Journal of Agricultural, Environmental and Veterinary Sciences (JAEVS) • Vol 9, Issue 4 (2025) • P: 79 - 64
https://journals.ajsrp.com/index.php/jaevs
ISSN: 2522-3364 (Online) • ISSN: 2522-3364 (Print)

Spatial Suitability of Harvesting Floodwater in The King Suleiman bin Abdelaziz's Royal Reserve by Using GIS "Wadi Tawarn as a Model"

Ms. Norah Mashaan Aid* , **Dr. Ummhani Idris Ahmed**

Faculty of Languages and Humanities | Qassim University | KSA

Received: 18/08/2025

Revised: 28/08/2025

Accepted: 07/09/2025

Published: 15/12/2025

* Corresponding author: nora_13579@hotmail.com

Citation: Aid, N. M., & Ahmed, U. I. (2025). Spatial Suitability of Harvesting Floodwater in The King Suleiman bin Abdelaziz's Royal Reserve by Using GIS "Wadi Tawarn as a Model". *Journal of Agricultural, Environmental and Veterinary Sciences, 9*(4), 64 – 79. https://doi.org/10.26389/AJSRP.N200825

2025 © AISRP • Arab Institute for Sciences & Research Publishing (AISRP), United States, all rights reserved.

• **Open Access**

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license

Abstract: The present study aimed to delineate the optimal sites for water harvesting in Wadi Tuwaran, located within the King Salman bin Abdulaziz Royal Reserve, through the application of Geographic Information Systems (GIS) and the Analytic Hierarchy Process (AHP). A comprehensive spatial database was constructed for the wadi, which encompasses an area of (136.74) km² and receives an average annual rainfall of (168.47) mm. The terrain is characterized by its ruggedness, while the geological formations predominantly consist of resistant granitic rocks. The selection of evaluation criteria was guided by the standards of the Food and Agriculture Organization (FAO) in conjunction with insights from previous research. These criteria were subsequently analyzed, reclassified, and weighted based on expert judgments obtained through a structured questionnaire distributed to specialists across hydrology, geomorphology, climatology, and GIS. The analytical process yielded spatial suitability maps for both dams and ponds, revealing that the proportion of areas classified as highly suitable amounted to (0.37%) for dams and (1.46%) for ponds.

Keywords: Water harvesting, Analytic Hierarchy Process, Dams, Water diggers.

الملائمة المكانية لحصاد مياه السيول بمحمية الملك سلمان بن عبد العزيز الملكية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (وادي توارن: أنموذجاً)

أ. نورة مشعان عايد*، الدكتورة / أم هاني أدريس أحمد

كلية اللغات والعلوم الإنسانية | جامعة القصيم | المملكة العربية السعودية

المستخلص: هدفت الدراسة إلى تحديد المواقع المثلى لحصاد المياه في وادي توران في محمية الملك سلمان بن عبد العزيز الملكية، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وتحليل متعدد المعايير (AHP)، بنيت قاعدة بيانات للوادي بلغت مساحته (136,74) كم²، ومعدل الأمطار (168,47) ملم، أراضيها وعرة وصخورها جرانيتية صلبة، حددت المعايير بناء على معايير منظمة الفاو والدراسات السابقة، حللت المعايير وأعيد تصنيفها ثم حددت الأوزان بناء على استبانة وزعت على خبراء في مختلف المجالات المختصة، ثم توصلت الدراسة إلى إنتاج خرائط الملاءمة المكانية (للسدود والحفائر) وبلغت نسبة الملائمة عالية جداً للسدود (0.37%)، وللحفائر (1,46%).

الكلمات المفتاحية: حصاد المياه، تحليل الهرمي، السدود، الحفائر.

1- المقدمة:

يعد توفر المياه شرطًا أساسيًا لازدهار الحضارات، إلا أن المناطق الجافة وشبه الجافة، كأغلب مناطق المملكة العربية السعودية، تواجه تحديات كبيرة في توفير المياه نتيجة اعتمادها على موارد غير متجددة كالمياه الجوفية وتحلية مياه البحر، وقد احتلت منطقة الشرق الأوسط المرتبة ما قبل الأخيرة عالميًا في عام (2006م) من حيث ندرة المياه المتجددة (القحطاني وإسماعيل، 2012م)، وقد عرفت (المنظمة العربية للتنمية الزراعية 2002م) حصاد المياه بأنها تقنية التي تستخدم في حجز مياه الأمطار والسيول وتخزينها بطرق مختلفة وإعادة استخدامها عند الحاجة إليها، وتُعد تقنيات حصاد المياه خيارًا فعّالًا لتوفير موارد مائية مستدامة، من خلال تجميع المياه وتخزينها للاستفادة منها لاحقًا (الذويب، 2012م).

ومن النماذج التاريخية الرائدة في هذا المجال "درب زبيدة"، الذي صُممت فيه قنوات حجرية لنقل مياه الأمطار لمسافات طويلة (الزامل ومحمد، 2021م)، وتعتمد المملكة على المياه الجوفية والتحلية لتلبية الطلب المتزايد، حيث تشير إحصاءات وزارة البيئة والمياه والزراعة (2018م) إلى أن القطاع الزراعي يستهلك أكثر من (80%) من المياه.

وتُعد محمية الملك سلمان بن عبد العزيز أكبر محمية طبيعية في المملكة، وقد تم تسجيلها ضمن قاعدة البيانات العالمية للمحميات، وضمن مساعي تحقيق التنمية المستدامة في هذه البيئة الجافة، تهدف الدراسة إلى تحديد أنسب المواقع لحصاد مياه السيول في وادي توارن، باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية.

مشكلة الدراسة:

تمتلك المملكة مخزونا احتياطياً محدوداً من المياه الجوفية الغير متجددة القابلة للاستغلال، وكذلك معدلات تغذية منخفضة، وتشهد متطلبات المياه السنوية في المملكة التي قدرت عام 2015م بنحو (24,8) مليار متر مكعب بزيادة سنوية ثابتة بنسبة (7%)، علماً أن قطاع الزراعة هو المستهلك الأكبر للمياه في المملكة (وزارة البيئة والمياه والزراعة،1439هـ).

بلغ حجم السيول الواردة في المملكة خلال موسم (2023م) (2,15) مليار م^3، وتم رصد (655) مليون م^3 في السدود؛ كما استطاعت المملكة إنشاء(570) سداً تجمع كمية مياه قدرها (2,6) مليار م^3 تقريباً لدعم مصادر مياه الشرب، وحماية التجمعات السكانية من الفيضانات، وتغذية المياه الجوفية، وتسعى وزارة البيئة والمياه والزراعة إلى إقامة (1000) سد إضافي؛ قدرت السعة التخزينية لبعض السدود الاحترازية المقامة على بعض الأودية في حدود محمية الملك سلمان بـ (1,450,000 م^3) (وزارة البيئة والمياه والزراعة، 1445هـ)، تأتي هذه الدراسة لتحليل الخصائص المكانية لإنشاء السدود والحفائر في وادي توارن لحصاد المائي وذلك باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

تساؤلات الدراسة:

1- كيف يمكن تحديد مواقع الملاءمة المكانية لحصاد السيول؟

2- ما الطرق والتقنيات المستخدمة لحصاد مياه السيول في المحمية وكيف يمكن إنتاج خريطة لتحديد المواقع المثلى لحصاد مياه السيول؟

فرضية الدراسة:

1. يمكن تحديد المواقع المكانية الملاءمة لحصاد مياه السيول بالاعتماد على مجموعة من المعايير الطبيعية (الأمطار، الجيولوجيا، الانحدار، التربة، الصدوع، بعد مجاري الأودية عن السدود والحفائر) والبشرية (الاستخدامات العمرانية والطرق) باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والتحليل المكاني.
2. يسهم استخدام الطرق والتقنيات الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والتحليل متعدد المعايير (MCA) في تحديد المواقع المثلى لحصاد مياه السيول وإنتاج خريطة توضح الملاءمة المكانية.

أهداف الدراسة:

1. تحديد المعايير والعوامل اللازمة لحصاد مياه السيول.
2. تحديد الملاءمة المكانية للمواقع المقترحة وطرق تقنيات حصاد مياه السيول بالمحمية وإنتاج خريطة لتحديد المواقع المثلى لحصاد مياه السيول.

أهمية الدارسة:

تكمن أهمية الدراسة في معالجة وإيجاد طرق لتحسين الوضع المائي في محمية الملك سلمان بن عبد العزيز، وذلك بالاستفادة من مياه سيول الأودية التي تفقد دون استغلالها في تنمية المراعي والغطاء النباتي والحياة الفطرية وتلبية حاجة السكان في منطقة الدراسة.

