اختيار المواقع المحتملة للحصاد المائيّ باستخدام النمذجة المكانيّة المتعدّدة المعايير في حوض وادي الموجب، جنوبي الأردنّ

سامر عوض النوايسة* وميسون بركات الزغول**

تاريخ الاستلام: 2020/09/20 تاريخ القبول: 2021/01/24

https://doi.org/10.51405/19.1.6

ملخّص

تهدف الدراسة إلى تحديد المواقع المحتملة لحصاد مياه الأمطار في حوض وادي الموجب، باستخدام النمذجة المكانية المتعدّدة المعايير، وتمثلت أهمية الدراسة في تحديد أفضل المواقع من الحفائر والسدود الصالحة لتجميع المياه، من باب تحسين الوضع المائي في حوض وادي الموجب من خلال تطوير نموذج مكاني بالاعتماد على تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS). وقد اتبعت الدراسة في تحليل أفضل المواقع الملائمة في حوض وادي الموجب منهجية متكاملة معتمدة في مدخلاتها على البيانات الوصفية الخاصة بالموارد الطبيعية والبشرية في الحوض كافّة، بهدف إنتاج الخرائط الرقمية اللازمة للتحليل المكاني، وبناء نموذج مكاني لتحديد المواقع المثلى لإقامة مشاريع الحصاد المائي. وخلصت الدراسة إلى تحديد مدى ملاءمة حوض وادي الموجب لإقامة مشاريع الحصاد المائي وقد قسمت إلى أربعة مستويات من الملائمة جدا إلى غير الملائمة، احتلت المناطق الملائمة جدا ما نسبته 4.92% من مساحة الحوض، في حين شكلت المناطق الملائمة ما نسبته 17.26%، بينما بلغت نسبة مساحة النطاق متوسط الملاءمة 32.64%، وشكلت المناطق غير الملائمة ما نسبته 45.18%من مساحة الحوض الكلية. وبناءً عليه اقترح إقامة سدين مائيين على مساحة تغذية تقدر بـ 183.58 كم^2، وكذلك اقترح إقامة عشرة حفائر على مساحة تغذية تقدر بـ 192.57 كم^2 من المساحة الكلية لحوض وادي الموجب، وأوصت الدراسة بضرورة تبني استراتيجيات إدارة الأحواض المائية في المناطق الجافة في أراضي الحوض، والقائمة على تطوير الأراضي والمياه وإدارتها، من خلال بناء خطة واعية للإدارة المتكاملة للموارد المائية في حوض وادي الموجب تلبي متطلبات التنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحيّة: الحصاد المائي، النمذجة المكانية المتعدّدة المعايير، نظم المعلومات الجغرافية، حوض وادي الموجب.

© جميع الحقوق محفوظة لجمعيّة كلّيّات الآداب في الجامعات الأعضاء في اتّحاد الجامعات العربيّة 2022.

* أستاذ مشارك، قسم الجغرافيا، جامعة اليرموك، إربد، الأردن.

* أستاذ مساعد، قسم الجغرافيا، جامعة الحسين بن طلال، معان، الأردن.

مقدمة الدراسة:

تعد تقنية الحصاد المائي Rainwater Harvesting (RWH) من أهم التقنيات التي تستخدم في معظم دول العالم من أجل حصد المزيد من المياه وتجميعها، ولا سيما في البيئات الجافة وشبه الجافة التي تمثل ما نسبته 40% من مساحة اليابس الأرضي[1]، حيث تعاني معظم دول العالم من محدودية الموارد المائية؛ والعائد نسبياً إلى امتداد معظم أراضيها ضمن تلك النطاقات المطرية الجافة وشبه الجافة، الأمر الذي انعكس بطبيعة الحال على توالي فترات الجفاف المناخي، وزيادة التأثر بالتقلبات المناخية، وتعاقب دورات الجفاف الحادة، مؤدياً إلى إيجاد بيئات غلب عليها الشح في كميات الأمطار الهاطلة، وندرة الموارد المائية بشكلٍ عام؛ بالرغم من أن نسبة الاستهلاك المائي لمعظم دول العالم تفوق (40%) من جملة مواردها المائية الكلية[2]. فمن المتوقع أن يتعرض حوالي ملياري شخص للإجهاد المائي بحلول عام 2050، ليمثل عائقا حقيقيا أمام تطور عملية التنمية في العديد من بلدان العالم[3]، كما يتوقع انخفاض غلة الزراعة البعلية بنسبة تصل إلى 50% في بعض مناطق العالم؛ جراء تعاظم التغيرات المناخية التي انعكست على تدهور الوضع المائي، وعدم وجود إدارة تتخذ التدابير اللازمة للاستفادة مما هو متاح من الموارد المائية[4]. وحيث إن المعايير العالمية حددت حصة ما يحتاجه الفرد يوميا لأغراض الشرب بحوالي (200) لتر، إلا أن هذا المعيار لا ينطبق في حدوده الدنيا على حصة الفرد اليومية في الأردن والتي تبلغ (80 -100) لتر يوميا، مما يجعل الأردن في مصاف الدول الخمس الأخيرة في العالم التي تعاني من تدني معدلات التزويد المائي للأفراد فيها[5].

وقد أدركت الدول المتأثرة بهذه الأوضاع بما فيها الأردن مدى حساسية الوضع المائي بالزيادة الكبيرة لكميات الطلب على نظيرتها من كميات العرض المائي، الأمر الذي دفعها لتبني استراتيجيات قائمة على مجموعة من الأهداف والسياسات التي تضمن تحقيق الإدارة المتكاملة والتنمية المستدامة في قطاع المياه، بما فيها سياسات حصد المياه السطحية وتجميعها بما فيها الحصاد المائي.

