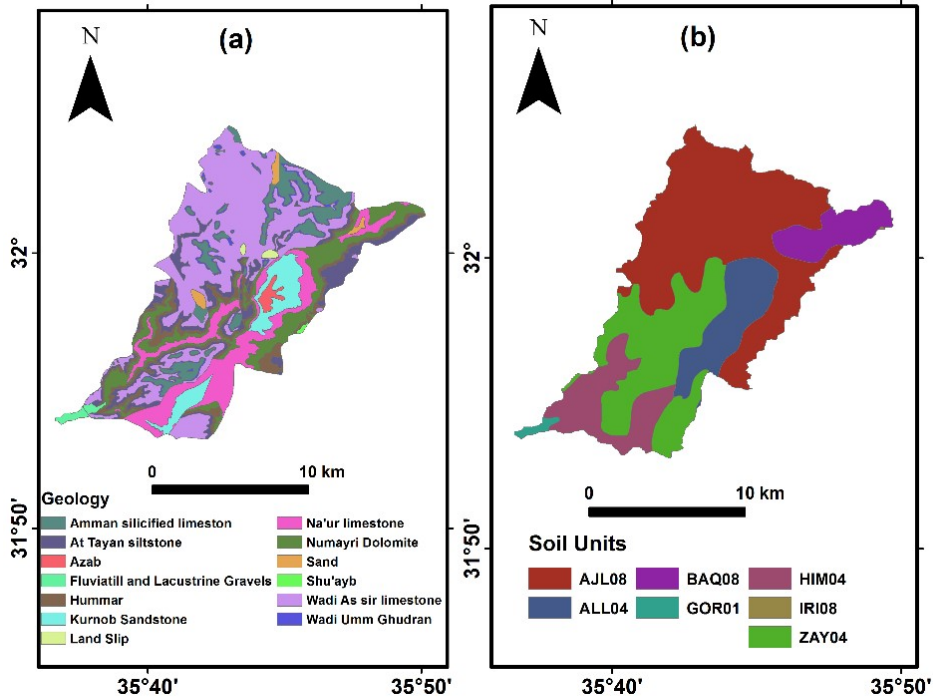
الشكل (1): منطقة الدراسة.

ويتراوح منسوب الارتفاع في حوض وادي شعيب ما بين (252م) دون مستوى سطح البحر و1086م فوق سطح البحر، ويعد من الروافد الرئيسية لنهر الأردن، الشكل (2-a). ويبلغ أقصى امتداد عرضي له 7 كم وأقصى طول له 25 كم، وتتراوح درجات الانحدار في الحوض ما بين صفر في المناطق السهلية، وخاصة في الأجزاء الدنيا من الحوض الواقعة ضمن منطقة وادي الأردن، وأكثر من 54° على طول الأودية أو السفوح المطلة على الأودية، الشكل (2-b). كما يعد المناخ من العوامل المهمة المؤثرة في الخصائص الهيدرولوجية للأحواض النهرية، إذ تؤثر عناصر المناخ المختلفة في كمية التصريف النهري وتشكيل المظهر الأرضي، وهذا ينعكس على العمليات المورفومناخية للحوض النهري، وسجل أعلى معدل للأمطار في محطة السلط حيث بلغت (562 ملم) وذلك بسبب ارتفاعها الذي يتجاوز (1000م) فوق مستوى سطح البحر، كما وجد أن أقل معدل للأمطار كان في محطة الشونة الجنوبية التي تقع دون مستوى سطح البحر بحوالي (160م) وبلغت (152ملم)، الشكل (2-c). وتتباين معدلات درجات الحرارة في وادي شعيب من منطقة لأخرى تبعا لتغير مناسيب الارتفاع، إذ نجد أن الأجزاء العليا التي تتصف بارتفاع مناسبها من حوض وادي شعيب قد بلغ معدل درجة الحرارة السنوي فيها (17°م) في محطة السلط، بينما ترتفع في محطة الشونة الجنوبية إلى (24°م) ، الشكل (2-d).



الشكل (2): الخصائص الطبيعية (معدل الأمطار، معدل درجة الحرارة، الارتفاع، درجة الانحدار)

وتعد الخصائص الجيولوجية لمنطقة الدراسة ذات دلالات هيدرولوجية مهمة، فقد تعرضت الملامح الجيولوجية لحوض وادي شعيب للتقطع بفعل الصدوع التي صاحبها عمليات الإزاحة والطي للطبقات الصخرية حول تلك الصدوع، في الفترة ما بين المسترختيان (Maastrichtian)، والأليغوسين/ الميوسين (Oligocene/ Miocene) مما أدى إلى وجود عدد من الطيات المحدبة والمقعرة⁽²⁷⁾. وتتكون جيولوجية الحوض من (13) وحدة جيولوجية، حيث يشكل تركيب وادي السير حوالي 34 % وأقلها تركيب وادي شعيب: حوالي 0.1 % من مساحة الحوض، الشكل (3-a). كما تتكون منطقة الدراسة من ثماني وحدات تربة رئيسة تشكل وحدة (AJL08) 46 % من مساحة الحوض والتي يغلب عليها الصلصال الطيني والطين (StonySiltyClay & Clay) وتنتشر في المناطق الهضبية العليا والتلية من الحوض، (الشكل 3-b).



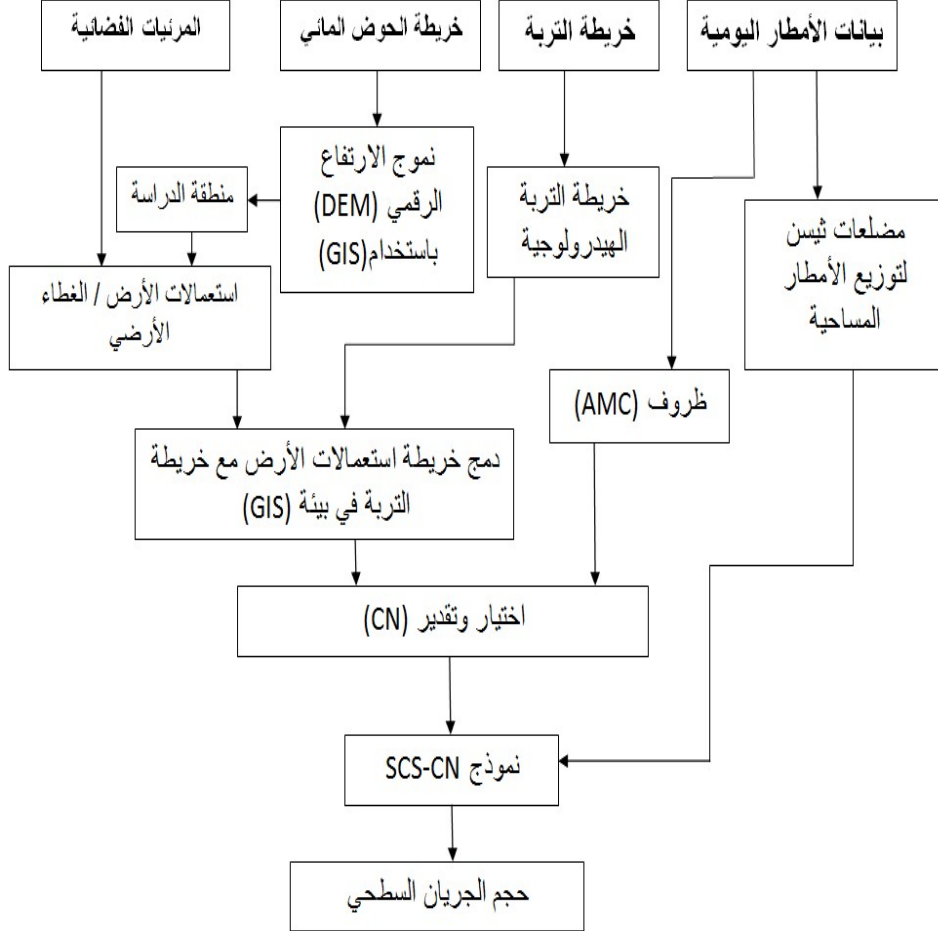
الشكل (3): الجيولوجيا والتربة

منهجية الدراسة:

اعتمد الباحث على البيانات المطرية اليومية المتعلقة بالعواصف المطرية لخمس محطات تضم: محطة الحمر، والسلط، وعيرا، ووادي شعيب والشونة الجنوبية. الشكل (1). كما اعتمد على تقنيتي الاستشعار عن بعد (R.S) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) في إعداد خريطة منطقة الدراسة (حوض وادي شعيب) وخرائط الطبوغرافيا كالارتفاع والانحدار من خلال بيانات (ASTERGDEM) المتاحة من قبلة وكالة ناسا (NASA)، واستخدمت خرائط ونتائج مسح التربة 1993، التي أعدتها وزارة الزراعة الأردنية لإعداد خرائط وحدات التربة ونسيج التربة⁽²⁸⁾. كما أعدت خريطة استعمالات الأراضي/ الغطاء الأرضي بالاعتماد على المرئيات الفضائية من خلال (Landsat-8) المتاحة من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS) للفترة 2016-2017م، وإعداد الخرائط المتعلقة بتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS-CN) لتقدير الجريان السطحي والتي تزودنا بالمفاهيم العامة لاشتقاق أرقام المنحنى (CN) التي تم تطويرها من خلال طريقة خدمات حفظ التربة (Soil Conservation Services (SCS)) التي طورتها وزارة الزراعة

تقدير الجريان المائي السطحي لحوض وادي شعيب بالتكامل ما بين نموذج (SCS-CN) وتقنيتي (GIS and RS)

الأمريكية (The USDA SCS) عام 1954م، حيث تم إعداد خريطة (CN) النهائية بالاعتماد على خريطة استخدامات الأرض، كما استخدمت طريقة مضلعات ثيسن (Tiessen) لتقدير الجريان السطحي المساحي بالاعتماد على بيانات الأمطار اليومية، الشكل (4).



الشكل (4): إجراءات الدراسة

طريقة (SCS-CN) لتقدير الجريان السطحي ومعامل الجريان السنوي في حوض وادي شعيب بالتكامل مع (GIS&RS) :

طبقت مجموعة من المعادلات الرياضية لتقدير الجريان السطحي، إذ تعتمد هذه المعادلات على الظروف الأرضية لمنطقة الدراسة (Land Conditions) ورقم المنحنى (Curve Number) والذي يعتمد تقديره على نوع التربة، وعلى استخدام الأرض والغطاء الأرضي، وظروف الرطوبة الأولى (السابق) والبيانات اليومية للأمطار.

رقم المنحنى (Curve Number Method):

تم تحديد ثلاثة مستويات في تحديد ظروف رطوبة التربة السابقة (Antecedent Moisture Condition(AMC)) لتقدير (CN)، وتشمل:

AMCI: for Dry Conditions. (1)

AMCII: for Normal Conditions. (2)

AMCIII: for Wet Conditions. (3)

ويمكن استخدام المعادلات الآتية المتعلقة بحالات (AMC) الثلاث:

$$CN(I) = \frac{4.2 \times CN_{(II)}}{10 - 0.058 \times CN_{(II)}} \quad (4)$$

$$CN(III) = \frac{23 \times CN_{(II)}}{10 + 0.13 \times CN_{(II)}} \quad (5)$$

حيث يمثل (CNII) رقم المنحنى في الظروف العادية، ورقم المنحنى في الظروف الجافة (CNI)، ورقم المنحنى في الظروف الرطبة (CNIII).

مجموعات التربة الهيدرولوجية (Hydrologic Soil Groups):

تم تصنيف التربة إلى أربع مجموعات هيدرولوجية (Hydrologic Groups)، (A,B, C and D Group)⁽²⁹⁾، بالاعتماد على نسيج التربة، وبالرجوع إلى جداول خاصة بذلك، ومن ثم تحديد قيم رقم المنحنى بالاعتماد على استخدام الأرض والغطاء الأرضي، وبالرجوع إلى جداول خاصة بذلك أيضاً، وبعد ذلك قام الباحث بتصنيف منطقة الدراسة حسب قيم رقم المنحنى لكل مساحة، حيث يمثل (CN) مقياساً مجرداً (بلا وحدات عددية) (Dimensionless Parameter) وتتراوح قيمته

تقدير الجريان المائي السطحي لحوض وادي شعيب بالتكامل ما بين نموذج (SCS-CN) وتقنيتي (GIS and RS)

بين (1) كحد أدنى و(100) كحد أعلى ويحدد بناء على مجموعة التربة الهيدرولوجية (Hydrologic Soil Group) واستخدام الأرض⁽³⁰⁾.

ويمكن استخدام المعادلة الآتية لتحديد قيم رقم المنحنى المركب (The Composite Curve Number) أو ما يسمى برقم المنحنى في الظروف العادية (CNII)⁽³¹⁾.

$$CN_c = \frac{\sum (CN_i \times A_i)}{A} \quad (6)$$

حيث تمثل (CN_c) رقم المنحنى المركب CN_{II} لمنطقة الدراسة ككل.

ويمثل (CN_i) رقم المنحنى لكل مساحة من (1) إلى (ن).

ويمثل الـ (A_i) المساحة لكل رقم المنحنى (CN_i)

وتمثل (A) المساحة الكلية للحوض المائي.

ويمكن التعبير أيضاً عن رقم المنحنى المركب أو رقم المنحنى الموزون ((Weighted Curve Number (WCN)⁽³²⁾، بالمعادلة الآتية:

$$WCN = \frac{CN_1 A_1 + CN_2 A_2 + \dots + CN_i A_i \dots + CN_n A_n}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (7)$$

تقدير الجريان السطحي (Estimation of Runoff):

يمكن حساب (الجريان السطحي - التساقط) من خلال (SCS-CN) لتقدير عمق الجريان السطحي المباشر للعاصفة المطرية⁽³³⁾ من خلال المعادلة الآتية:

$$Q = \frac{(p - 0.2S)^2}{(p + 0.08S)} \quad p > 0.2S \text{ or } P > Ia \quad (8)$$

حيث تمثل (s) مخزون الحوض المائي (ملم)، (Q) الجريان الفعلي المباشر (ملم)، (P) مجموع الأمطار (ملم) و(Ia) الفاقد الأولي. ويتم تطبيق هذه المعادلة عندما تكون كمية الأمطار أكبر من 20 % من الفاقد الأولي (الاستخراج الأولي (Ia)، وتتضمن المعادلة السابقة متغيراً واحداً هو الأمطار، ومقياساً واحداً (One Parameter) هو (s)، ويرتبط (s) برقم المنحنى (N)، حيث يتم حساب (s) من خلال المعادلة الآتية:

$$(9) S = \frac{25400}{CN} - 254$$

ويمكن حساب الفاقد الأولي (Ia) من خلال المعادلة الآتية:

$$Ia = 0.2S \quad (10)$$

حيث تمثل (Q) كمية التصريف المائي، و(P) كمية الأمطار السنوية.