منهجية الدراسة:

اتبعت الدراسة المنهج الوصفي والتحليلي لغرض تحقيق أهداف الدراسة، في وصف الظاهرات الطبيعية والبشرية المؤثرة على عملية الحصاد المائي وتحليلها، والأسلوب الاحصائي وذلك بالاستعانة بنموذج مصلحة صيانة التربة الأمريكية Soil Conservation Service (SCS) في تقدير حجم وعمق الجريان السطحي، وإنشاء قاعدة بيانات في نظم المعلومات الجغرافية.

تم استخدام برامج (ArcMap) لإجراء الإرجاع الجغرافي، التحليل المكاني للأمطار، دمج ومعالجة المرئيات الفضائية، واستخلاص الشبكات المائية من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة (30م)، ولتقدير حجم الجريان سوف يتم استخدام نموذج الهيئة الأمريكية لصيانة التربة (SCS)، الذي يعد من أشهر الأساليب الرياضية لتقدير الجريان السطحي في المناطق الجافة و الشبة الجافة، وهي طريقة طورت من قبل وزارة الزراعة الأمريكية كما تعرف هذه الطريقة بمنحنى الأرقام Curve Number (CN) ، حيث استخدمت في العديد من دراسات متعلقة بتحديد الجريان السطحي وهي على النحو التالي كما وردت في (USDA,1986).

$$Q=((P-La)^2)/((P-La)+S) \quad (1)$$

Q= عمق الجريان السطحي، P= الأمطار، S= الحد الأقصى المحتمل للاحتفاظ بعد بدء الجريان السطحي، La= الفواقد الأولية قبل بدء الجريان السطحي مثل التبخر و التسرب.

$$La=0.2S \quad (2)$$ La هي تساوي خمس S

وعند إزالة La باعتباره وسيط مستقل تصبح المعادلة على النحو التالي:

$$Q=((P-0.2S)^2)/((P+0.8S)^2) \quad (3)$$

ترتبط قيمة S بالغطاءات الأرضية والمجموعات الهيدرولوجية التي حددتها صيانة التربة الأمريكية في جداول خاصة (USDA,1986).

$$S=1000/CN-10 \quad (4)$$

أما حجم الجريان السطحي يمكن حسابه بواسطة المعادلة التالية:

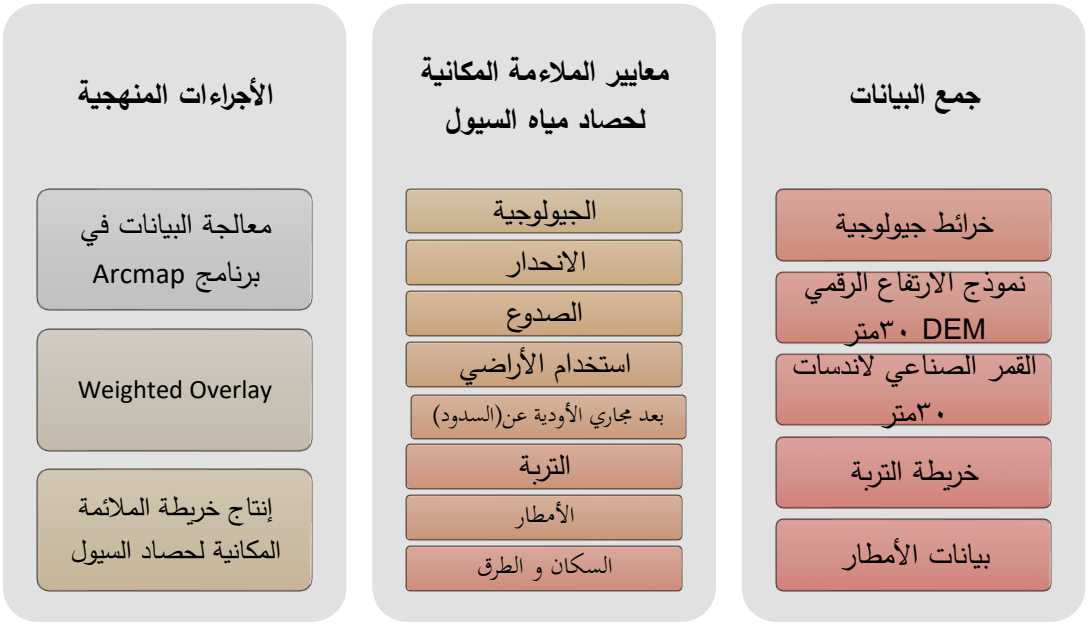
$$Qv= (Q*A/1000) \quad (5)$$

حيث أن: QV = حجم الجريان السطحي، Q = عمق الجريان السطحي، A= مساحة الحوض، 1000= معامل التحويل.

تم إعداد استبانة تضمنت مجموعة من المعايير المرتبطة بتحديد المواقع الملاءمة لحصاد المياه، شملت: معدل الأمطار، الخصائص الجيولوجية، درجة الانحدار، الصدوع، نوع التربة، أنماط استعمالات الأراضي، البعد عن مجاري الأودية بالنسبة للسدود والحفائر، إضافة إلى الطرق والتجمعات السكانية، وقد استندت الاستبانة إلى آراء عدد من المختصين في مجالات المناخ، والهيدرولوجيا، والجيومورفولوجيا، والسكان، ونظم المعلومات الجغرافية، وذلك بطريقة منظمة تراعي المؤهل الأكاديمي، والخبرة العلمية، والتخصص، ومجال الخبرة، بلغ عدد أفراد العينة 51 مختصاً، إلا أنّه تم استبعاد (11) استبانة لعدم استيفائها الشروط، ليصبح العدد النهائي 40 استبانة مكتملة صالحة للتحليل.

المعايير والاشتراطات لحصاد المياه:

هناك معايير واشتراطات يجب أخذها في الاعتبار عند تحديد أنسب الأماكن لحصاد المياه وفقاً للخصائص الطبيعية والبشرية، بناءً على أراء الخبراء والمنظمات والدراسات السابقة (الشكل3):



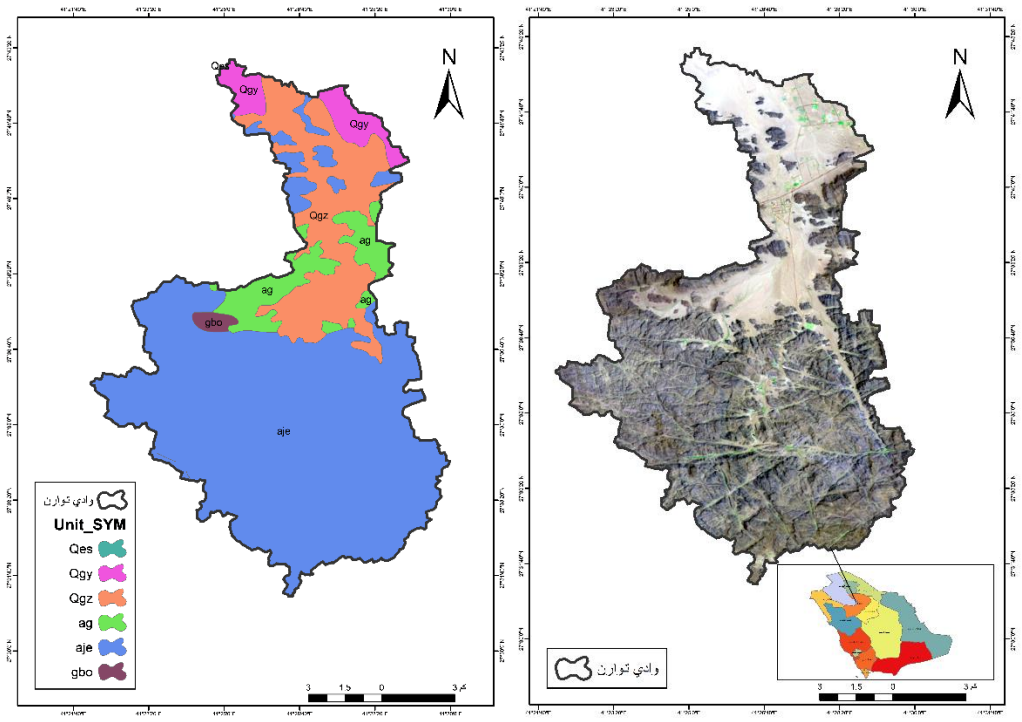
الشكل -3 مخطط منهجية الملاءمة المكانية لحصاد مياه السيول

الدراسات السابقة:

تتناول الدراسات السابقة موضوع حصاد مياه الأمطار والسيول في البيئات الجافة وشبه الجافة، مع التركيز على المملكة العربية السعودية ومناطق مشابهة، أبرزت دراسة آل الشيخ (2006م) أهمية التوسع في تقنيات الحصاد لتعويض العجز المائي، في حين اعتمدت دراسات مثل الدعدي (2014م) والشقور (2020م) على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لتحديد المواقع المثلى لحصاد المياه وفق معايير طبيعية وبشرية، كما وظفت دراسات مثل الذويب (2012م) والزغول وآخرون (2016م) التحليل المكاني ونماذج الجريان السطحي لتحديد المواقع المناسبة لإقامة سدود وحفائر، ركزت دراسة الشويش والدغيري (2020م) على المحميات، أما الدراسات Yegizaw et al (2022م) و Shvan Aziz et al (2023م) فقد استخدمت نماذج تحليل متعددة المعايير (AHP وFAHP) لتحديد مواقع حصاد المياه في مناطق الجفاف، مع مراعاة الابعاد الاجتماعية والاقتصادية، تتفق هذه الدراسات مع الدراسة الحالية في أهمية التخطيط المكاني وتقنيات الحصاد، وتختلف عنها في المعايير والأهداف البيئية.