وتشكل نسبة الأراضي الأردنية الواقعة ضمن النطاق الجاف وشبه الجاف (91%) من مساحته الكلية، التي تمتاز بارتفاع معدل درجات الحرارة والتبخر، مما يجعل الشح في الموارد المائية السمة الغالبة لمجمل مناطق المملكة، ويجعل من تلك الأوضاع أبرز التحديات البيئية التي تواجهه في الفترات القادمة، وذات التأثير البالغ على فرص التنمية المستدامة، وقد زادت حدة تلك التحديات مع ما حدث من تغيرات سكانية مطردة أخلت بمعادلة السكان والموارد، نتيجة توالي الهجرات القسرية واللجوء من الدول المجاورة، وما ترتب عليها من تغير أنماط الحياة العامة،

حيث وضعت مسؤولي الدولة أمام تحدٍّ كبير، مفاده أنه لا بد من سد الفجوة بين موارد المياه والاستهلاك، بالرغم من أن المؤشرات الحالية تشير إلى أنّ هناك تزايدًا مستمرًا في الطلب المائي سوف ينجم عنه أيضا استمرار اتساع هذه الفجوة، الأمر الذي سيؤثر سلباً على الأمن المائي والغذائي فيه[6]. وتعتبر عملية حصاد المياه من أفضل الطرق التي يمكن من خلالها التغلب على الظروف المناخية الجافة، والمتعلقة بتدني الهطول المطري، ونمط توزعه الزماني والمكاني، الذي يفضي إلى تدني فعاليته في البيئات الجافة وشبة الجافة. وتُعرف عمليات الحصاد المائي بأنها أي عملية مورفولوجية، أو كيميائية، أو فيزيائية تنفذ من أجل تجميع مياه الأمطار وتخزينها، سواء بطريقة مباشرة في أحواض الجمع السطحية، أو غير مباشرة عن طريق تمكين التربة من تخزين أكبر قدر ممكن من مياه الأمطار الهاطلة عليها والاستفادة منها في أوقات ذروة الطلب المائي، ويمكن من خلال دراسة العوامل البيئية المؤثرة على الموازنة المائية لأي منطقة، كالتربة، الجيولوجيا، وطبيعة استخدام الأرض، أن تتوافر بيانات مناسبة يمكن اعتبارها معايير لطرق حصد مياه الأمطار وتجميعها، لزيادة فعالية استخدامها من جهة، والتقليل من آثار الجفاف المناخي من جهة أخرى. ويسمح كذلك بتوفير كميات كافية من المياه السطحية التي تسهم في تحسين الغطاء النباتي وزيادة الإنتاج الزراعي، وخصوصا في الزراعات البعلية، الأمر الذي ينعكس أيضا على الحد من التغيرات التي تسهم في التدهور البيئي ومكافحة التصحر[7]. وتعتمد فكرة حصاد المياه على الاستفادة من مياه الأمطار والسيول الجارية التي تعقب العواصف المطرية، من خلال حجز هذه المياه وتخزينها في فترات هطولها بطرق متنوعة تختلف باختلاف الغاية من تجميعها، وإعادة استخدامها عند الحاجة إليها، سواء لأغراض الشرب أو لأغراض الري التكميلي، أو لتغذية المياه الجوفية. ولا بد من معرفة أن نجاح عمليات الحصاد المائي تختلف من موقع جغرافي إلى آخر بحسب جملة العوامل البيئية المؤثرة في طبيعة المنطقة، حيث تعتبر المناطق الجافة وشبه الجافة من أكثر المناطق حاجة لتقنيات الحصاد المائي مقارنة بالمناطق الأخرى؛ نظراً لاختلاف معدلات هطول الأمطار، المحدد الرئيس لعمليات الحصاد المائي، بالإضافة إلى الاختلاف في استخدامات الأراضي، وخصائص التربة، ودرجات انحدار السطح، وغيرها من العوامل التي تحدد إمكانية تطبيق مشاريع الحصاد المائي[8]. يتميز حوض وادي الموجب بوقوعه ضمن نطاق المناطق الجافة وشبة الجافة في الأردن، التي تأثرت بأنماط التغير المناخي، وما رافقها من زيادة الرقعة الحضرية والتوسع في الزراعة بمختلف أنماطها، وهو ما شكل ضغطا هائلا على الموارد المائية المتاحة فيه[9]. وأصبحت هناك حاجة ملحة لاتخاذ مجموعة من الإجراءات لتوفير كميات إضافية من المياه لسد الاحتياجات المائية المتزايدة، وحددت معظم تلك الإجراءات بإيجاد إدارة فاعلة لأراضي الحوض المائي، من خلال التوسع في استخدام وسائل الحصاد المائي المباشرة وغير المباشرة من أجل التغلب على تلك الفجوة وتوفير ما يمكن توفيره من الحاجة المائية الملحة.

مشكلة الدراسة وأهميتها:

يعد حوض وادي الموجب من الأحواض المائية السطحية المهمّة في الأردن، إذ يشكل ما نسبته 7% من أراضي المملكة الأردنية الهاشمية، ويتميز حوض وادي الموجب بكثافة سكانية عالية إلى متوسطة، حيث تدخل مساحته الحوضية أراضي أربع محافظات من محافظات المملكة تتمثل بمحافظة مأدبا، الكرك، معان، بالإضافة إلى محافظة العاصمة عمان، وتتسم الموارد المائية في الحوض بالمحدودية والتذبذب الزماني والمكاني، خاصة في ظل ظروف التغيرات المناخية الحالية التي أسهمت في تغير أنماط الهطول المطري، إذ يلاحظ اختلاف المعدلات السنوية للأمطار بين أجزاء الحوض من الجهات الشمالية إلى الجنوبية، لتسجل أعلاها في محطة الواله 441 ملم، وتنخفض لتصل إلى 167 ملم في محطة القطرانة[10]. وتتعرض سدود الحوض (الموجب، والواله) إلى مخاطر الفيضانات المتكررة المرتبطة بالعواصف المطرية الغزيرة المفاجئة Flash Flood قصيرة المدة، ومنها العواصف التي حدثت خلال فترات (21-2-2015، 25-10-2018، 28-2-2019، 24-1-2020)[11]. وقد أدت هذه الفيضانات إلى حدوث أضرار كبيرة في مناطق مختلفة من الحوض، وليصل من خلالها سدًا الموجب والواله إلى السعة التخزينية لهما والمقدرة ب 29 مليون متر مكعب، 1.8 مليون متر مكعب على التوالي، ويؤدي إلى استمرار جريان المياه عبر الأودية وصولا إلى مصبها في البحر الميت[12]. وهذا يعطي دلالة واضحة على ضرورة اتخاذ تدابير مناسبة للتكيف مع مخاطر الفيضانات المفاجئة في أراضي الحوض وإدارتها، والتخفيف من حدة السيول العارمة من خلال تشييد منشآت الحصاد المائي التي تسهم في بناء نظم تجميع المياه السطحية، وإعادة التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية للاستفادة منها خلال فترات الطلب المائي، وإضفاء المرونة الكافية على تلك التدابير إلى الحد الذي يمكن أن ينفذه المسؤولون والسكان المحليون معاً. ويمكن إبراز أهم تساؤلات الدراسة بما يلي:

1. ما مدى ملاءمة خصائص الحوض الطبيعية والبشرية للمعايير الرئيسية والثانوية المستخدمة في تحديد أفضل المواقع لإقامة منشآت الحصاد المائي؟
2. ما إمكانية تطوير نموذج مكاني لتحديد المواقع الملائمة للحصاد المائي في منطقة الدراسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS، وتقنيات الاستشعار عن بعد RS؟
3. ما أفضل المواقع الملائمة لإقامة منشآت الحصاد المائي (الحفائر، والسدود) في منطقة الدراسة؟

وتكمن أهمية الدراسة في تعزيز طرق الاستفادة من الموارد المائية المتاحة في حوض وادي الموجب، وزيادة كفاءة استغلالها من خلال تقليل الفاقد والحفاظ على نوعيتها. لذا تحاول

الدراسة إيجاد مجموعة من الطرق والحلول لجمع المياه وتخزينها ضمن منشآت مائية تشمل: البرك، والأحواض، والسدود الاعتراضية، وخزانات الترشيح (الحفائر)، والتي تعد من أكثر أنوع تقنيات RWH شيوعاً[13]؛ وذلك من أجل تحسين الموارد المائية، من خلال تحسين استغلالها بمختلف الظروف الهيدرولوجية (الجافة، الرطبة) في منطقة الدراسة، وتطوير نموذج مكاني يمكن استخدامه في المناطق الجافة وشبه الجافة بشكلٍ عام وفي منطقه الدراسة بشكلٍ خاص، بالاعتماد على تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، والاستشعار عن بعد (RS)، وصولاً إلى اقتراح أفضل الأماكن المناسبة لتخزين المياه، والاستفادة منها لتحسين إدارة أراضي الحوض، ودفع عجلة التنمية المستدامة، واتخاذ القرارات الملائمة لهذه الغاية.

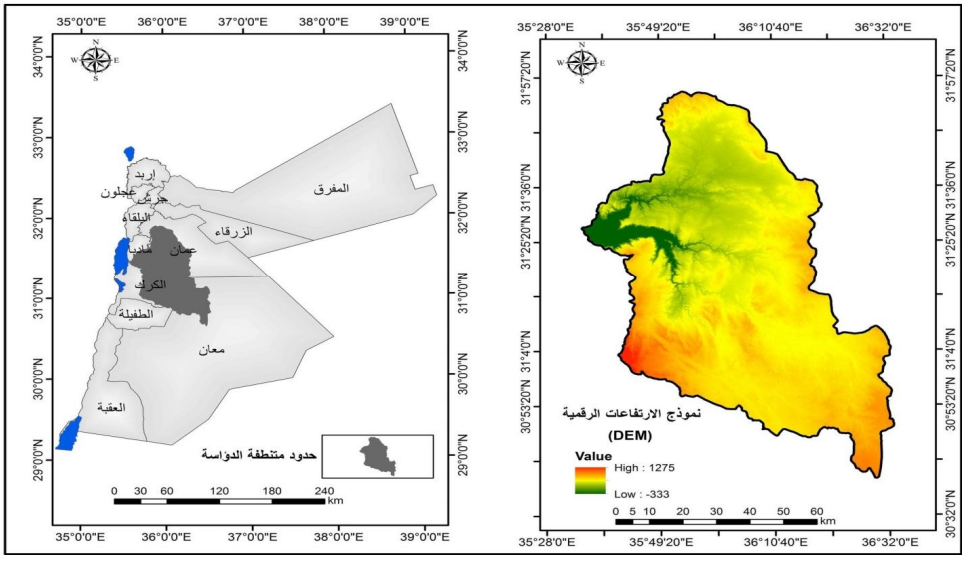
أهداف الدراسة:

1. دراسة خصائص الحوض الطبيعية والبشرية بما فيها (الهطول المطري، جيولوجية الحوض، تحليل أنماط استعمالات الأرض، وأنماط الغطاء النباتي، خصائص التربة الطبيعية، الصدوع والشقوق، الطرق الرئيسية والفرعية) حيث تمثل دراسة هذه الخصائص المعايير الأساسية المحددة لتحديد أفضل المواقع ملاءمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي.
2. تحديد أهم المعايير الملائمة لتحديد مواقع الحصاد المائي في أراضي الحوض، والتي تتناسب مع طبيعة منطقة الدراسة.
3. إنشاء نموذج بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية يسهل علمية تحديد المواقع الملائمة لإقامة مشاريع تجميع المياه.
4. تحديد أفضل المواقع المناسبة لتجميع المياه في الحوض المائي، مع تحديد الاستخدام الأفضل لكل موقع مناسب.

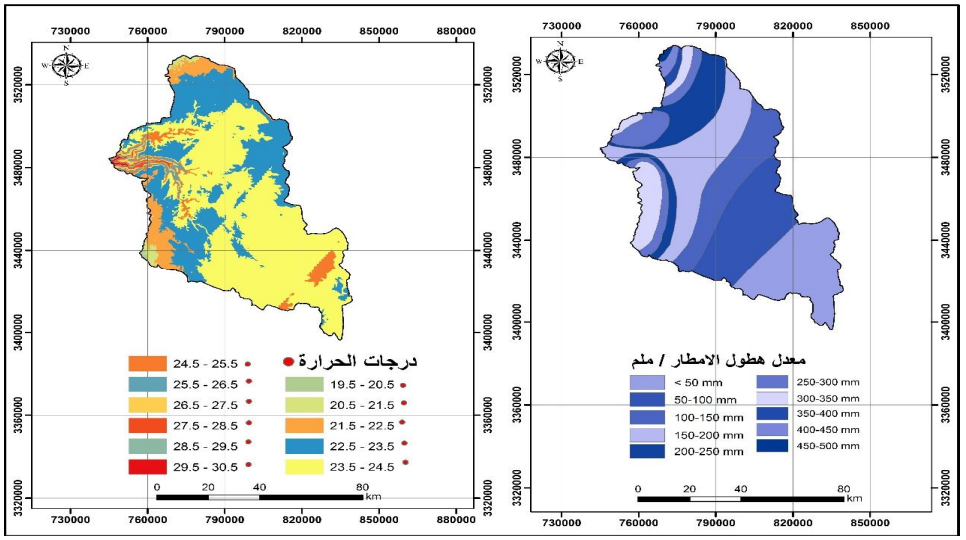
منطقة الدراسة وخصائصها العامة:

يقع حوض وادي الموجب في الجزء الأوسط من وادي الأردن (Jordan Rift Valley (JRV)) بين خطي طول 38´´ 32´ 35° - 58´´ 32´ 36° شرقاً، ودائرتي عرض 09´´ 39´ 30° - 37´´ 51´ 31° شمالاً، ممتداً على مساحة تقدر ب 6584كم^2 مشكلا بذلك ما نسبته 7% من مساحة المملكة الأردنية الهاشمية. ويوضح الشكل (1) موقع منطقة الدراسة بالنسبة للمملكة الأردنية الهاشمية. مناخياً تتميز منطقة الدراسة بوقوعها ضمن النطاق الجاف إلى شبه الجاف، حيث تتباين معدلات الأمطار في هذه المناطق من شهر إلى آخر ومن سنة إلى أخرى[14]، فتتراوح معدلات الأمطار ما بين (50– 500 ملم) سنوياً، مما يضفي على المناخ صفة التطرف حيث تكون الأمطار على شكل عواصف مطرية إعصارية لفترات محدودة[15]. تتأثر درجات الحرارة في الحوض المائي بمجموعة من العوامل من أهمها: عامل الارتفاع عن سطح البحر، إذ يلاحظ ارتفاع درجات

الحرارة في مناطق الأغوار المنخفضة عن سطح البحر، وكذلك في المناطق الصحراوية الواقعة إلى الجنوب من منطقة الدراسة، بينما تنخفض في الأجزاء المرتفعات الوسطى من أراضي الحوض، وتتراوح درجات الحرارة ما بين (19.5 – 30.5) درجة مئوية، ويوضح الشكل (2) الخصائص المناخية في منطقة الدراسة:

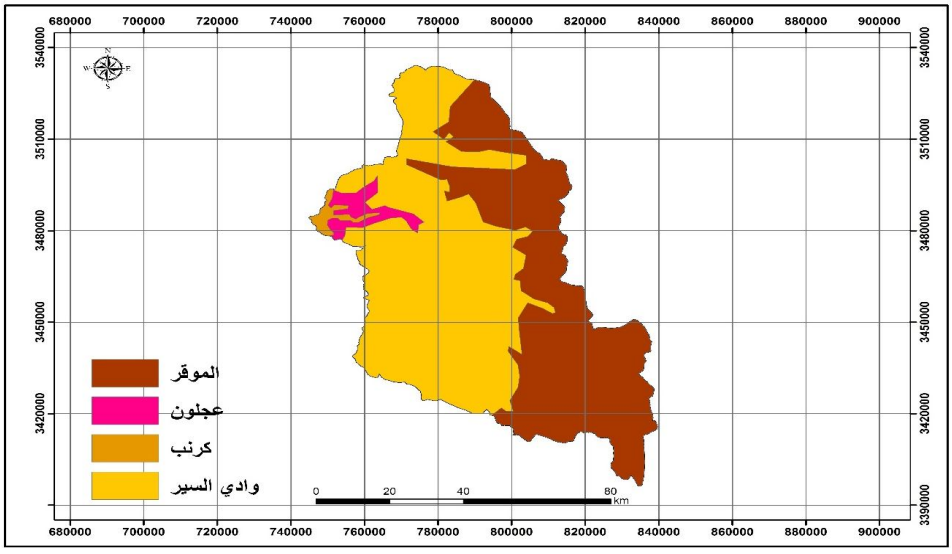


شكل (1): موقع منطقة الدراسة. المصدر من عمل الباحثين بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي و Arc Map 10.4.



شكل (2): الخصائص المناخية (معدل الأمطار، متوسط درجة الحرارة) لحوض وادي الموجب.
المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على البيانات المناخية وأدوات برنامج ArcMap 10.4.

يتميز حوض وادي الموجب طبوغرافياً بتباين الارتفاعات بين أجزائه، حيث يصل في أجزائه الغربية عند البحر الميت ارتفاع (-33 مترًا) بينما يصل أقصى ارتفاع له (1275 مترًا) فوق سطح البحر في الأجزاء الجنوبية من الحوض، ومن خلال تحليل قيم نموذج الارتفاع الرقمي DEM يتبين أن نسبة مساحة الأراضي التي تغطي الارتفاعات فيما دون 780 مترًا عن سطح البحر تبلغ 3.1% من مجمل مساحة الحوض المائي، في حين تغطي الارتفاعات ما بين (780-909 أمتار)، ما نسبته 52.3% من المساحة الكلية، وتشكل الارتفاعات التي تزيد على 910 أمتار ما نسبته 15.6% من مساحة الحوض الكلية.



الشكل (3): نموذج توضيحي لاختيار أنسب المواقع المحتملة للحصاد المائي في حوض وادي الموجب.
المصدر من عمل الباحثين بالاعتماد على أدوات برنامج Arc Map 10.4.