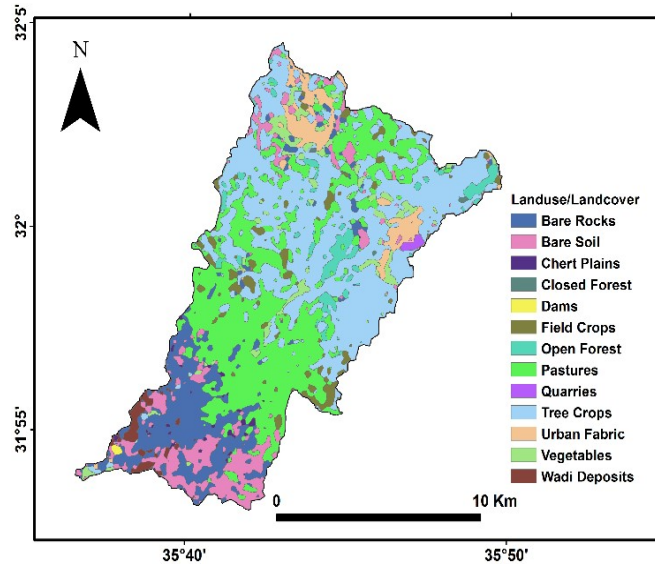
التحليل والمناقشة:

يمكن اعتبار نموذج الأمطار - الجريان السطحي مكوناً مهماً يسهم بشكل فعال في الدورة الهيدرولوجية (Hydrological cycle) من خلال تصميم النظم الهيدرولوجية والمورفولوجية لنظام التصريف المائي (The Drainage system). ومن ثم فإن التقييم لنموذج الجريان السطحي - الأمطار أمر مهم لتحديد وتوقع تأثيراته أو نتائجه بما يخدم الدراسة الحالية. ويعد استخدام تقنيتي (Gis&RS) من الوسائل المهمة لتقييم الجريان السطحي الناتج عن الهطول⁽³⁴⁾. أضف إلى ذلك أن المتخصصين في الموارد المائية يواجهون باستمرار مشكلة تقدير الجريان المائي المباشر نتيجة عدم توفر سجلات هيدرولوجية متاحة للأحواض الصغيرة، أو حتى الكبرى في بعض الأحيان، وبالتالي تعد طريقة رقم المنحنى (Curve number method) أداة مقبولة في تقييم الموارد المائية (Hydrology) والذي يعدّ المقياس الوحيد الذي يستجيب لأربعة عناصر مهمة في الحوض المائي وتشمل: نسيج التربة، واستخدام الأرض/ الغطاء الأرضي، وظروف السطح وظروف الرطوبة الأولي (السابق) بالإضافة إلى تنامي وشيوع استخدامه.

الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي (Land cover & land uses):

تعتمد عملية تحديد مجموعات التربة الهيدرولوجية الأربع على ظروف السطح من حيث استخدام الأرض أو الغطاء الأرضي، باعتبار سطح الأرض هو المسرح الذي يحتضن نتائج الدورة الهيدرولوجية من جريان سطحي أو رشح نحو الأسفل، وكذلك التبخر، ومن ثم فإن تحديد الموازنة المائية في مكان ما على سطح الأرض يعتمد على محتوى التربة من الرطوبة وعلى تقدير العجز أو الفائض المائي، ووجد في منطقة الدراسة 13 صنفاً للغطاء الأرضي واستخداماً أرضياً، الشكل (5).

تقدير الجريان المائي السطحي لحوض وادي شعيب بالتكامل ما بين نموذج (SCS-CN) وتقنيتي (GIS and RS)



الشكل (5): استخدامات الأراضي / الغطاء الأرضي

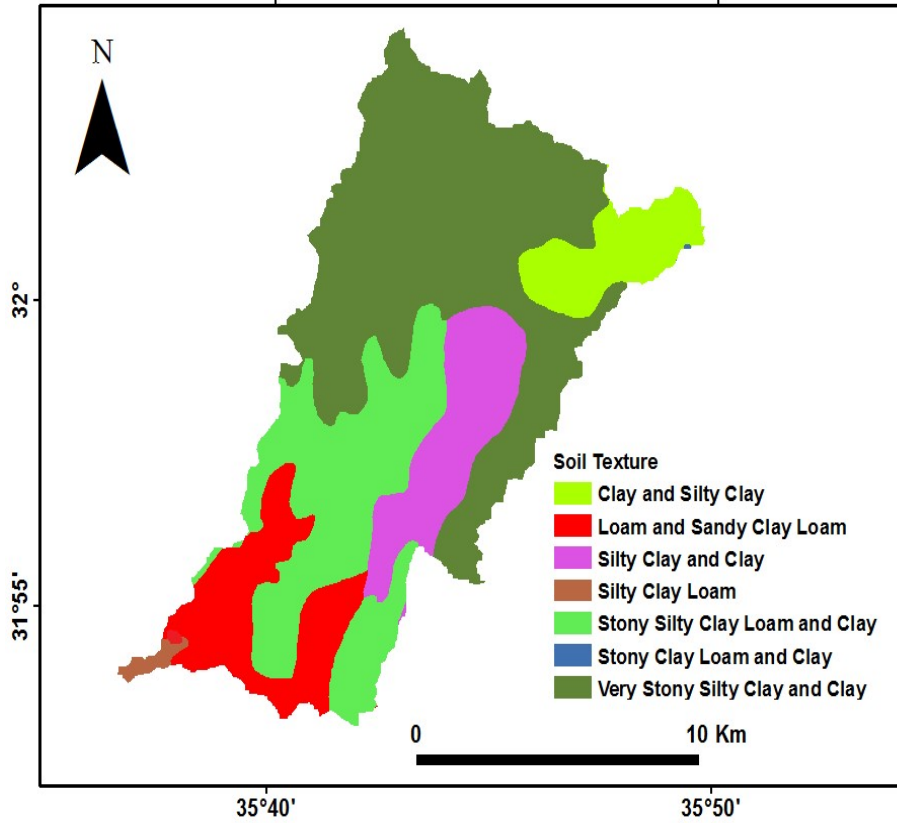
وشكلت المحاصيل الشجرية 35.63% من إجمالي المساحة الكلية، ويليه المراعي بنسبة 28.79%، ثم الصخور المعرأة 06.41% وجاءت السدود في المرتبة الأخيرة بنسبة 0.10% من إجمالي المساحة الكلية، الجدول (1).

الجدول (1): التوزيع النسبي والمساحي لاستخدام الأرض / الغطاء الأرضي

أنماط الاستخدام	المساحة/كم	% من المساحة الإجمالية
السدود	0.1802	0.10
الغابات المغلقة	0.1876	0.11
المحاجر	0.4855	0.28
السطوح الصوانية	0.8647	0.50
الأراضي الرسوبية	2.0454	1.19
المحاصيل الحقلية	5.6362	3.27
الغابات المفتوحة	6.1065	3.54
الخضراوات	6.2635	3.63
المناطق العمرانية	7.4844	4.34
التربة المعرأة	15.139	8.78
الصخور المعرأة	20.783	12.06
المراعي	49.628	28.79
المحاصيل الشجرية	61.433	35.63

رقم المنحنى (Curve Number):

يعد رقم المنحنى (Curve number) في الوقت الحاضر من أكثر الطرق شيوعاً كطريقة مركبة لغطاء التربة الهيدرولوجي (The Hydrological Soil Cover Complex Method)، إذ تستخدم على نطاق واسع كخطوة ضرورية لتقدير الجريان السطحي، حيث تتضمن هذه الطريقة استخدام خصائص مهمة ومتنوعة للحوض النهري المعني كنفذية التربة، واستخدام الأراضي، ظروف مياه (رطوبة) التربة السابق (الأولي) (Antecedent soil water conditions) والتي يجب أخذها بعين الاعتبار. كما يعد نسيج التربة من المعايير المهمة في تحديد رقم المنحنى، حيث تشكل التربة ذات النسيج (Very Stony Silty Clay and Clay) الجزء الأكبر من مساحة منطقة الدراسة وتبلغ حوالي 46%، والتربة ذات النسيج (Silty Clay Loam) حوالي 1%، والتربة ذات النسيج (Stony Clay Loam and Clay) حوالي 3% من مساحة منطقة الدراسة، الشكل (6).