منطقة الدراسة:

يقع وادي توران في شمال غرب جبال أجا في منطقة حائل يمتد بين دائرتي عرض20" 43 ´ 27 ° شمالاً وخطي طول(40"31 41° و40"21´41°) (الشكل-1) بمساحة(136,74) كم²، وهو أحد أودية محمية الملك سلمان بن عبد العزيز الملكية، يتميز بجبالها العالية كجبال رمضان (1285م) ، جبال الدغيماء(1338م) التي تخترقها الأودية الخانقية الضيقة كوادي السليف وشعيب شقرة وشعيب العين، أما جيولوجية منطقة الدراسة فهي عبارة عن صخور جرانيتية تشمل وحدة أبانات ومقعد أجا (aje) ويتكون من الجرانيت دقيق الحبيبات، والرايولايت، ومعقد جبل كيفانتة (ag)، كما يشمل على رواسب الرباعية متمثلة في بطون الأودية وسهول الفيضية والكثبان الرملية (الشكل - 2)، أما مناخها فهو صحراوي جاف حار في الصيف وبارد شتاءً، أمطاره تمتد من أكتوبر حتى مايو معدل الأمطار من عام (1993م-2024م) بلغ (168.47) ملم.



الشكل-1 منطقة الدراسة

الشكل-2 جيولوجية وادي توارن

المبحث الأول: الخصائص الهيدورلوجية:

تعد مياه الجريان السطحي في الأحواض الموسمية مورداً مائيا يستوجب تقديرها بشكل دقيق عند التخطيط لإقامة مشاريع الحصاد المائي الهندسية كأنشاء السدود والخزانات، وبما أن معظم أحواض التصريف في البيئات الجافة الشبة الجافة تفتقر إلى المحطات الهيدرومترية عمد الباحثين وغيرهم إلى استخدام أساليب وطرق رياضية تجريبية (درويش،2017، ص249) ومنها طريقة منحنى الأرقام، واعتمدت الدراسة على هذه الطريقة (SCS-CN) (Soil Consevation Service Curve Number) باعتبارها أكثر دقة، حيث تتعامل عدة متغيرات منها:

1. تم تصنيف استخدامات الأراضي في منطقة الدراسة باستخدام Google Earth Engine والقمر Sentinel-2 بدقة (10م)، إلى ست فئات (الجدول-1) رئيسية وهي الطرق، المناطق العمرانية، التربة الجرداء، المنكشفات الصخرية، الغطاء النباتي، السبخات.

الجدول (1) تصنيف غطاءات الأرضية في منطقة الدراسة.

الفئات	الطرق	المناطق العمرانية	الترب الجرداء	المنكشفات الصخرية	الغطاء النباتي	السبخات
المساحة	2.23	1.20	30.64	86.46	12.59	3.61

2. صنفت التربة في منطقة الدراسة إلى مجموعتين هيدرولوجيتين (B, D) وفقاً لتصنيف مصلحة حماية التربة الأمريكية (SCS) بناءً على معدل تسرب المياه، (الجدول-2)، قدرت مساحة مجموعة B (38.1) كم²، ونسبة (27.86 %)، وتتسم بتربة معتدلة النفاذية، وهي مزيج من الحصى والفتات الصخري، والمجموعة D بمساحة (98.65) كم²، بالنسبة (72.14%)، وهي تربة ذات نفاذية منخفضة جدًا، طينية ضحلة، تسبب جريانًا سطحيًا عاليًا، وتشير إلى طبيعة جبلية.

الجدول (2) المجموعات الهيدرولوجية

الوادي	B	D	النسبة%B	النسبة% D	المجموع كم²
توارن	38.1	98.65	27.86	72.14	136.743

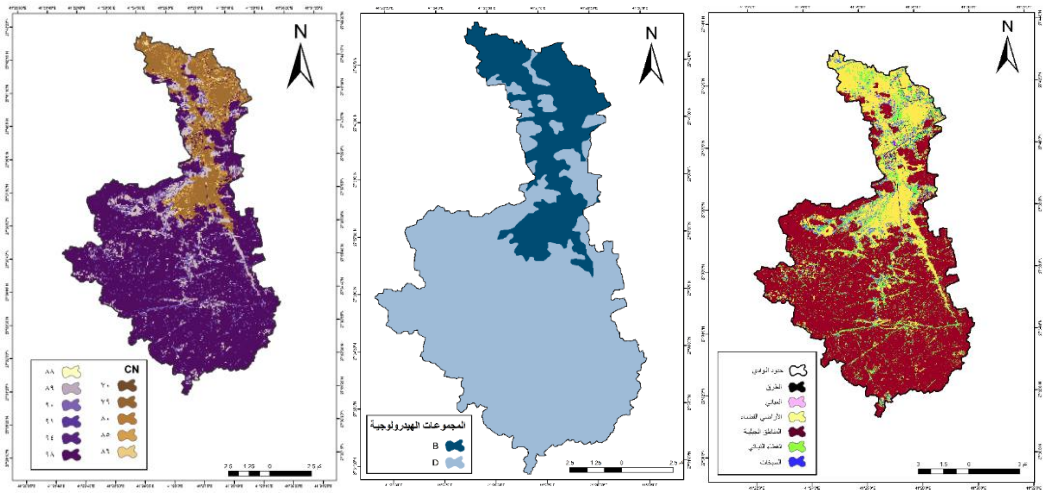
3. استطاعت الدراسة استخراج قيم رقم المنحنى (CN) وذلك اعتماداً على تصنيف استخدامات الأرض والمجموعات الهيدرولوجية للتربة من خلال برنامج (Arcgis) وباستخدام الأداة (Combine) تم دمج الطبقتين والحصول على طبقة واحدة، وتحديد قيم CN من الجداول الخاصة بأرقام المنحنى المحددة من قبل مصلحة حماية التربة الأمريكية (SCS-CN)، ففي الطرق والمنكشفات الصخرية تسجل (98) في D، مما يعني أنها غير نفاذة تمامًا وتساهم في الجريان السطحي المرتفع جدًا، والمناطق العمرانية تسجل (70) في B، مما يشير إلى قدرة متوسطة على الامتصاص، الترب الجرداء تسجل (77) في B و(88) في D، مما يدل على ضعف الامتصاص وارتفاع الجريان السطحي، الغطاء النباتي يسجل (79) في B و(89) في D، مما يشير إلى دور إيجابي في تقليل الجريان السطحي مقارنة بالعناصر

الأخرى، السبخات تسجل (85) في B و(90) في D، مما يشير إلى أنها قد تخزن بعض المياه لكنها لا تزال تُسهم في الجريان السطحي بدرجة ما كما يوضحها (الجدول-3).

4. حساب معامل الامكانية القصوى احتفاظ التربة بالماء بعد بدء الجريان السطح S: يعبر هذا المعامل عن الإمكانية القصوى للتربة على الاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان، أو حبس الماء في التربة بعد بدء الجريان السطحي، تراوحت القيم من (5.18) ملم و(108.86) ملم للأجزاء الأكثر قدرة على حفظ الماء على السطح، وتشير قيمة الوسط الحسابي البالغة (38.07) ملم إلى إمكانية الحوض ضعيفة في حفظ الماء على السطح بعد بدء الجريان السطحي.
5. عمق الجريان السطحي: يعبر عمق الجريان السطحي Runoff Depth عن مقدار المياه الجارية على السطح خلال تساقط الأمطار، تم تقدير الجريان السطحي للأودية بالاعتماد على المتوسط السنوي للأمطار الساقطة والتي سجلتها المحطة (مطار حائل)، حيث سجلت قيم Q ارتفاعاً بلغ (162.40) ملم في المناطق الجبلية والطرق، وغطت هذه المناطق مساحة (88) كم² ما يمثل (64.71%) من مساحة الحوض، في المقابل سجل أدنى عمق للجريان السطحي للمناطق العمرانية للمجموعة الهيدرولوجيةB بمساحة (2) كم² كما يوضحها (الشكل-4).

الجدول (3) قيم CN المقابلة لغطاءات الأرض والمجموعات الهيدرولوجية في وادي توارن.