تنتمي التكوينات الجيولوجية المكونة لمنطقة الدراسة إلى العصور الجيولوجية المختلفة[16]، التي تبدأ بالعصر الكريتاسي الذي ينتمي إلى حقبة الحياة المتوسطة Mesozoic units وينتهي برسوبيات العصر الرابع الذي ينتمي إلى حقب Cenozoic Units، ويظهر في الحوض تكوينات جيولوجية متنوعة أيضا متمثلة بتكوين وادي السير/ عمان Amman/ Wadi Sir تغطي ما نسبته 52.3% من منطقة الدراسة، في حين تسود تكوينات الموقر Muwaqqar على شكل شريط ممتد من الشمال إلى الجنوب ويغطي ما نسبته 43.3% من مساحة منطقة الدراسة، وتظهر تكوينات الكرنب/ عجلون الأدنى Kurnub & Lower Ajlun في مصب الوادي وتغطي ما نسبته 2.7%

و1.04% من مساحة الحوض المائي على التوالي، ويوضح الشكل (3) الوحدات والتركيب الجيولوجي في منطقة الدراسة.

الدراسات السابقة

تعددت الدراسات التي تناولت أحد جوانب دراسة حصاد مياه الأمطار، كما تنوعت المناهج والطرق المستخدمة في عملية اختيار أنسب مواقع الحصاد المائي. وقد تم تحديد الدراسات التي لها علاقة بالدراسة الحالية على النحو الآتي:

تناولت دراسة Alzghoul & AI-husban (2020)[17] أثر الخصائص الطبوغرافية في تقدير كمية الحصاد المائي في قاع الجفر، حيث تم اشتقاق القيعان في قاع الجفر اعتماداً على الخريطة الطبوغرافية 1:50000 والصور الفضائية 2018TM. وقد أوضحت الدراسة من خلال نتائج التحليل المكاني لطبوغرافية الحوض بقاع الجفر أن التوزيع الجغرافي للقيعان يتميز بالتركز على مناطق رئيسية على مساحة نسبتها 51% من مساحة القاع وتم اشتقاق 462 قاعًا جافًا بما نسبته 3.4% من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة حيث تتركز القيعان ضمن الارتفاع 1047 – 833 مترًا وانحدار يتراوح من 0 – 13 درجة، كما استطاعت الدراسة تقدير معدل الأمطار المساحية الموزونة باستخدام Thiessen Polygon Method وذلك اعتماداً على نموذج معدل الأمطار للعام المطري 2016-2017م، حيث بلغ المعدل حوالي 609.3 ملم ومعدل عمق المياه في القيعان كافة حوالي 130.255 ملم خلال تلك السنة، وهذا ما يثبت مقدار انعكاس طبوغرافية السطح على إمكانية حصد المياه وتجميعها في مثل هذه البيئات الجافة.

وركزت دراسة Alzghoul & AI-husban (2019)[18] على حساب قيم الجريان السطحي بمختلف الظروف الهيدرولوجية في حوض وادي الموجب، إذ يحدث الجريان السطحي عند تشبع التربة بالماء وما يزيد عن حاجة الأرض يجري على شكل جريان سطحي Surface Runoff، لذلك تم تحليل مجموعة من العواصف التي حدثت خلال فترة الدراسة (1980-2015) لظروف مناخية مختلفة في (28) محطة مطرية ممثلة لمنطقة الدراسة، لتحليل أثر التغير في هطول الأمطار على قيم الجريان السطحي في المنطقة. اعتمدت الدراسة في حساب الجريان السطحي على مجموعة من المعادلات الرياضية، إضافة إلى استخدام جميع القياسات الحوضية المتعلقة بخصائص الحوض، ومن أهم المعادلات التي استخدمت لتقدير حجم الجريان السطحي وعمقه طريقة صيانة التربة الأمريكية ((Soil Conservation Service - Curve Number (SCS-CN))؛ لفعاليّتها في المناطق الصحراوية ذات المحطات المطرية غير الكافية. وقد أوضحت نتائج التحليل قوة العلاقة ما بين قيمة منحنى معامل الجريان، وعمق الجريان، حيث بينت النتائج أن حوالي 83.3% من

المساحة الكلية للحوض ذات قيمة عالية لمنحى الجريان، وهذا يؤدي إلى زيادة كمية الجريان السطحي وخصوصًا أن نسبة 98.67% من مساحة المنطقة جرداء.

تناولت دراسة حدوش (2019)[19] سبل تحقيق الإدارة المتكاملة لحوض وادي الموجب معتمدا على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، حيث تم تصنيف أنواع الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض السائدة في منطقة الدراسة، وكذلك اشتقاق أنواع المحاصيل المروية باستخدام سلسلة زمنية لصور المرئيات الفضائية سينتال، وتم الاعتماد في الدراسة على المسح الميداني والتحليل المكاني وإعداد الخرائط المختلفة للظواهر الجغرافية قيد الدراسة في الحوض. وقد توصلت الدراسة إلى تباين أنواع المحاصيل الزراعية في الحوض زمانياً ومكانياً، وبلغت مساحة المحاصيل المروية 70.02كم^2 تتركّز في المناطق الشمالية والشرقية من الحوض، بينما يوجد النشاط الزراعي البعلي في الجزء الغربي من المنطقة. وقد خلصت الدراسة إلى ضرورة زراعة المحاصيل التي تتواءم مع الوضع المائي في الحوض لتجنب الضخ من الآبار الجوفية، وأوصت بضرورة استخدام الأرض الاستخدام الأفضل لها، مما يقلل من تدهور الأراضي ويحسّن الإنتاج ويحقّق الإنتاج الزراعي المستدام.

وقد فسرت AI-husban (2019)[20]، في دراستها على ضرورة تصنيف الأشكال الأرضية في وادي الموجب باعتباره من أهم الأودية الخانقية المنتهية لمنطقة الصدع الأردني، حيث يصب في البحر الميت ضمن ارتفاع -425 مترًا تحت مستوى سطح البحر. وقد اعتمد الباحث على نموذج الارتفاع الرقمي DEM بقدرة تمييزية 30 مترًا في عملية التصنيف للأشكال الأرضية في الحوض، ثم استخدام أدوات تحليل المؤشر الطبوغرافي المكاني التي يوفرها برنامج نظم المعلومات الجغرافية، وعليه فقط استطاعت الدراسة استنتاج وجود علاقة قوية بين طبيعة الأشكال الأرضية وخطر الفيضان، فحوالي 37% من مساحة منطقة الدراسة معرضة لخطر الفيضان الشديد.