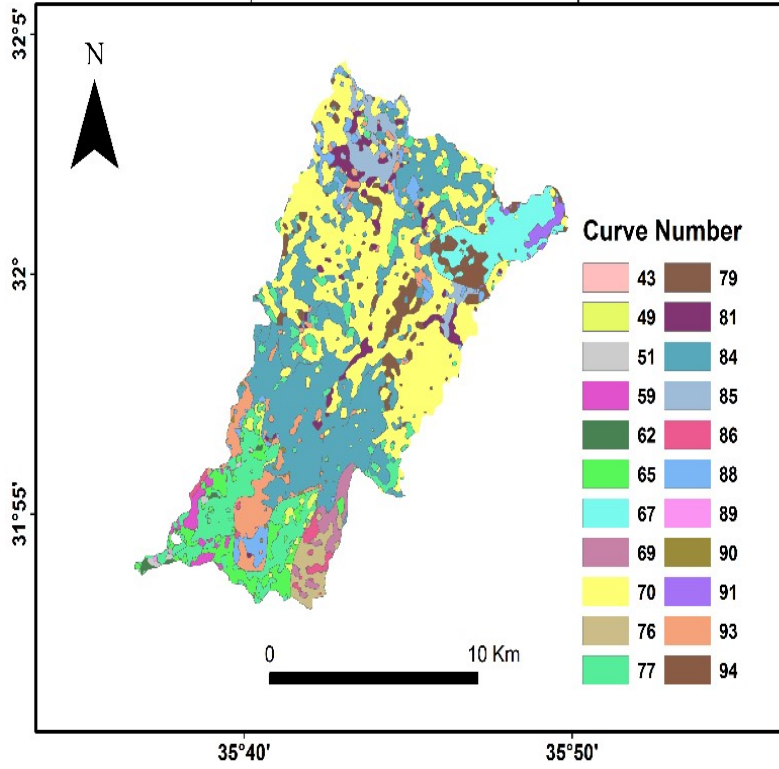


الشكل (6): نسيج التربة في منطقة الدراسة

تقدير الجريان المائي السطحي لحوض وادي شعيب بالتكامل ما بين نموذج (SCS-CN) وتقنيتي (GIS and RS)

وتعكس قيم (CN) حالة غطاءات الأرض وهيدرولوجية التربة من حيث قدرتها على امتصاص الماء، وهي بذلك مؤشر لمدى استجابة حوض التجميع للجريان السطحي. فقيم CNs المرتفعة تدل على الأسطح الشديدة الصماتة Impervious surfaces والأكثر قدرة على توليد جريان سطحي مرتفع. أما القيم المتدنية فتدل على الأسطح الأقل صماتة أو غير المصمتة pervious surfaces حيث تنخفض مقدرتها على توليد الجريان السطحي⁽³⁵⁾.

ويلاحظ تكرار بعض القيم بين غطاءات مختلفة وذات سمات هيدرولوجية مختلفة، وهذا يعني أن له القدرة على الإصمات أو الامتصاص، وبالتالي لهما القدرة نفسها على توليد الجريان السطحي. وبذلك فإن خلاصة القيم المعبرة عن الإصمات في حوض وادي شعيب التي بلغ عددها 22 قيمة تراوحت بين 43 للمناطق الأكثر مسامية و94 للمناطق الأشد صماتة، في حين بلغ معدل قيمة CN للحوض 76.8، وهذا يشير إلى أن مستوى الإصمات في الحوض عموماً مرتفع. كما يلاحظ أن أكثر قيم CNs توزيعاً هي القيمة 70 حيث تشغل 52.6 كم² بما نسبته 30.5% من مساحة الحوض، الشكل (7).



الشكل (7): توزيع أرقام المنحنى في منطقة الدراسة

مجموعات التربة الهيدرولوجية (Hydrologic Soil Groups):

وحسب المتخصصين في (SCSSoil) يجب تصنيف التربة إلى أربع مجموعات هيدرولوجية (Hydrology group)، وهي (A,B,C and D Group)، الجدول (2) (36).

الجدول (2): المجموعات الهيدرولوجية للتربة

صنف التربة	عمق الجريان	نوع التربة
A	قليل	طبقة رملية عميقة مع كمية قليلة جدا من الطين والغرين.
B	متوسط	طبقة رملية أقل عمق من الصنف A مع معدل ارتشاح متوسط.
C	فوق المتوسط	طبقة طينية محدودة العمق مع معدل ارتشاح دون المتوسط أو طبقة صخرية مغطاة بالطبقة من التربة.
D	عالٍ	طبقة طينية سميكة مغطاة بطبقة ضحلة من الغرين الناعم أو طبقة صخرية عارية.

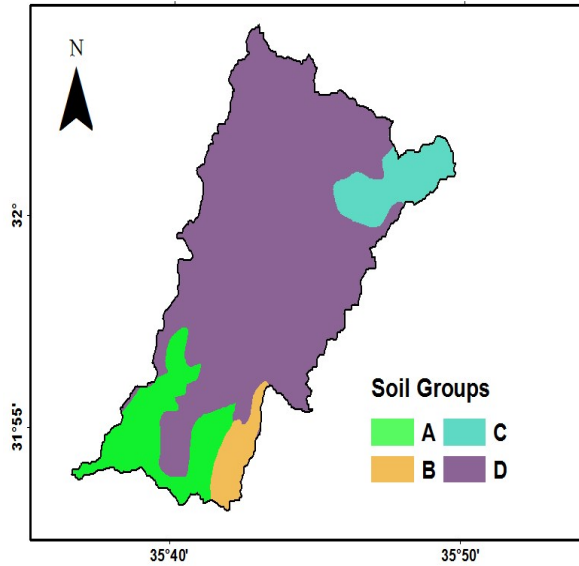
ويعتمد تصنيف المجموعات الأربعة على السعة والقدرة على الرشح المائي حيث تعبر المجموعة (A) عن القدرة العالية للتربة (High Capacity)، أما المجموعة (B) فهي ذات قدرة متوسطة (Medium capacity) والمجموعة (C) وتمثل التربة ذات السعة المنخفضة (Low capacity)، وأما المجموعة (D) فذات سعة منخفضة جدا (Very low capacity)، كما يعتمد تحديد قيم كل مجموعة أو صنف على استعمال الأرض والغطاء الأرضي في المنطقة المدروسة وغطاء التربة الهيدرولوجي، والتي تستخدم في تطبيق الجريان السطحي المباشر.

ويمكن تصنيف منطقة الدراسة إلى أربع مجموعات للتربة الهيدرولوجية (Hydrologic Soil group)، الجدول (3).