غطاءات الأرض	المجموعات الهيدرولوجية للتربة			
	A	B	C	D
الطرق	_	98	_	98
المناطق العمرانية	_	70	_	
الترب الجرداء	_	77	_	88
المنكشفات الصخرية	_	98	_	98
الغطاء النباتي	_	79	_	89
السبخات	_	85	_	90



الشكل (4) الخصائص الهيدرولوجية لوادي توارن SCS.

المبحث الثاني معايير حصاد المياه:

عند اختيار المواقع المناسبة لحصاد المياه، يجب مراعاة مجموعة من الاشتراطات المرتبطة بالخصائص الطبيعية والبشرية، والتي تشمل: الجيولوجيا، معدلات الأمطار، الانحدار، استخدامات الأراضي، نوعية التربة، شبكة الطرق، والتجمعات السكانية. وقد اعتمدت هذه الدراسة على منهجية القرار متعدد المعايير (Multi-Criteria Decision Making) لاتخاذ قرارات معقدة تتضمن عدة عوامل، ما يعزز من موضوعية ودقة تحديد المواقع الأنسب، تم استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لدمج وتحليل البيانات المكانية وفقاً لمعايير طبيعية وبشرية، بهدف تحسين دقة اتخاذ القرار وجرى تحديد أوزان المعايير باستخدام أسلوب التحليل الهرمي (AHP) الذي طوّره (Saaty, 1980)، حيث يُعتمد على المقارنات الزوجية بين المعايير المختلفة ضمن هيكل هرمي، تُقاس أهمية المعايير على مقياس من (1) إلى (9)، ويُترجم هذا التقييم العددي إلى قيم كمية تعكس درجة الأهمية النسبية، مما يسمح بترتيب المعايير وفق أفضليتها. تُسهم هذه المنهجية في تعزيز دقة الاختيار

وتحديد أولويات المواقع الملائمة لحصاد المياه بطريقة منهجية وعلمية (الشهراني،1444هـ، ص153)، ولأجل اتخاذ القرار متعدد المعايير وتحديد أنسب الأماكن لحصاد المياه في منطقة الدراسة مرت المنهجية بعدة خطوات:

1. **تحديد المشكلة أو الهدف**: الحصول على الأهمية النسبية لكل معيار داخل في الملاءمة المكانية لحصاد مياه السيول في منطقة الدراسة، ثم استنتاج الملاءمة المكانية لحصاد مياه السيول.
2. **تحديد المعايير**: حددت منظمة الأغذية والزراعة (2003م) معايير وتشمل المناخ (الأمطار)، الانحدار، والهندسة الزراعية (استخدامات الأرضي)، والتربة (النسيج والعمق) والمعايير اقتصادية اجتماعية (التكلفة، المسافة إلى المدن، الطرق، ومجاري الأودية) (Aghaloo and Chiu, 2020, p.8)، واستعانت الدراسة على معايير منظمة الأغذية والزراعة والدراسات السابقة القريبة من منطقة الدراسة لتشابه الخصائص الطبيعية والبشرية بينهما.
3. **تجهيز طبقات المعايير وإعادة تصنيفها:**

أ- الأمطار: يُعد توزيع الأمطار من أهم العوامل المؤثرة في تحديد الملاءمة المكانية للحصاد المائي، حيث تم تصنيف منطقة الدراسة إلى خمس فئات للملاءمة، تتراوح من (1) للملائمة الضعيفة جداً إلى (5) للملاءمة العالية جداً، فقد تميز بملاءمة عالية في جميع أجزائه، ويُعزى ذلك إلى صغر مساحة الحوض وتجانس معدلات الأمطار فيه.

ب- تصنيف وفقاً الانحدار: صنفت درجات الانحدار في منطقة الدراسة إلى خمسه تصنيفات وفقاً للأهمية حيث أن فئة الانحدار من (0-3) درجة الملائمة عالية جداً، ومن (3,1-5) عالية، ومن (5،1-10) متوسطة، تليها (10.1-5) ضعيفة، وأكثر من (15) ضعيفة جداً وغير ملائمة لحصاد المياه، تشير النتائج أن (34.51%) من مساحته انحدارات تزيد عن (15°)، مما يشير إلى تضاريس أكثر وعورة.

ج- تصنيف وفقاً للخصائص الجيولوجية: تعتمد درجة ملاءمة المناطق لحصاد مياه السيول على مجموعة من العوامل الجيولوجية، أبرزها نوع الصخور، مدى نفاذيتها، قدرتها على تخزين المياه، وصلابتها. وبناءً على هذه الخصائص، تم تصنيف الوحدات الجيولوجية في منطقة الدراسة إلى فئتين متفاوتة في ملاءمتها لحصاد المياه، الفئة عالية جداً (الدرجة 5) تشمل الصخور ذات الخصائص المثالية لتجميع المياه مثل رواسب الأودية والصخور الجرانيتية، والتي تمتاز بنفاذية معتدلة وقدرة تخزينية جيدة، الفئة الضعيفة (الدرجة 2) تمثلها الكثبان الرملية التي تتميز بنفاذية عالية جداً ما يجعلها غير فعالة في خزن المياه.

د- تصنيف وفقاً لخصائص التربة: تُعد التربة أحد العوامل الأساسية في تحديد مدى ملاءمة المناطق لعمليات الحصاد المائي، نظرًا لدورها الحيوي في استقبال وتخزين واستخدام المياه المتجمعة، وتؤثر الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، مثل التركيب الحبيبي، النفاذية، والقدرة على الاحتفاظ بالرطوبة، بشكل مباشر في اختيار المواقع المناسبة لتجميع مياه السيول وإنشاء السدود، تم تقسيم الملائمة الفئة الثالثة جبسي أورثيدز توري أورثنتس-بروزات صخرية، والفئة الأضعف الأولى بروزات صخرية-توري سامنتس.

هـ- تصنيف وفقاً لاستخدامات الأراضي: تم تصنيف استخدامات الأراضي في منطقة الدراسة لأغراض حصاد مياه السيول إلى خمس فئات رئيسية، وذلك وفقًا لمدى ملاءمتها للحصاد المائي.

و- تصنيف وفقاً للبعد عن الأودية (السدود): تهدف إقامة السدود إلى جمع مياه الجريان السطحي التي تسير في مجاري الأودية الموسمية بمنطقة الدراسة، لذلك يفضل أن تكون مواقع السدود إقامة السدود على الأودية مباشرة أو ضمن مسافة لا تزيد عن (50م) (الصبابحة، أبوسمور،2013م)، حيث تمثل الفئة الخامسة المواقع التي تبعد أقل من 15 مترًا عن مجرى الوادي، وهي فئة عالية جداً في الملاءمة، تليها الفئة الرابعة التي تتراوح مسافتها بين(15.1 و35) مترًا (عالية الملاءمة)، ثم الفئة الثالثة من (35.1) إلى (55) مترًا (متوسطة الملاءمة)، وتليها الفئة الثانية التي تقع ضمن (55.1) إلى (75) مترًا (ضعيفة الملاءمة)، وأخيرًا الفئة الأولى وتشمل المواقع التي تزيد مسافتها عن (75) مترًا من مجرى الوادي، وتُعد ضعيفة جداً في الملاءمة.

ز- تصنيف وفقاً للبعد عن الأودية (الحفائر): أشارت العديد من الدراسات كدراسة الزغلول وآخرون (2016)، ودراسة الشنطاوي (2006)، إلى إقامة المشاريع الحفائر على مسافة لا تقل عن (50) ولا تزيد عن(500م) من كلا جانبي الوادي كحد أقصى، تم تصنيف درجة الملاءمة المتعلقة بالبعد عن مجاري الأودية لإنشاء الحفائر إلى خمس فئات رئيسية، وتُعد الفئة الخامسة الأكثر ملاءمة (عالية جداً)، حيث تقع ضمن مسافة تتراوح بين (50) مترًا إلى (250) مترًا من مجرى الوادي، بينما تُصنف الفئة الأولى ضمن أدنى مستويات الملاءمة (ضعيفة جداً)، وتشمل المناطق التي يقل بعدها عن (50) مترًا من مجرى الوادي.