اعتمدت دراسة الزغول (2016)[21] في تقدير إمكانيات الحصاد المائي في حوض نهر الزرقاء على البيانات الوصفية والموضعية الخرائطية الخاصة بالموارد الطبيعة والبشرية في الحوض المائي، لإنتاج الخرائط الرقمية اللازمة للتحليل المكاني، والخرائط اللازمة لبناء نموذج مكاني لتحديد المواقع المثلى لإقامة مشاريع الحصاد المائي. وقد تمكنت الدراسة من الكشف عن مقدار التباين بين هذه الأحواض الثانوية حيث اختلفت قيم أرقام المنحنى (CN)، ومن ثَمَّ اختلفت قيم الجريان السطحي الناجم عنها، الأمر الذي استوجب وضع سيناريو لإدارة الأحواض الثانوية تضمنت دراسة أهم المشاكل التي تعاني منها، وأهم الحلول والخطط المقترحة لحل هذه المشاكل. وتم تقديم أهم الحلول العملية المقترحة لتحديد أفضل مواقع الحصاد المائي التي يمكن إقامتها في الحوض، بالإضافة إلى المقترحات التي تصلح في الأحواض المائية الثانوية، وذلك بناء على مجموعه من المعايير التي تم استخدامها والتي تتناسب مع طبيعة المنطقة.

تناول الصبابحة (2013)[22] في دراسته محاولة إيجاد نموذج يمكن الاسترشاد به لدعم القرار المكاني المتعلق بإنشاء أنظمة الحصاد المائي في الأقاليم الجافة وشبه الجافة حوض الجفر، من خلال التكامل بين البيانات المستخدمة (RS & GIS) والنماذج الهيدرولوجية لتقييم احتمالية حصاد مياه الأمطار، بالتوافق مع عملية التسلسل الهرمي التحليلي، باستخدام نموذج التقييم المكاني المتعدّد المعايير، مضافًا إلى ذلك دراسة الخصائص الطبيعية والبشرية في منطقة الدراسة كافة. وقد خلصت الدراسة إلى إيجاد طريقة متكاملة (Integrated Approach) لنموذج النمط الزماني والمكاني (Spatial –Temporal Pattern) لمناطق احتمالية الجريان السطحي باستخدام نموذج (SCS-CN) ونموذج (TM) مع المدخلات المستخرجة من بيانات RS بمساعدة GIS، ومن ثَمَّ اتخاذ القرار المكاني في تحديد أفضل المواقع لإقامة الحفائر والسدود، من خلال تحديد مجموعة من المعايير الموزونة التي أفرزت أفضل النتائج وبدقه عالية.

في حين استطاعت دراسة AI-Adamat (2010)[23] الوصول إلى مجموعة من المعايير التي استطاع من خلالها وضع الأسس لاختيار مواقع الحفائر الترابية في مناطق شمالي الأردن، تمثلت في معيار الأمطار، نسيج التربة، الانحدار، البعد عن الصدوع، البعد عن الأودية، البعد عن الطرق، البعد عن الحدود الدولية، البعد عن المراكز الحضرية، والبعد عن الآبار، حيث قامت الدراسة بإعداد الخرائط الموضوعية المتعلقة بهذه المعايير باستخدام (GIS)، ثم القيام بعملية التوزين المناسبة وما يتبع ذلك من اتخاذ القرار المناسب بتحديد مواقع الحفائر.

وأكدت دراسة Najah (2010)[24] أنه عند إقامة مشاريع الحصاد المائي لا بد من تناول مجموعة من المعايير والشروط التي تم تطبيقها من أجل اختيار أفضل المواقع لإنشاء الحفائر لمنطقة حوض الحماد، اعتمادا على مجموعة من المعايير وهي: معدل هطول الأمطار، البعد عن الأودية واستعمالات الأرض، نسبة المحتوى الطيني للتربة، البعد عن المناطق السكنية والطرق. واستطاعت الدراسة الوصول إلى مجموعة من النتائج تمثلت في اختيار أفضل موقع بناء على تقييم المعايير السابقة، حيث تمت عملية التصنيف لخارطة الحصاد المائي الخاصة بالحفائر إلى خمس فئات وهي: عالٍ جدا، عالٍ، متوسط، منخفض ومنخفض جدا، واحتلت الفئة الملائمة جدا ما نسبته 35% من مساحة الحوض المائي، وقد تم التحقق الميداني من النتائج.

كما قام المطارنة (2009)[25] بدراسة الإنتاج المائي السطحي لحوض وادي الموجب، وأثر النشاط البشري على نوعية المياه بالاعتماد على المنهج الوصفي والكمي. وهدفت الدراسة إلى تقييم العوامل الطبيعية والبشرية، وبيان أثر خصائص الأحواض المائية على الإنتاج المائي السطحي، وتحليل كميات الأمطار الهاطلة على مساحة الحوض، ثم تقدير الإنتاج المائي السنوي. وأظهرت نتائج الدراسة أن العوامل الطبيعية كان لها الأثر الفاعل في زيادة الإنتاج المائي السطحي؛ لتدني عمق التربة في معظم أجزائها، وارتفاع نسبة الوعورة في الأحواض المائية،

وارتفاع شده الهطول، وتشتت الغطاء النباتي في أجزاء كبيرة من الحوض، كما أسهمت العوامل البشرية وزيادة التوسع العمراني في زياده الأسطح غير النفاذة التي تسرع في حدوث الجريان السطحي.

كما أكدت دراسة Abdel- Khaleq &Alhaj (2007)[26] أن استخدام الحصاد المائي في الأردن من أهم الطرق المستخدمة عبر التاريخ، ومن أهم الأمثلة على المراكز العمرانية التي استخدمت أساليب الحصاد المائي في الأردن بلدة جاوة خلال العصر البرونزي، وبلدة أم الجمال خلال العصر البيزنطي، وقد تميز النبطيون باستخدام تقنيات الحصاد المائي في مدينة البتراء حيث استمرت حضارتهم حوالي 2500 سنة.