الجدول (3): مجموعات التربة الهيدرولوجية

مجموعة التربة الهيدرولوجية	نسيج التربة	المساحة (كم ²)	(%)
A	رمل، طيني غريني	21.8	12.4
B	حصوي، طيني، طفلي	7.1	4.1
C	طيني، حجارة صغيرة	13.2	7.5
D	حصوي، طيني غريني	133.5	76
-	المجموع	175.6	100%

حيث تتكون المجموعة (A) من الرواسب الفيضية الواسعة، وهي عبارة عن ترب رملية عميقة خشنة ذات قدرة عالية على امتصاص الماء، وتشغل 21.8 كم² ونسبة 12.4% من مساحة الحوض، وتنتشر هذه الترب في الجزء الجنوبي الغربي من حوض وادي شعيب. أما المجموعة (B) فهي تربة ضحلة من حيث العمق، ذات نسيج خشن وهي عبارة عن خليط من الحصى والفئات الصخري تربط بينها مواد لاحمة تتألف بصورة رئيسية من السلت، وتنحصر في الجزء الجنوبي الشرقي من حوض وادي شعيب وتشغل 7.1 كم² ونسبة 4.1% من مساحة الحوض الإجمالية. وتعد المجموعة (C) من تربة داكنة اللون تحتوي على أكاسيد الحديد والصلصال، وتتسم بنسيج خشن في المجاري العليا من الأودية حيث يغلب على تكوينها الجلاميد الصخرية والحجارة الصغيرة المختلطة بالرمل، وتقدر مساحتها بنحو 13.2 كم² بما نسبته 7.5% من حوض وادي شعيب. أخيرا تمثل المجموعة (D) أكبر المجموعات الهيدرولوجية مساحة، وتشغل نحو 133.5 كم² بما نسبته 76% من مساحة منطقة الدراسة، وهي أضعف الفئات الهيدرولوجية قدرة على امتصاص الماء. وتعد هذه الفئة هي الأهم لأنها مسؤولة عن نشوء معظم الجريان السطحي في الحوض، الشكل (8).



الشكل (8): مجموعات التربة الهيدرولوجية

ظروف التربة السابقة: (AMC) (Antecedent moisture condition)

تعد ظروف التربة السابقة (AMC) مؤشرا على رطوبة التربة، وعلى مخزون الرطوبة السابق للعاصفة المطرية المتاح في التربة الذي له دور فعال في تحديد مقدار جريان الماء السطحي⁽³⁷⁾. حيث تستخدم ثلاثة مستويات في تحديد (AMC) في طريقة (CN)⁽³⁸⁾، الجدول (4).

الجدول (4): تصنيف ظروف رطوبة التربة الأولية (USDA,1986)

AMC	Dormant season	Growing season
I	<12.7	<35.6
II	<12.7-27.9	35.6-53.3
III	>27.9	>53.3

حيث يمثل (AMCI) الظروف الجافة، و(AMCII) الظروف العادية، و (AMCIII) الظروف الرطبة.

ويمكن استخدام المعادلات المتعلقة بحالات رطوبة التربة الثلاث (AMC) لحساب الجريان السطحي المباشر للعاصفة المطرية من خلال معادلة (SCS-CN). وتتراوح قيمة (CN) ما بين (0-100) وتعبر عن الاستجابة المائية لمكونات الحوض ما بين النفاذية العالية والمنخفضة، وتعبر قيم (CN) عن مقدار إصمات السطح، فكلما اتجهت القيم ناحية (100) فإن الأسطح تكون أكثر صماتة (غير منفذة للماء)، وإذا اتجهت القيم نحو الصفر فإن الأسطح تكون أقل صماتة⁽³⁹⁾. ويحدد بناء على مجموعة التربة الهيدرولوجية، واستخدام الأرض، والظروف الهيدرولوجية⁽⁴⁰⁾. وبالتالي لا بد من وجود مجموعة من المعايير التي يجب تحديدها وتقديرها من أجل تصنيف ظروف الرطوبة للتربة وتقدير منحني رطوبة التربة، وبعد ذلك حساب المخزون السطحي للتربة (s)(water storage) والفاقد الأولي (Initial abstraction(Ia))، وفي النهاية تقدير الجريان السطحي.

ويبلغ رقم المنحنى المركب 76.5 ملم لحوض وادي شعيب حسب القرينة الآتية:

$$CN_c = \frac{13387.5}{175} = 76.5$$

ومن ثم فإن CNII تساوي (76.5) في ظروف الرطوبة العادية (AMCII) The normal conditions، أما بالنسبة للظروف الجافة (AMCI) فتساوي 57.7 ملم حسب القرينة الآتية:

$$CN(I) = \frac{4.2 \times 76.5}{10 - 0.058 \times 76.5} = 57.7$$

أما بالنسبة للظروف في الحالة الرطبة فيبلغ رقم المنحنى 88.4 ملم حسب القرينة الآتية:

تقدير الجريان المائي السطحي لحوض وادي شعيب بالتكامل ما بين نموذج (SCS-CN) وتقنيتي (GIS and RS)

$$CN(III) = \frac{23 \times 76.5}{10 + 0.13 \times 76.5} = 88.4$$

ويبين الجدول (5) رقم المنحنى لظروف الرطوبة السابقة الثلاثة (The three antecedent moisture conditions) في حوض وادي شعيب.

الجدول (5): رقم المنحنى العام لظروف الرطوبة السابقة الثلاثة

AMC	I	II	III
Value	57.7	76.5	88.4

ومن أجل الحصول على قيم رقم المنحنى الموزونة لكل مساحة مصنفة تم الاعتماد على مجموعة التربة الهيدرولوجية والغطاء الأرضي / استخدام الأرض، الجدول (6).

الجدول (6): أرقام المنحنى الموزونة

No.	Land Use / Land Cover	Coditions	Hydrologic Soil	CN	Area (Km^2)	Area (%)
1	Forset	Fair	C	91	1.2	0.68587
			D	79	5	2.85778
2	Pastures	Poor	A	49	1.29	0.73731
			B	69	2.5	1.42889
			C	79	0.3	0.17147
			D	84	45.4	25.9486
3	Quary	Human use	C	91	0.01	0.00572
			D	94	0.47	0.26863
4	Bare soil	Not used	A	65	6	3.42934
			B	76	3.2	1.82898
			C	90	0.14	0.08002
			D	88	5.6	3.20071
5	Bare rock	Not used	A	77	11.2	6.40143
			B	86	1	0.57156
			C	91	0.07	0.04001
			D	93	8.4	4.80107
6	Chert plains	Not used	A	77	0.5	0.28578
			B	86	0.01	0.00572
			D	90	0.3	0.17147
7	Field crops	Fair	A	43	0.001	0.00057
			B	65	0.2	0.11431
			C	70	0.2	0.11431
			D	77	5.2	2.97209
8	Tree crops	Fair	A	51	0.3	0.17147
			C	67	8.5	4.85823
			D	70	52.4	29.9495

No.	Land Use / Land Cover	Coditions	Hydrologic Soil	CN	Area (Km^2)	Area (%)
9	Vegetables	Fair	A	62	0.4	0.22862
			C	79	1	0.57156
			D	81	4.85	2.77205
10	Urban Fabric	Poor	A	89	0.07	0.04001
			C	94	1.5	0.85733
			D	65	5.8	3.31502
11	Wadi deposits	Poor	A	59	1.6	0.91449
			D	86	0.35	0.20004
				76.853	174.961	100

وتتباين منطقة الدراسة من حيث مجموعة التربة الهيدرولوجية، وقيمة رقم المنحنى والمساحة التي تشغلها، ودرجة الانحدار والارتفاعات التي تتوزع ضمنها مجموعات التربة، وقيمة رقم المنحنى وظروف الغطاء الأرضي/ استخدام الأرض.

تقدير الجريان السطحي:

من أجل حساب عمق الجريان السطحي (The surface runoff depth) في حوض وادي شعيب يمكن استخدام المعادلة الآتية:

$$Q = \frac{(p-0.2S)^2}{(p+0.08S)} \quad p > 0.2S \text{ or } P > Ia$$

أما حساب قيمة S فيكون على أساس العلاقة الرياضية الآتية:

$$s = \frac{25400}{CN (II)} - 254$$

وبتطبيق هذه المعادلة على حوض وادي شعيب نحصل على قيمة S على النحو الآتي:

$$S (\text{Normal conditions}) = \frac{25400}{76.5} - 254 = 78$$

$$S (\text{Dry conditions}) = \frac{25400}{57.7} - 254 = 184$$

$$S (\text{Wet conditions}) = \frac{25400}{88.4} - 254 = 33.3$$

تقدير الجريان المائي السطحي لحوض وادي شعيب بالتكامل ما بين نموذج (SCS-CN) وتقنيتي (GIS and RS)

أما بالنسبة للفاقد الأولي فيمكن حسابه من خلال المعادلة الآتية:

$$I_a = 0.2S$$

ويمكن تطبيقه على منطقة الدراسة على النحو الآتي:

$$-I_a \text{ (Normal conditions)} = 0.2 \times 78 = 15.6$$

$$-I_a \text{ (Dry conditions)} = 0.2 \times 184 = 36.8$$

$$-I_a \text{ (Wet conditions)} = 0.2 \times 33.3 = 6.6$$

وهذه النتائج يمكن توضيحها في الجدول (7).