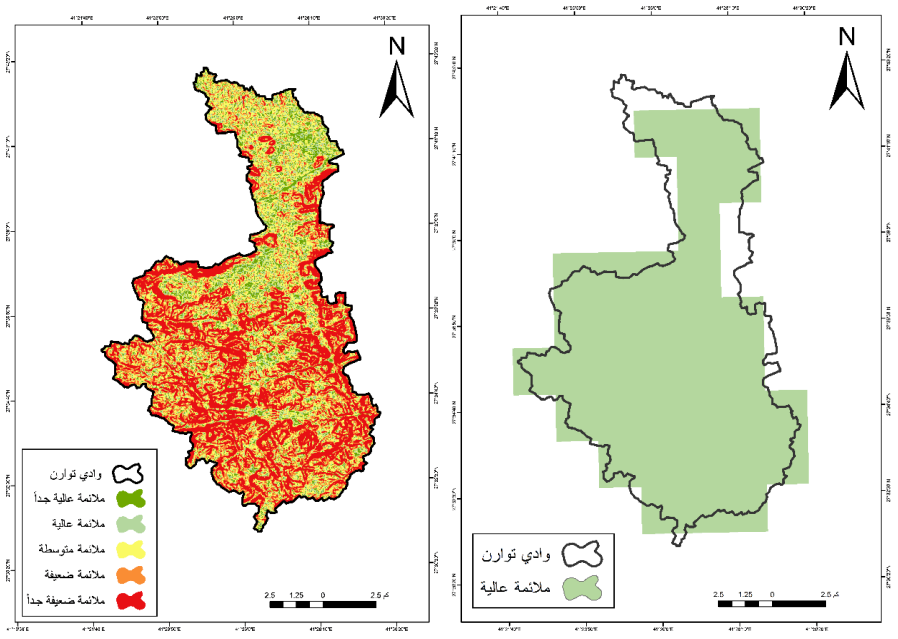
ح- تصنيف وفقاً للبعد عن الصدوع: تُعد الصدوع من العوامل الجيولوجية المؤثرة على كفاءة حصاد المياه، إذ تسهم في تسربها إلى باطن الأرض مما يقلل من فعاليتها السطحية، بناءً على كثافتها وتوزيعها، صُنفت المناطق إلى خمس فئات تمثل الفئة الخامسة أعلى ملاءمة لندرة الصدوع، بينما تمثل الفئة الأولى أدنى ملاءمة للارتفاع كثافتها. يساعد هذا التصنيف في تحديد المواقع الأكثر احتفاظاً بالمياه.

ط- تصنيف وفقاً للبعد عن التجمعات السكانية: تُعد مصادر المياه من أهم الخدمات في المناطق الحضرية، ويهتم مخططو الموارد المائية بتوفيرها قرب السكان دون التأثير عليهم. توصي الدراسات بإقامة مشاريع حصاد المياه خارج التجمعات السكانية بمسافة لا تقل عن (250م)، اعتمدت هذه الدراسة هذا المعيار لتقييم الملاءمة، تمثل الفئة الخامسة (1500–2500م) أعلى ملاءمة لبعدها عن التأثيرات البشرية، بينما الفئة الأولى (أقل من 250م) تُعد غير ملاءمة لاحتمالية تعارضها مع الاستخدامات السكانية.

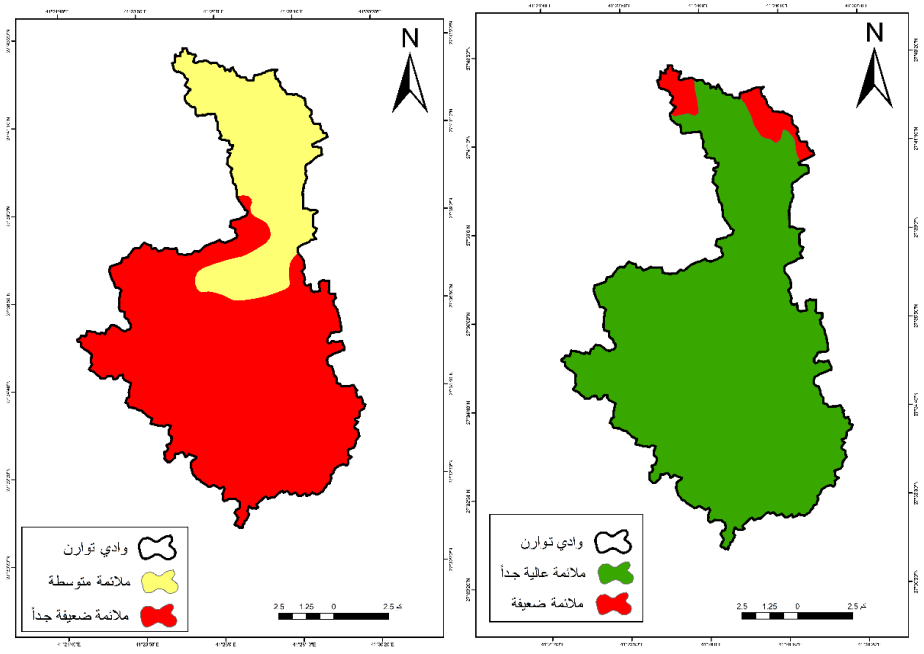
ي- تصنيف وفقاً للبعد عن الطرق: يُعد البعد عن الطرق من المعايير المهمة في تحديد ملاءمة المواقع للمنشآت، لما له من دور في سهولة الوصول والصيانة وتقليل التأثيرات البيئية، قُسّم هذا المعيار إلى خمس فئات، حيث تمثل المسافة من (250م) إلى (1000م) الفئة الأعلى ملاءمة لتوازنها بين القرب والابتعاد عن التأثيرات السلبية. تليها الفئة العالية (1000.1م - 2000م)، ثم المتوسطة (2000.1م - 2500م). أما الفئة الضعيفة (أكثر من 2500م) والفئة الضعيفة جداً (أقل من 250م) قد تتعرض لمخاطر التلوث والتعديات رغم سهولة الوصول (الجدول -4) و(الشكل-5).

الجدول (4) معايير حصاد مياه الأمطار.

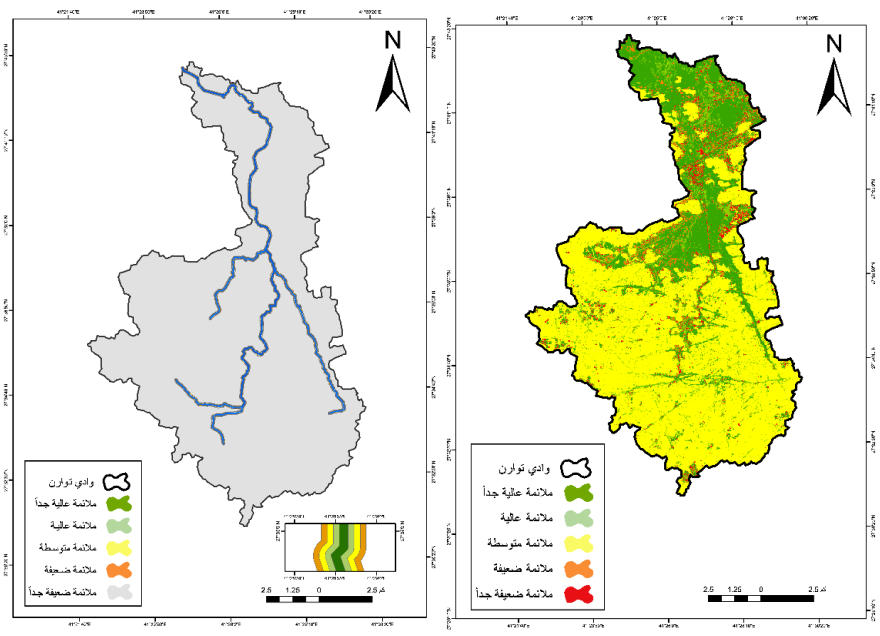
المعيار	مستوى الملاءمة				
وادي توارن	عالية جدا	عالية	متوسطة	ضعيفة	ضعيفة جداً
وزن الفئة	5	4	3	2	1
الأمطار	أكثر من 189ملم	162-189ملم	124-162ملم	104-124ملم	أقل من 104
الانحدار المساحة كم	11.67	14.47	37.98	25.59	47,19
النسبة %	8.54	10.59	27.78	18.72	34.51
الجيولوجيا المساحة كم²	130.70			6.039	
النسبة %	95.58			4.41	
التربة المساحة كم²			37.95		98.80
النسبة			27.75		72.24
استعمالات الأراضي المساحة كم²	30.64	12.59	86.46	3.61	3.43
النسبة	22.41	9.20	63.24	2.64	2.51
البعد عن المجاري (السدود) كم²	1.35	3.15	5.00	6.79	120.45
النسبة	0.99	2.31	3.66	4.97	88.08
البعد عن المجاري (الحفائر) كم²	21.93	42.84	63.17	4.29	4.51
النسبة	16.04	31.33	46.20	3.14	3.30
الصدوع المساحة كم²	47.81	7.68	24.98	23.26	33.00
النسبة	34.97	5.62	18.27	17.01	24.14
التجمعات السكانية كم²	5.66	13.81	23.82	93.25	0.20
النسبة	4.14	10.10	17.42	68.19	0.14
الطرق المساحة كم²	6.35	7.50	3.74	117.00	2.15
النسبة	4.65	5.49	2.73	85.56	1.57