وقدم Kahindal (2008)[27] منهجية متكاملة تمكن مسؤولين الموارد المائية من التقييم المناسب لحصاد مياه الأمطار لأي منطقة مقترحة، حيث يتضمن ذلك إدخال العوامل الاقتصادية والاجتماعية من ضمن المتغيرات اللازمة للتقييم، بخلاف الدراسات السابقة التي أهملت هذه العوامل ولم تأخذها في الحسبان. واعتبرت الدراسة أن عدم دمج العوامل (الاقتصادية – الاجتماعية) بالتزامن مع العوامل الطبيعية والبشرية يؤدي إلى ضعف في مشاريع حصاد مياه الأمطار في مجال حصاد مياه الأمطار وقد قام الباحث بأخذ ذلك في الاعتبار في الدراسة القائمة.

وما **يميز هذه الدراسة عن الدراسات السابقة** أنها تعد من الدراسات التي تناولت حوض وادي الموجب الذي يعد من الأحواض المائية الجافة وشبة الجافة، مما يجعل سمته الرئيسة محدودية الموارد المائية الناتجة عن انخفاض معدلات الأمطار وتذبذبها زمانيًا ومكانيًا في ظل ظروف التغيرات المناخية. بالإضافة إلى أن الدراسة اتبعت أسلوب تصنيف مجموعة من المعايير المؤثرة في القرار المكاني لإنتاج الخرائط الموضوعية اعتمادا على نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، من خلال معالجة وتصنيف وتحويل البيانات إلى خرائط Raster Layers وإعداد جداول المعايير الملائمة الخاصة بها، وصولاً إلى خرائط مدى الملاءمة لتحديد المناطق المحتملة والأكثر ملاءمة لبناء تقنيات الحصاد المائي.

منهجية الدراسة.

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي القائم على وصف الخصائص العامة لمنطقة الدراسة، والمستندة على البيانات الأساسية، لمعالجتها وتحليلها للوصول إلى النتائج المرجوة. ويمكن عرض الخطوات العامة لمنهجية الدراسة بما يلي:

أولا: البيانات الأساسية المستخدمة وطرق معالجتها.

- **حدود الحوض المائي:** تم توقيع حدود الحوض المائي وذلك حسب نظام التعريف الإحداثي المتري WGS_1984_ UTM _ZONE_ 36N، من خلال الخرائط الطبوغرافية مقياس 1:50000 ونموذج الارتفاع الرقمي DEM المعد لهذه الغاية.
- **الخريطة الجيولوجية:** بالاعتماد على ترقيم الخريطة الورقية مقياس 1:25000 للوحات التالية: مأدبا، خان الزبيب، قصر الحرانة، وادي العطارات، سواقة، ذيبان، الربة، الكرك، أدبر، جبل المترمل التي تم تحويلها إلى خرائط رقمية معتمدين على الماسح الضوئي، باستخدام برنامج Arc Map -10.4، وما تبع ذلك من عمل تصحيح جغرافي تبعا لحدود الحوض المائي، وذلك بحسب نظام التعريف الإحداثي المتري، حيث تم ترقيمها والوصول إلى الخريطة الجيولوجية للحوض.
- **البيانات المناخية:** اعتمدت الدراسة على البيانات المناخية للفترة ما بين 1982-2016م، وذلك للمحطات المناخية التي تمثل منطقة الدراسة، إذ أدخلت إحداثيات المحطات المناخية المطرية على برنامج الأرك ماب Arc Map 10.4 من أجل إنشاء طبقة لمواقعها، حيث تم تمثيل هذه البيانات بعد إدخالها لكل محطة مطرية اعتماداً على نظم المعلومات الجغرافية باستخدام أداة الاستكمال المكاني Raster Interpolation من نوع Kriging، بهدف الحصول على خريطة التوزيع المكاني للمعدلات المطرية السنوية والشهرية.
- **خريطة وحدات التربة:** تم الرجوع إلى نتائج مسح التربة National Soil Map and Land Use Project the Soils of Jordan الذي أعدته وزارة الزراعة عام 1994[28]، ثم إدخال الملف الشكلي Shape File لوحدات التربة المكونة للمنطقة الدراسة، وصنفت هذه الوحدات تبعا لخصائص نسيج التربة والمجموعات الهيدرولوجية المميزة لأنواع التربة.
- **المرئية الفضائية**: استخدم في الدراسة المرئية التابعة للقمر الصناعي Landsat 8 (OLI)) الملتقطة بتاريخ 2018/8(29) بقدرة وضوح مكاني (Resolution, 30m) من الموقع (http://landsat.gsfc.nasa.gov) [29]. حيث تمت عملية المعالجة للمرئية بمجموعة من الخطوات، بدأت بعملية تحسين المرئية (Enhancement Image)، ثم أجريت عملية التصنيف الموجه للمرئية الفضائية (Supervised Classification)، لاستخراج أصناف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي Land use &Land cover، واستخدمت مجموعة من مناطق التدريب Training Areas التي تساعد على بناء الأصناف وزيادة الدقة الرقمية لتصنيف المرئية، ووضع جميع خلايا المرئية في مجموعات على شكل طبقة تصنيفية، يتم من خلالها تحديد المعالم والأصناف التي تمثلها تلك المجموعات. وتم الاستعانة بنظام التوقيع

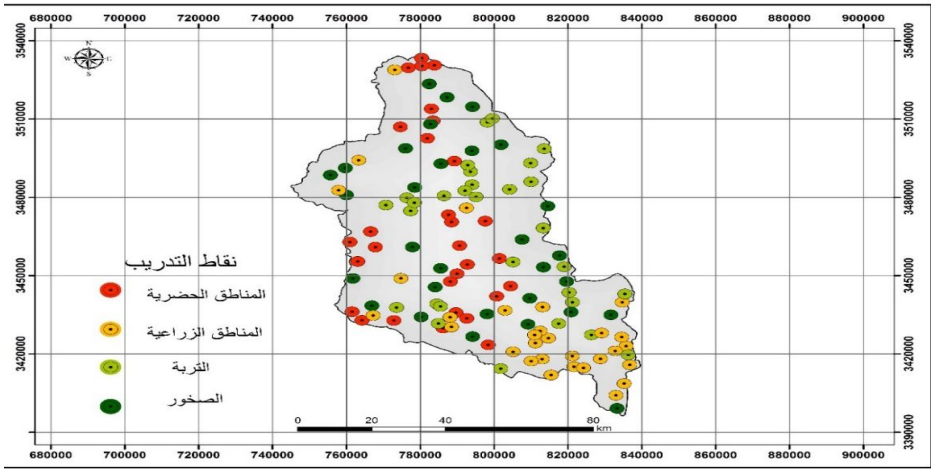
العالمي ((Global Positioning System (GPS) لتسجيل إحداثيات نقاط التدريب وفق نظام (UTM). لتأكيد مناطق التدريب، وضبط نتائج الخريطة النهائية لاستعمالات الأرض، وأنماط الغطاء النباتي، ويبين الشكل (1) مناطق التدريب التي تم استخدامها في تصنيف استعمالات الأراضي في منطقة الدراسة.