الجدول (7): المخزون السطحي والفاقد الأولي في ظروف الرطوبة الثلاثة

AMC	CN	S	P> 0.2S
I	57.7	184	36.8
II	76.5	78	15.6
III	88.4	33.3	6.6

وتم حساب قيمة رقم المنحنى (CN) لمنطقة الدراسة في الظروف الرطبة (AMCIII)، وظروف الجفاف (AMCI) وفي الظروف العادية (AMCII) بالإضافة إلى الفاقد الأولي (Ia)، والمخزون المائي في التربة (S) لكل محطة مطرية داخل حوض وادي شعيب البالغ عددها 5 محطات مطرية، بعد تقسيم منطقة الدراسة إلى مساحات (Theissen polygons)، الجدول (8).

الجدول (8): حجم الجريان السطحي لحوض وادي شعيب

NO	Station	Area (KM ²)	$\sum Cni*ai$	AMC	CN	S(mm)	Ia (p>0.2S) (mm)	Average runoff (mm) (1980-2016)
1	SOUTH SHUNA	28.3	1751.4	I	55.7	202	40.4	0.8
				II	75.1	84.2	16.8	
				III	87.3	36.9	7.3	
2	IRA	21.2	1299.9	I	59.6	172.1	34.4	0.9
				II	80.2	62.7	12.5	
				III	90.3	27.2	5.4	
3	HUMMAR	40.2	2970.6	I	56.2	197.9	39.5	1.4
				II	75.7	81.5	16.3	
				III	87.7	35.6	7.1	
4	W.Shuib	42.2	2971.6	I	59.4	173.6	34.7	1.5
				II	77.7	72.8	14.5	
				III	88.9	31.7	6.3	
5	SALT	43.8	2972.6	I	59.5	172.8	34.5	1.7
				II	77.8	72.4	14.4	
				III	88.9	31.7	6.3	

ومن ثم تطبيق المعادلة المتعلقة بحساب الجريان المائي لكل محطة مطرية للفترة الزمنية الواقعة بين (1980-2016) لجميع المحطات واعتمدت المعادلة الخاصة بحساب الجريان على قيمة الأمطار (P) التي حددت لكل عاصفة مطرية، ومخزون الحوض المائي (S)، والتي تم حسابها كما ذكر سابقا بالاعتماد على رقم المنحنى لكل عاصفة مطرية، كما اعتمد الباحث على طريقة (SCS) في التوصل إلى النتائج المتعلقة بالجريان المائي.

وبناء على نتائج تطبيق معادلة الجريان المائي إتضح للباحث وجود تباين في معادلات الجريان المائي في حوض وادي شعيب، كما قام الباحث باستخراج حجم الجريان المائي لكل مساحة تمثلها محطات الدراسة، الجدول (9)، من خلال تحويل كميات الجريان المائي من المليمتر إلى المتر المكعب⁽⁴¹⁾، على النحو الآتي:

$$\text{Runoff value me(m}^3\text{)} = (\text{Average runoff} * 10^{-3}) * (\text{Area} * 10^6)$$

الجدول (9): حجم الجريان السطحي (م³) في حوض وادي شعيب

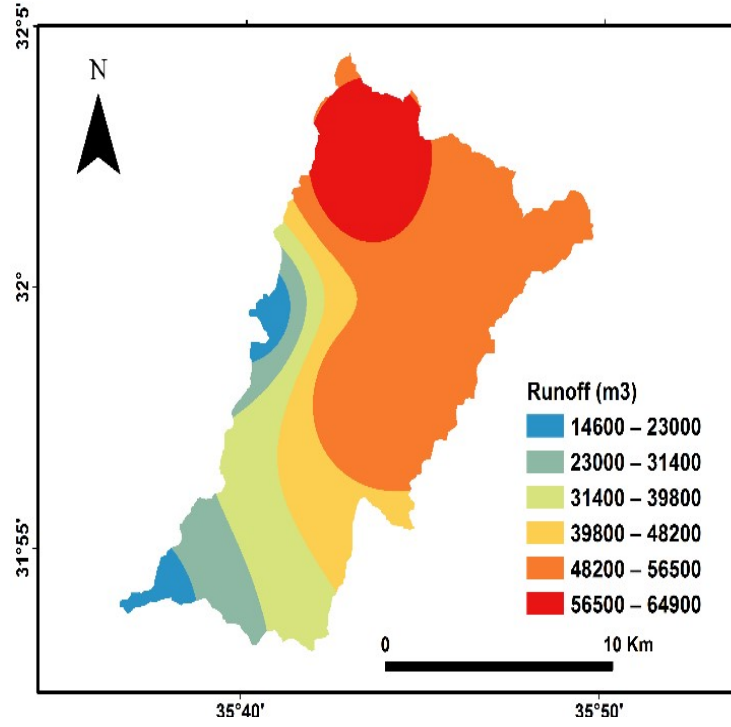
حجم الجريان السطحي (م ³)	المساحة	نسبة الجريان السطحي من مجموع الأمطار (%)	المعدل العام		المعدل العام للمحطة للأمطار (ملم) للفترة -1980
			معدل عمق الجريان السطحي (ملم) للفترة -1980	المعدل السنوي للعواصف المطرية (ملم) للفترة -1980	
64940	43.8	3	1.7	65.7	562 السلط
55800	42.2	4	1.5	41.8	340 شعيب
50680	40.2	2	1.4	59.8	481 الحمر
14580	21.2	3	0.9	32.2	260 عيرا
18640	28.3	5	0.8	14.1	152 الشونة الجنوبية
40928	175.6	3.4	1.26	42.72	359 المعدل

* تمثل كمية الأمطار للعواصف المطرية التي تحدث جريان سطحي

بناء على ما تقدم فقد بلغ حجم الجريان السطحي الكلي على أساس العواصف المطرية للفترة 1980-2016م حوالي 204640م³، أما على مستوى المحطات المطرية فقد توزع حجم الجريان السطحي على تلك المحطات، وبلغ أعلى جريان سطحي في محطة السلط بحجم 64940 م³ وذلك بسبب حجم الأمطار المرتفع، ويلها محطة شعيب حيث بلغ حجم الجريان فيها

تقدير الجريان المائي السطحي لحوض وادي شعيب بالتكامل ما بين نموذج (SCS-CN) وتقنيتي (GIS and RS)

وجاءت في المرتبة الأخيرة محطة عيرا وبلغ حجم الجريان فيها 14580 م³، الشكل (9).
55800 م³.



الشكل (9): حجم الجريان السطحي باستخدام نموذج (SCS-CN)

Runoff Estimation by Using the (SCS-CN) Method with GIS and RS for Wadi Shuieb Watershed

Noah M. Al-Sababhah and Alaa A. Al-omari, *Department of Geography, Yarmouk University, Irbid, Jordan.*

Abstract

The goal of this study is to estimate surface runoff using (SCS-CN) and Geographic Information System and remote sensing (GIS &RS) in Wadi Shuieb Basin which is located within the dry region in central Jordan. The maps of the hydrological soils and land use / land cover were used within the GIS environment toolbox to produce table and map of the curve number (CN). The model of the curve number was then used to estimate the runoff which corresponds to the rain storms within the watershed.