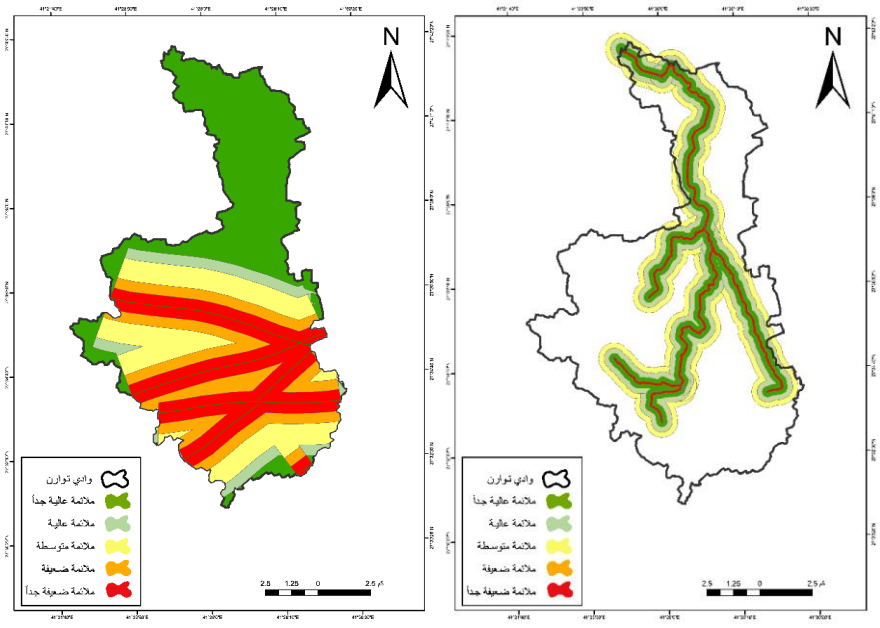
درجات ملاءمة الانحدار درجات ملاءمة الأمطار



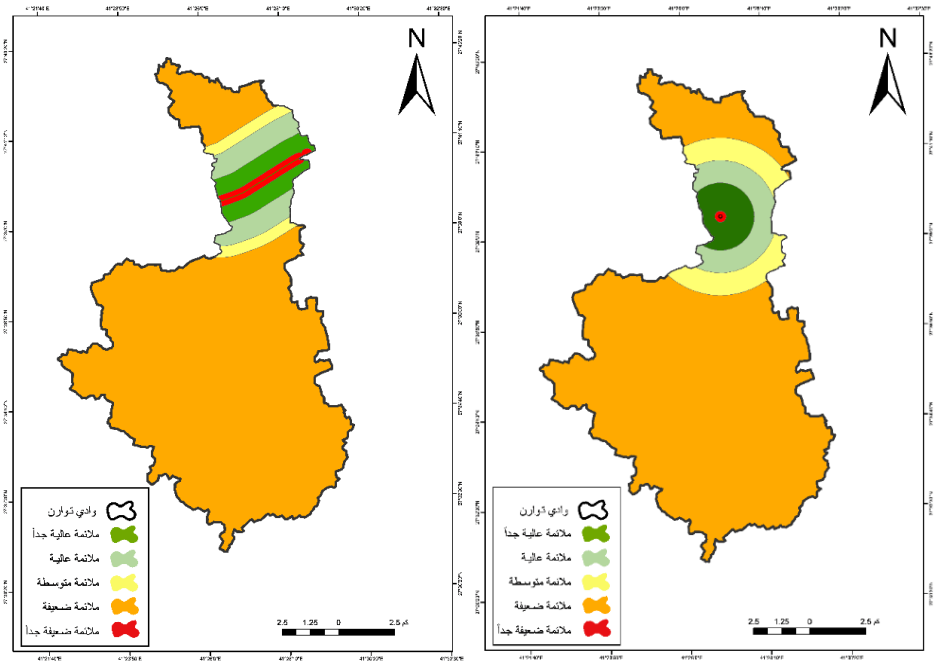
درجات ملاءمة التربة. درجات ملاءمة الخصائص الجيولوجية



درجات ملاءمة استعمالات الأراضي. درجات ملاءمة الأودية بالنسبة للسدود.



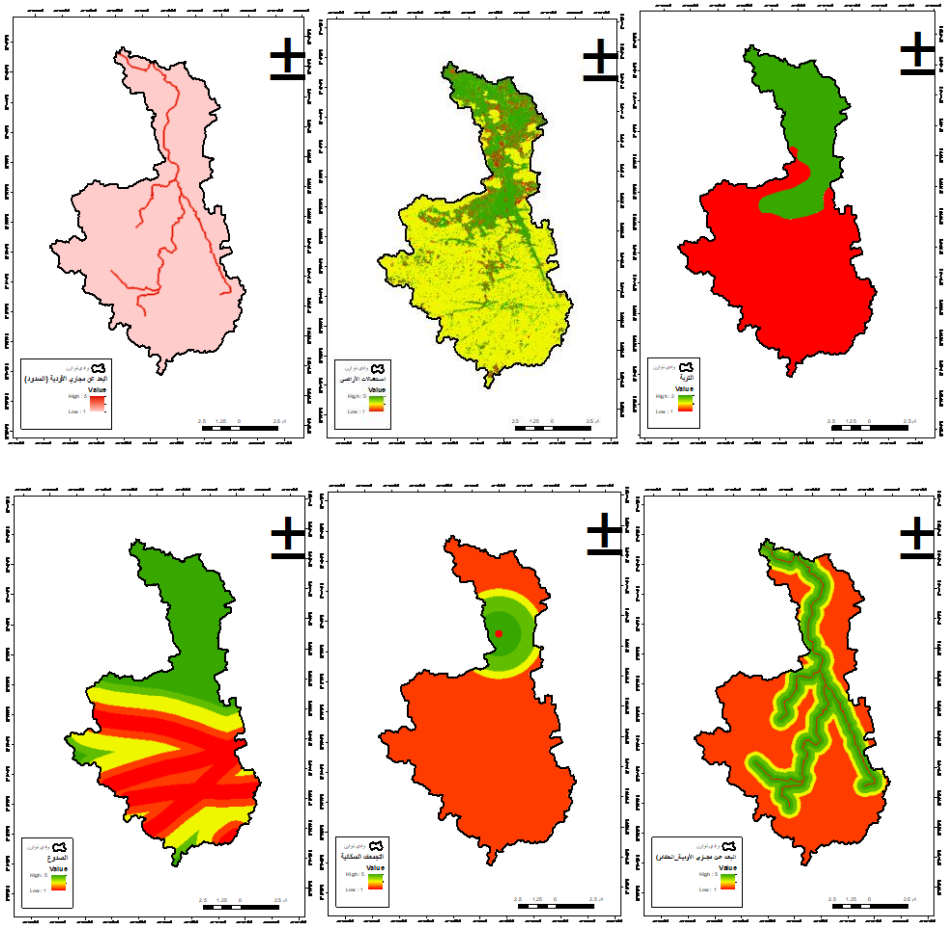
درجات ملاءمة الأودية بالنسبة للحفائر. درجات ملاءمة الصدوع.

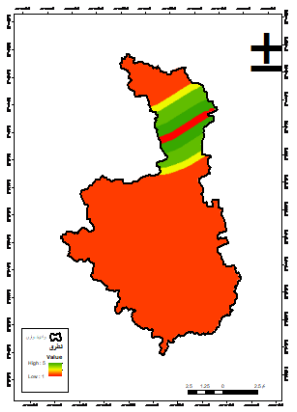


درجات ملاءمة بالنسبة للتجمعات العمرانية. درجات ملاءمة الطرق.

الشكل (5) درجات ملاءمة المعايير في منطقة الدراسة.

4. **تقييس المعايير:** في هذه المرحلة تم تقييس المعايير بواسطة طريقة متقدمة في برنامج Arcgis وذلك بواسطةRescale by Function واستخدام دالة Large وهي تحويل الأسطح المنفصلة إلى أسطح متصلة، كما يوضحها (الشكل-6).





الشكل (6) تقييس المعايير.

5. **تحديد البدائل:** يتم تحديد البدائل اعتماداً على المقياس الذي وضعه (Saaty)، والذي يتضمن العلاقة بين مجموعة من المعايير مع مجموعة من البدائل في شكل هرمي، إذ أن لكل معيار له مجموعة من بدائل قابلة للمقارنة الزوجية بينه وبين معيار الآخر، وتقاس البدائل بمقياس خاص يتراوح من (1) إلى (9)، (الجدول-5).

الجدول (5) المقياس الترتيبي للأهمية بطريقة AHP

درجة الأهمية	البدائل
1	أهمية قليلة
3	أهمية متوسطة
5	أهمية كبيرة
7	أهمية كبيرة جداً
9	أهمية مطلقة
الدرجات (2، 4، 6، 8)	درجات بينية بين الأحكام

6. **وزن المعايير:**

أ- إعداد الاستبانة لعينة قصدية: حددت أهم المعايير في الملاءمة المكانية لحصاد المياه استناداً إلى معايير منظمة الفاو والدراسات السابقة، وتم إعداد استبانة، ووزعت ألكترونياً على 51من الخبراء والأكاديميين في مجال المناخ، والجيولوجيا، والجيوموفولوجيا، والسكان، ونظم المعلومات الجغرافية، وقد بلغ عدد الاستجابات 40 استجابة فقط.

ب- تفريغ الاستبانة: تم تفريغ الاستبانة في برنامج Excel وحساب متوسط الموزون الذي يساوي (المتوسط الموزون لاستجابات العينة للمعيار الواحد= مجموع (عدد الاستجابات لكل بديل × قيمة البديل) /حجم العينة.

ج- تعديل المتوسط الموزون لاستجابة الاستبانة للمعيار: في هذه المرحلة يتم تحويل المتوسط الموزون من Float إلى Integer لكي يتم التصحيح لمقياس AHP كما في (الجدول-6).

الجدول (6) تعديل المتوسط الموزون

المعايير	المتوسط الموزون	التصحيح لمقياس AHP
الامطار	8.6	9
التربة	7.55	8
الجيولوجيا	7.50	8
الانحدار	7.45	7
استعمالات الأراضي	7.05	7
الصدوع	6.6	7
البعد عن المجاري للسدود	5.9	6
البعد عن الحفائر	5.55	6
الطرق	4.85	5
السكان	5.4	5

د- بناء مصفوفة المقارنة الزوجية وحساب مستوى ثبات الأحكام: تم بناء مصفوفة المقارنة الزوجية وحساب قيم ثبات الأحكام من خلال https://bpmsg.com/ahp/، حددت طريقة التسلسل الهرمي مستوى ثبات الأحكام بما يعرف بمستوى التناسق فكلما كانت القيمة أقل من (10%) كانت الأحكام تتصف بالثبات وعدم التناقض، أما أذا تجاوز (10%) فإنه ترفض الاحكام وتعاد الاستبانة (القصاب، 2021، ص193)، وبلغ مستوى الثبات (1.9%) مما يؤكد ثبات الأحكام وعدم تنقضها.

هـ- جبر الطبقات الخلوية للمعايير الموزونة: تم استخراج النسبة المطلقة وذلك بالاعتماد على الطبقة الخلوية في https://bpmsg.com/ahp/ كما يوضحها (الجدول -7).

الجدول (7) الأهمية النسبية والأهمية المطلقة للمعايير.

المعايير	الأهمية النسبية%	الأهمية المطلقة
الامطار	19.10	0.191
التربة	13.60	0.136
الجيولوجيا	10.90	0.109
الانحدار	10.00	0.1
استعمالات الأراضي	10.00	0.1
الصدوع	8.80	0.088
البعد عن المجاري للسدود	7.80	0.078
البعد عن الحفائر	7.80	0.078
الطرق	6.00	0.06
السكان	6.00	0.06
المجموع	100.00	1

انتاج خرائط الملاءمة المكانية:

بعد الانتهاء من عمليات تصنيف المعايير ودمجها بواسطة أداة Spatiol Analyst Tools-Overlay- Weighted Overlay، نتج عنها هذه العملية خرائط الملاءمة المكانية للسدود والحفائر، وصنفت هذه الخرائط إلى خمس فئات من (1) إلى (5) من الملاءمة المكانية لحصاد المياه وهي كالتالي:

الملاءمة المكانية لحصاد المياه بالنسبة للسدود:

1. الملاءمة العالية جداً: بلغت نسبة الملاءمة العالية جداً (0.37%) من مساحة المناطق المدروسة، وتتركز في شمال ووسط الحوض.
2. الملاءمة العالية: بلغت نسبة الملاءمة العالية (9.90%) من المنطقة المدروسة، وتتركز في الجزء الشمالي والأوسط من الحوض.
3. الملاءمة المتوسطة: بلغت نسبة الملاءمة المتوسطة (17%) من مساحة المناطق المدروسة، تعد هذه الفئة أعلى نسبة في الملاءمة المكانية في حصاد المياه وتتوزع في جميع أرجاء الحوض
4. الملاءمة ضعيفة: بلغت نسبة الملاءمة ضعيفة بلغت (19.22%)، من مساحة المناطق المدروسة، وتأتي هذه الفئة في المرتبة الثانية في الملاءمة، وتتوزع في أرجاء الحوض (الجدول-8) و(الشكل-7).

الجدول (8) الملائمة المكانية لحصاد مياه (السدود)

فئات الملاءمة	1	2	3	4	5	المجموع
وادي توارن كم²	73.16	26.28	23.25	13.54	0.51	136.74
النسبة %	53.50	19.22	17.00	9.90	0.37	100.00

الملاءمة المكانية لحصاد المياه بالنسبة للحفائر:

أ- الملائمة عالية جداً: بلغت نسبة الملاءمة العالية (1.46%).

ب- الملائمة عالية: بلغت نسبة الملاءمة العالية (13.40%).

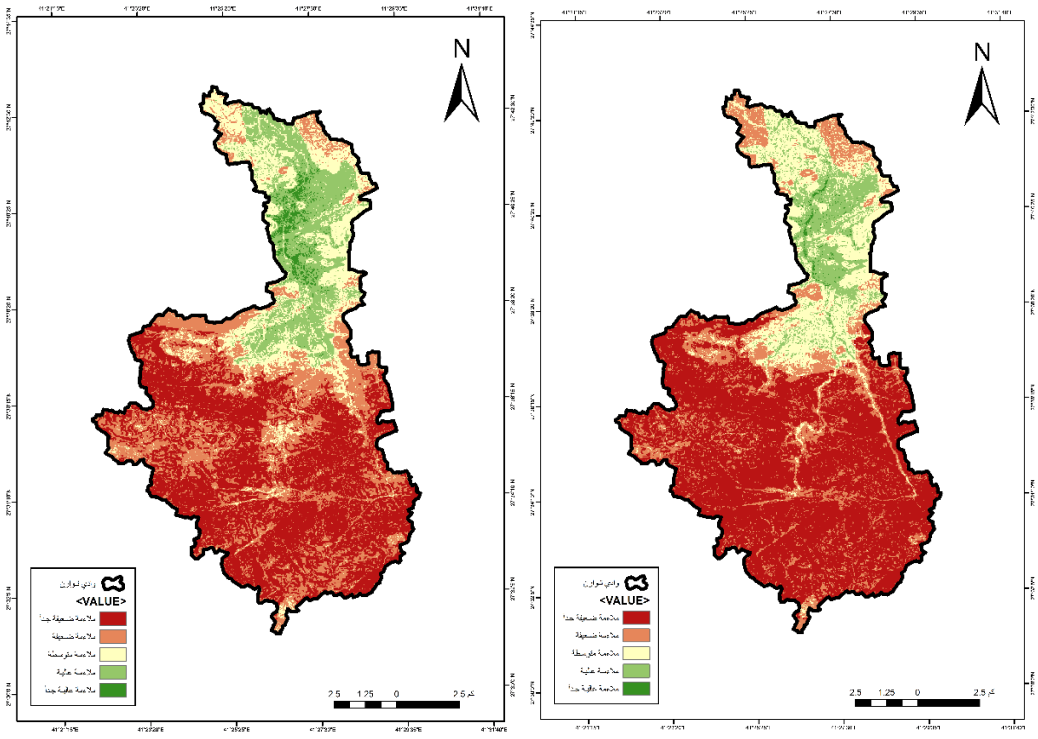
ج- الملائمة متوسطة: بلغت نسبة الملاءمة المتوسطة (16.44%) من إجمالي الوادي.

د- الملائمة ضعيفة: بلغت نسبة الملاءمة ضعيفة (27.68%)، من إجمالي المنطقة المدروسة.

هـ- الملائمة ضعيفة جداً: بلغت نسبة الملاءمة ضعيفة جداً (41.02%)، على التوالي من إجمالي المنطقة المدروسة، (الجدول -8) و(الشكل-7).

الجدول (8) الملاءمة المكانية لحصاد مياه (الحفائر)

فئات الملاءمة	1	2	3	4	5	المجموع
المساحة كم²	56.09	37.85	22.48	18.32	2.00	136.74
النسبة	41.02	27.68	16.44	13.40	1.46	100.00



الشكل (7) فئات الملاءمة لحصاد مياه السيول (السدود-الحفائر).