Due to the inconsistency records of runoff within the study area, the SCS-CN model was found to be an effective method for estimating the runoff generation. The results show that the SCS-CN method provides high-precision results in estimating surface runoff which particularly based on rain storms. The corresponding values were (57.7), (76.5) and (88.4) under dry, normal and wet conditions respectively. This in turns influences the surface storage (S) and the initial loss (Ia). The results furthermore, illustrate that the highest rate of surface runoff (64940 m³) was in Salt meteorological station, whereas (Ira) meteorological station has the lowest rate of surface runoff (14580 m³).

Key Words: Surface Runoff, Curve Number, Wadi Shuieb, Hydrologic, Soil Conservation Service Model.

الهوامش :

- (1) الصباغة، نوح، (2013)، تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر جنوب شرق الأردن باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.
- (2) Satheeshkumar.S et al. (2017). *Rainfall–runoff estimation using SCS–CN and GIS approach* in the Pappiredipatti watershed of the Vaniyar sub basin, South India. *Model. Earth Syst. Environ.* 3:24.
- (3) Askar.M. Kh.(2014). Rainfall-runoff model using the SCS-CN method and geographic information systems:a case study of Gomal River watershed. *Water and Society II. WIT Transactions on Ecology and The Environment*, Vol 178.159:170.

- (4)Askar.M. Kh.(2014). Rainfall-runoff model using the SCS-CN method and geographic information systems:a case study of Gomal River watershed. Water and Society II. *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, Vol 178.159:170.
- (5)Abu Khyarah, A (2002), *GIS Hydrological Models for Managing Water Resources in the Zarqa River Basin*, Unpublished Master Dissertation, Jordan University of science and Technology, Irbed, Jordan.
- (6)Verdin, J.P., Senay, G.B.(2004). *Developing index maps of water-harvest potential in Africa*. 20 (6), 789–799 (12).
- (7)Gupta, K. K. Deelstra, J and Sharma, K.D. (1997), *Estimation of Water Harvesting Potential for A Semi-Arid Area Using GIS and Remote Sensing for Design and Operation of water Resources system*, Proc International symposium, Rabat, moroco ,242, 53-62.
- (8)De Winnaar, G.Jewitt, G and Haron, M.(2007),A GIS-Based Approach for Identifying potential Runoff Harvesting sites in the Thukela River Basin (South Africa), *physics and chemistry of the Earth*, Part A/B/C, 32 (15-18),1058-1067.
- (9)Al-Nubani, N. (2000), *Rainfall-Runoff process and Rainfall Analysis for Nablus Basin*, Unpublished Master Dissertation, An-Najah National University, Palestine.
- (10)Chow, W., (2007). Estimating land-use change impacts on direct runoff and non-point source pollutant loads in the Richland Creek Basin (Illinois, USA) by applying the L-THIA model. *J. Spatial Hydrol.* 7 (1), 47e65.
- (11)Pradham,R.Ghose,M.K. Agrawal, S.V.(2010), Estimation of Rainfall-Runoff Using Remote Sensing and GIS in and Around Singtam, East Sikkim, *International Journal of Geomatic and Geosciences*,1(2),466-477.
- (12)Shah.K.(2017). Application of SCS-CN Method forEstimation of Runoff Using GIS. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*. Volume 4, Issue 4. 558:567.
- (13)Kowalik.T and Walega.A.(2015). Estimation of CN Parameter for Small Agricultural Watersheds Using Asymptotic Functions. *Water* (www.mdpi.com/journal/water). 7, 939-955.
- (14)Pandey AC, Stuti. (2017). Geospatial Technique for Runoff Estimation Based on SCS-CN Method in Upper South Koel River Basin of Jharkhand (India). *International Journal of Hydrology*. Volume 1 Issue 7.1:8.

- (15)Salami.A. et al. (2017). Runoff Hydrographs Using Snyder and SCS Synthetic Unit Hydrograph Methods: A Case Study of Selected Rivers in South West Nigeria. *Journal of Ecological Engineering de*. Volume 18, Issue 1, 25–34.
- (16)Amutha, R. and Porchelvan, p. (2009), Estimation of surface Runoff in Malattar Sub- Watershed Using SCS – CN Method, *Journal of Indian SOC. Remote Sens* ,37, 291-304.
- (17)Cràciun,A.I.Haidu,I.Bilaşco,Şt.(2007), The SCS-CN Model Assisted by GIS-Alternative Estimation of the Hydric in Real Time, *Geographic Technica*, 1,1-7.
- (18)Shadeed, S. and Almasri, M. (2010) Application of GIS-Based SCS-CN Method in West Bank Catchments, Palestine, *Water Science and Engineering*, 3(1),1-13.
- (19)Gandini, M.L. Usunoff, E.J(2004), SCS Curve Number Estimation Using Remote Sensing NDVI in GIS Environment, *Journal Environmental Hydrology*,12,1-9.
- (20)Ebrahimian.M.(2009). Application of Natural Resources Conservation Service – Curve Number Method for Runoff Estimation with GIS in the Kardeh Watershed, Iran. *European Journal of Scientific Research*. Vol.34 No.4, pp.575-590.
- (21)Mahmoud.S.H.(2014). Investigation of rainfall–runoff modeling for Egypt by using remote sensing and GIS integration. *Elsevier*.120. 111–121.
- (22)USDA (1972) Soil Conservation Service (SCS), *SCS National Engineering Handbook*, Section 4 Hydrology, Washington, DC.
- (23)Weissling et al. (2009). Evaluation of NRCS curve number and MODIS time-series proxies for antecedent moisture condition. *Civil Engineering and Environmental Systems*. Vol. 26, No. 1, 85–101.
- (24)Guzmán.R.H et al. (2009). Evaluation of total runoff for the Rio San Pedro sub-basin (Nayarit, Mexico) assessing their hydrologic response units. *Journal of Spatial Hydrology*.Vol.9, No.2.72-85.
- (25)Ramakrishnan. D, et al, (2009). SCS-CN and GIS-based approach for identifying potential water harvesting sites in the Kali Watershed, Mahi River Basin, *India. J. Earth Syst. Sci.* 118, No. 4, pp. 355–368.
- (26) سلامة، حسن (2015)، *جغرافية الأقاليم الجافة*، (ط2)، دار المسيرة، عمان، الأردن.

- (27) Mikbel, Sh and Zacher, W. (1981). The Wadi Shuieib Structure in Jordan. *N.Jb. Geol. Paleont.Mh.*, 9, 571-576.
- (28) Ministry of Water Agriculture (MWA). (1993), *Soil Map and Land Use Project for Jordan*, Hunting Technical Services LTD in Associated with Soil Survey and Land Research Center, Uk, Level.1, Vol.2.
- (29) USDA, Soil Conservation Services. (1985), *National Engineering*, Hand Book, USA.
- (30) Chow, V.T. Maidment, D.K. and Mays, L.W. (2002), *Applied Hydrology*, New York, USA, McGraw-Hill Book Company.
- (31) USDA, Soil Conservation Services. (1985), *National Engineering*, Hand Book, USA.
- (32) Chow, V.T. Maidment, D.K. and Mays, L.W. (2002), *Applied Hydrology*, New York, USA, McGraw-Hill Book Company.
- (33) Rallison, R.E. (1980). *Origin and Evaluation of the SCS Runoff Equation*. Symp on Watershed Mgmt. ASCE, New York, N.Y. 912-924.
- (34) Pradham, R. Ghose, M.K. Agrawal, S.V. (2010), Estimation of Rainfall-Runoff Using Remote Sensing and GIS in and Around Singtam, East Sikkim, *International Journal of Geomatic and Geosciences*, 1(2), 466-477.
- (35) AL-Gamdi, S (1991), *Estimating Runoff Curve Numbers of the Soil Conservation Service in Arid and Semi-arid Environments Using Remotely Sensed Data*, A dissertation Submitted to the Faculty of the University of Utah.
- (36) USDA, Soil Conservation Services. (1987), *National Engineering*, Hand Book, USA.
- (37) Cràciun, A.I. Haidu, I. Bilașco, Șt. (2007), The SCS-CN Model Assisted by GIS-Alternative Estimation of the Hydric in Real Time, *Geographic Technica*, 1, 1-7.
- (38) USDA, Soil Conservation Services. (1986), *National Engineering*, Hand Book, USA.
- (39) USDA, Soil Conservation Services. (1985), *National Engineering*, Hand Book, USA.
- (40) Chow, V.T. Maidment, D.K. and Mays, L.W. (2002), *Applied Hydrology*, New York, USA, McGraw-Hill Book Company.
- (41) USDA, Soil Conservation Services. (1985), *National Engineering*, Hand Book, USA.

قائمة المراجع:

المراجع العربية:

- سلامة، حسن (2015)، *جغرافية الأقاليم الجافة*، (ط2)، دار المسيرة، عمان، الأردن.
- الصباحة، نوح، (2013)، *تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر جنوب شرق الأردن باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد*، رسالة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

المراجع الأجنبية:

- Abu Khyarah, A (2002), *GIS Hydrological Models for Managing Water Resources in the Zarqa River Basin*, Unpublished Master Dissertation, Jordan University of science and Technology, Irbed, Jordan.
- AL-Gamdi, S (1991), *Estimating Runoff Curve Numbers of the Soil Conservation Service in Arid and Semi-arid Environments Using Remotely Sensed Data*, A dissertation Submitted to the Faculty of the University of Utah.
- Al-Nubani, N. (2000), *Rainfall-Runoff process and Rainfall Analysis for Nablus Basin*, Unpublished Master Dissertation, An-Najah National University, Palestine.
- Amutha, R. and Porchelvan, p. (2009), Estimation of surface Runoff in Malattar Sub- Watershed Using SCS – CN Method, *Journal of Indian SOC. Remote Sens* ,37, 291-304.
- Askar.M. Kh.(2014). Rainfall-runoff model using the SCS-CN method and geographic information systems:a case study of Gomal River watershed. *Water and Society II. WIT Transactions on Ecology and The Environment*, Vol 178.159:170.
- Choi, W., (2007). Estimating land-use change impacts on direct runoff and non-point source pollutant loads in the Richland Creek Basin (Illinois, USA) by applying the L-THIA model. *J. Spatial Hydrol.* 7 (1), 47e65.
- Chow, V.T. Maidment, D.K. and Mays, L.W. (2002), *Applied Hydrology*, New York, USA, McGraw-Hill Book Company.

- Cràciun,A.I.Haidu,I.Bilaşco,Şt.(2007), The SCS-CN Model Assissted by GIS- Alternative Estimation of the Hydric in Real Time, *Geographic Technica*, 1,1-7.
- De Winnaar, G.Jewitt, G and Haron, M.(2007),A GIS-Based Approach for Identifying potential Runoff Harvesting sites in the Thukela River Basin (South Africa), *physics and chemistry of the Earth*, Part A/B/C, 32 (15-18),1058-1067.
- Ebrahimian.M.(2009). Application of Natural Resources Conservation Service – Curve Number Method for Runoff Estimation with GIS in the Kardeh Watershed, Iran. *European Journal of Scientific Research*. Vol.34 No.4, pp.575-590.
- Gandini, M.L. Usunoff, E.J(2004), SCS Curve Number Estimation Using Remate Sensing NDVI in GIS Enveroment, *Journal Enveromental Hydrology*,12,1-9.
- Gupta, K. K. Deelstra, J and Sharma, K.D. (1997), *Estimation of Water Harvesting Potential for A Semi-Arid Area Using GIS and Remate Sensing for Design and Operation of water Resources system*, Proc International symposium, Rabat, moroco ,242, 53-62.
- Guzmán.R.H et al. (2009). Evaluation of total runoff for the Rio San Pedro sub-basin (Nayarit, Mexico) assessing their hydrologic response units. *Journal of Spatial Hydrology*.Vol.9, No.2.72-85.
- Kowalik.T and Walega.A.(2015). Estimation of CN Parameter for Small Agricultural Watersheds Using Asymptotic Functions. *Water* (www.mdpi.com/journal/water). 7, 939-955.
- Mahmoud.S.H.(2014). Investigation of rainfall–runoff modeling for Egypt by using remote sensing and GIS integration. *Elsevier*.120. 111–121.
- Mikbel,Sh and Zacher,W.(1981).The Wadi Shuieb Structure in Jordan. *N.Jb. Geol. Paleont.Mh.*, 9,571-576.
- Ministry of Water Agriculture. (1993), *Soil Map and Land Use Project for Jordan*, Hunting Technical Services LTD in Associated with Soil Survey and Land Research Center, Uk,Level.1,Vol.2.
- Ministry of Water Agriculture. (1993), *Soil Map and Land Use Project for Jordan*, Hunting Technical Services LTD in Associated with Soil Survey and Land Research Center, Uk,Level.1,Vol.3.

- Pandey AC, Stuti. (2017). Geospatial Technique for Runoff Estimation Based on SCS-CN Method in Upper South Koel River Basin of Jharkhand (India). *International Journal of Hydrology*. Volume 1 Issue 7.1:8.
- Pradham,R.Ghose,M.K. Agrawal, S.V.(2010), Estimation of Rainfall-Runoff Using Remote Sensing and GIS in and Around Singtam, East Sikkim, *International Journal of Geomatic and Geosciences*,1(2),466-477.
- Rallison,R.E.(1980). *Origin and Evaluation of the SCS Runoff Equation*. Symp on Watershed Mgmt.ASCE,New York,N.Y.912-924.
- Ramakrishnan. D, et al, (2009). SCS-CN and GIS-based approach for identifying potential water harvesting sites in the Kali Watershed, Mahi River Basin, India. *J. Earth Syst. Sci.* 118, No. 4, pp. 355–368.
- Salami.A. et al. (2017). Runoff Hydrographs Using Snyder and SCS Synthetic Unit Hydrograph Methods: A Case Study of Selected Rivers in South West Nigeria. *Journal of Ecological Engineering de*. Volume 18, Issue 1, 25–34.
- Satheeshkumar.S et al. (2017). *Rainfall–runoff estimation using SCS–CN and GIS approach* in the Pappiredipatti watershed of the Vaniyar sub basin, South India. *Model. Earth Syst. Environ.* 3:24.
- Shadeed, S. and Almasri, M. (2010) Application of GIS-Based SCS-CN Method in West Bank Catchments, Palestine, *Water Science and Engineering*, 3(1),1-13.
- Shah.K.(2017). Application of SCS-CN Method for Estimation of Runoff Using GIS. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*. Volume 4, Issue 4. 558:567.
- Soulis.K. X and 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.*, 16, 1001–1015.
- USDA (1972) Soil Conservation Service (SCS), *SCS National Engineering Handbook*, Section 4 Hydrology, Washington, DC.
- USDA, Soil Conservation Services. (1985), *National Engineering*, Hand Book, USA.
- Verdin, J.P., Senay, G.B.(2004). *Developing index maps of water-harvest potential in Africa*. 20 (6), 789–799 (12).
- Weissling et al. (2009). Evaluation of NRCS curve number and MODIS time-series proxies for antecedent moisture condition. *Civil Engineering and Environmental Systems*. Vol. 26, No. 1, 85–101.