النتائج:

1. تتميز منطقة الدراسة في وقوعها بمنطقة الدرع العربي متمثلة في النارية الصلبة بالأجزاء الجنوبية (جبال أجا)، كما بلغ معدل الأمطار في محطة مطار حائل (168,47) ملم.
2. تم تصنيف استخدامات الأراضي إلى ست فئات رئيسية الطرق، والمناطق العمرانية، والتربة الجرداء، والمنكشفات الصخرية، والغطاء النباتي، والسبخات، وصنفت التربة في منطقة الدراسة إلى مجموعتين هيدرولوجيتين (B, D).
3. استطاعت الدراسة استخراج قيم رقم المنحنى (CN) ففي الطرق والمنكشفات الصخرية سجلت (98) في D، والمناطق العمرانية سجلت (70) في B، والترب الجرداء تسجل (77) في B و(88) في D، والغطاء النباتي يسجل (79) في B و(89) في D، والسبخات تسجل (85) في B و(90) في D، وحساب معامل الامكانية القصوى احتفاظ التربة بالماء بعد بدء الجريان السطحي حيث تراوحت القيم من (5.18) ملم و(108.86) ملم، وعمق الجريان السطحي بلغ (162.40) ملم (88) كم² ما يمثل (64.71%) من مساحة الحوض.
4. صنفت منطقة الدراسة إلى خمس فئات للملائمة، تتراوح من (1) للملائمة الضعيفة جداً إلى (5) للملائمة العالية جداً، (الأمطار، الجيولوجيا، الانحدار، الصدوع، استعمالات الأراضي، بعد مجاري الأودية عن السدود، بعد مجاري الأودية عن الحفائر، الطرق، والسكان.
5. أظهرت النتائج أن نسبة الملاءمة العالية جداً في حالة إنشاء السدود بلغت (0.37%) من إجمالي مساحة، أما في حالة إنشاء الحفائر، فقد بلغت النسبة (1.46%).
6. أظهرت نتائج التحليل المكاني باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية أن دمج المعايير الطبيعية (الأمطار، الجيولوجيا، الانحدار، التربة، الصدوع، وبعد مجاري الأودية عن السدود والحفائر) مع المعايير البشرية (السكان والطرق) أسهم في إنتاج خريطة مكانية توضح المواقع المثلى لحصاد مياه السيول.
7. أسهم استخدام الطرق والتقنيات الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والتحليل متعدد المعايير (MCA) في تحديد المواقع المثلى لحصاد مياه السيول.

المقترحات:

1. العمل على إنشاء بالمحطات المناخية والمطرية في منطقة الدراسة ليسهل رصد معدلات الأمطار.
2. القيام بدراسات هندسية التي تعنى ببناء السدود والحفائر.
3. وضع ترتيبات خاصة للمعايير حصاد المياه في المملكة العربية السعودية بما يتناسب مع الخصائص الطبيعية والبشرية وتعميمها.

المراجع:

المراجع العربية:

- درويش، إبراهيم. (2017م)، تقدير احجام واخطار السيول في حوض وادي المورد (الجمهورية اليمنية)، رسالة غير منشورة، قسم الجغرافيا، جامعة أم القرى.
- الدعدي، ماجدة بنت عبد الله بن عبيد الله (2014م). استخدام تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لدراسة حصاد المائي لمياه السيول في منطقة القصيم. رسالة ماجستير. كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى.
- الذويب، ريهام حسن. (2012م). حصاد مياه الأمطار باستخدام نظم المعلومات الجغرافية: حالة تطبيقية- الجزء الجنوبي الغربي من محافظة الخليل (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة بيرزيت، بيرزيت.
- الزامل، وليد بن سعد؛ ومحمد، عبد الرزاق ثابث. (2012م). تتبع درب زبيدة التاريخي من الكوفة حتى مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. قسم التخطيط العمراني، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية. مجلد (33)، العدد (1).
- الزغول، ميسون بركات حسين؛ ومخامرة، زياد مفضي؛ وأبو سمور، حسين يوسف. (2016). إدارة الموارد المائية وإمكانات الحصاد المائي في حوض وادي الزرقاء باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (رسالة دكتوراة غير منشورة). الجامعة الأردنية، عمان.
- الزبيدين، ولاء أحمد عودة؛ والشقور، سطام سالم مقبل. (2020). تحديد أنسب المواقع لمشاريع حصاد المائي في حوض وادي سرحان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة مؤتة، مؤتة.
- الشنطاوي، غادة محمود. (2006م). تحديد أفضل مواقع لمشاريع الحصاد المائي (السدود، الحفائر) في منطقة البادية الشمالية الشرقية باستخدام تطبيقات نظام المعلومات الجغرافية، جامعة آل البيت، معهد علوم الأرض والبيئة، رسالة ماجستير، الأردن.
- الشهراني، نورة محمد فايز. (2023م). النمذجة المكانية لاختيار أنسب الأماكن لحصاد المياه في حوض وادي ترج في منطقة عسير باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير، جامعة القصيم.
- الشويش، إبراهيم؛ والدغيري، أحمد. (2020م). استخدام تقنيات التحليل المكاني في دراسة تهيئة وإدارة المحميات الملكية في المملكة العربية السعودية محمية التيسية_ أنموذجا. مجلة بحوث كلية الآداب، كلية الآداب، جامعة المنوفية.
- آل الشيخ، عبد الملك بن عبد الرحمن. (2006م). حصاد مياه الأمطار والسيول وأهميته للموارد المائية في المملكة العربية السعودية. المؤتمر الدولي الثاني للموارد المائية والبيئة الجافة.
- الصبابجة، نوح محمد؛ وأبو سمور، حسن يوسف، (2013م). تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر شرق الأردن باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة دكتوراة، كلية الدراسات العليا، الجامعة الأردنية، الأردن.
- القحطاني، سفر بن حسن؛ وإسماعيل، صبحي، (2013م). اقتصاديات الموارد المائية وادارتها (الأسس والتطبيقات). الرياض. كرسي الشيخ محمد العمودي لأبحاث المياه بجامعة الملك سعود.
- القصاب، عمر عبد الله، (2021م). تكامل نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في نمذجة الخرائطية لاستعمالات الأرض سهل أربيل أنموذجاً، أطروحة دكتوراه، قسم الجغرافيا، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة الموصل.

المراجع الغيرعربية:

- Aghaloo, K., Chiu, Y R. (2020) Identifying Optimal Sites for a Rainwater-Harvesting Agriculral Scheme in Iran Using the Best Worst Mathod and Fuzzy Logic in a GIS-Based Decision Support sysyem, Water 2020, Vol, 12.
- Aziz, Shvan, Abdulrahman; Kawa, Ali, Salahaldin, Karakouzian. (2023). Water Harvsting in the Garmian Rengion (Kurdistan, Iraq) Using GIS and Remote Sensing. Watre.
- Horton, R E. (1932). Drainge Basin Characteristice Transactions, American Geophysical Union, 13.
- Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation. New York: McGraw-Hill.
- USDA-TR55. (1986). Urban Hydrology for Small Watersheds, Department of Agiculture, USA.

- Yegizaw, Endalkachew Sisay; Ejegu, Mulualem Asfaw; Tolossa, Asirat Teshome; Teka, Afera Halefom; Andualem, Terfa Gebrie; and Tegegne, Melak Abebe; et.al. (2022). Geospatial and AHP Approach Rainwater Harvesting Site Identification in Droughtprone Areas, south Gonder Zone, Northwest Ethiopin. Journal of the Indian Society Remote Sensing.

الملاحق:

تم توزيع استبانة الكترونية على مختصين في مجال المناخ، والجيولوجيا، والجيومورفولوجيا، السكان، ونظم المعلومات الجغرافية، قسمت درجات الملائمة من (1) ملاءمة ضعيفة جداً، و(2) ملاءمة ضعيفة، (3) ملاءمة متوسطة، (4) ملاءمة عالية و (5) ملاءمة عالية جداً، حددت المعايير استناداً إلى معايير منظمة الفاو كما في (الجدول -9) والجدول (10).

الجدول (9) عناصر الاستبانة

المعيار	مقياس الأهمية				
	1	2	3	4	5
الامطار					
التربة					
الجيولوجيا					
الانحدار					
استعمالات الأراضي					
الصدوع					
بعد مجاري الأودية (السدود)					
بعد مجاري الأودية (الحفائر)					
الطرق					
السكان					

الجدول (10) نتائج الاستبانة والمتوسط الموزون

أهمية المقياس	قيمة AHP	الامطار	التربة	الجيولوجيا	الانحدار	استعمالات الأراضي	الصدوع	بعد المجاري عن للسدود	بعد المجاري عن الحفائر	الطرق	السكان
قليلة	1	1	0	1	2	0	2	5	3	8	5
متوسطة	3	0	2	1	1	2	3	3	6	7	6
كبيرة	5	0	3	6	1	9	10	9	13	11	11
كبيرة جداً	7	4	17	11	18	15	11	15	13	8	12
مطلقة	9	35	18	21	18	14	14	8	5	6	6
المجموع		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
المتوسط الموزون		8.6	7.55	7.50	7.45	7.05	6.6	5.9	5.55	4.85	5.4