- **نموذج الارتفاع الرقمي:** تم اقتطاع نموذج الارتفاع الرقمي بقدرة تمييزية 30 مترًا Digital Elevation Model (DEM)[30]، وتمّت معالجته باستخدام برمجية (GIS-10.4)، وعمل دمج (Mosaicking) للوحات، وتعريفه بنظام الإحداثي ((UTM Universal Transverse Mercator) من أجل إنتاج خريطة قيم الارتفاعات، ودرجات الانحدار، واشتقاق الشبكة المائية الحوضية باستخدام البرمجية ذاتها.
- **استخراج الشبكة المائية:** اعتمدت الدراسة لاستخراج الشبكة المائية على بناء نموذج Model بالاعتماد على برمجية نظم المعلومات الجغرافية، من خلال إدخال طبقة نموذج الارتفاع الرقمي الممثل للمنطقة، بعد معالجة القيم الشاذة باستخدام الأمر (Fill)، وإنشاء طبقتي اتجاه الجريان في الحوض المائي (Flow Direction) وطبقة تجميع وصلات الجريان (Flow Accumulation)، وصولا للطبقة النهائية للشبكة المائية، وتحديد الأحواض الفرعية التابعة لها. ويوضح شكل (5) النموذج المعد لمعالجة قيم الارتفاع الرقمي والطبقات المعدة لاستخراج الشبكة المائية في أراضي الحوض.

ثانيا: أساليب التحليل المتبعة في اختيار الموقع الملائم لحصاد المياه السطحية:

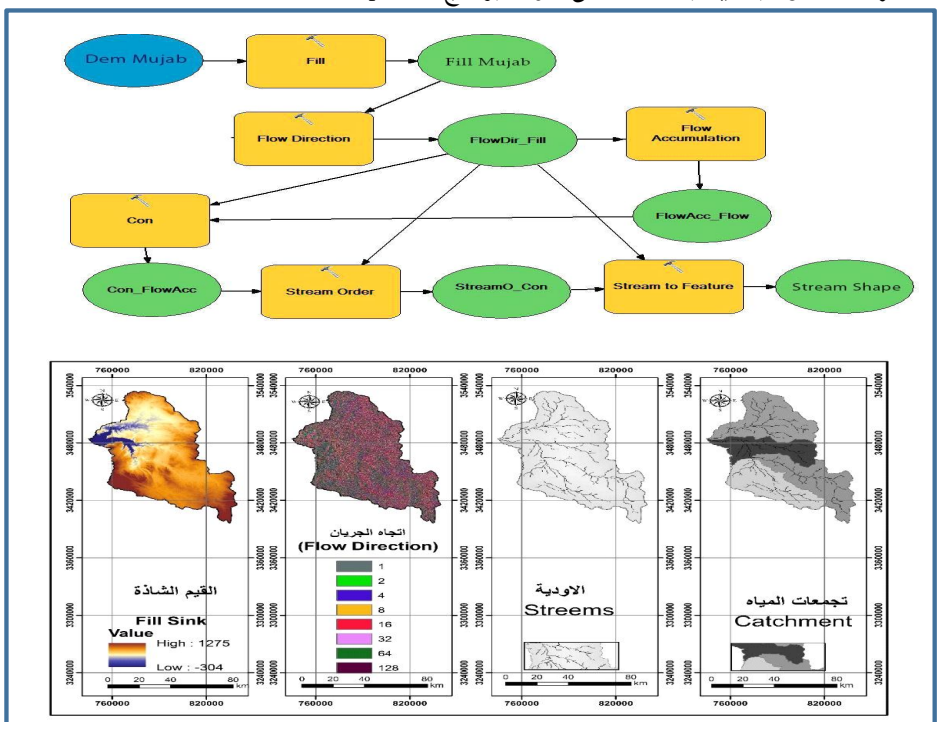
فيما يتعلق بأساليب التحليل المتبعة لاختيار المواقع الملائمة لحصاد المياه، اعتمدت الدراسة في تقييم احتمالية الحصاد المائي على ما يلي:

- تحليل الخصائص العامة للمنطقة واستخراج الخرائط الأولية التي تم إعدادها بالاعتماد على البيانات الأساسية لمنطقة الدراسة.
- توظيف الخرائط الأولية لتحديد مجموعة المعايير المستخدمة في تحديد أفضل الأماكن لإقامة مشاريع الحصاد المائي، فصنفت هذه المعايير إلى معايير رئيسية ومعايير ثانوية.
- إنتاج الخرائط الموضوعية (من خلال معالجتها وتصنيفها وتحويلها إلى خرائط Raster Layers) بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.
- إعادة التصنيف Reclassification: وتفيد هذه الخطوة في إعادة ترتيب الخلايا وتوزيعها، مما يسهل التعامل معها، إضافة إلى استخدامها كمعيار في النموذج، ومن ثَمَّ يتم تصنيف المعايير إلى فئات، ويتم إعطاء الخلايا الأكثر ملاءمة الرتبة (4)، وأقلها ملاءمة الرتبة (1) حسب المقياس المشترك Common Scale، لينتج عن إعادة تصنيف كل معيار طبقة جديدة تضاف تلقائيا إلى واجهة البرنامج.



الشكل (4): مناطق التدريب المختارة ضمن أصناف الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة.

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على أدوات برنامج Arc Map 10.4.



الشكل (5): النموذج المعد لمعالجة قيم الارتفاع الرقمي واستخراج الشبكة المائية في حوض وادي الموجب.

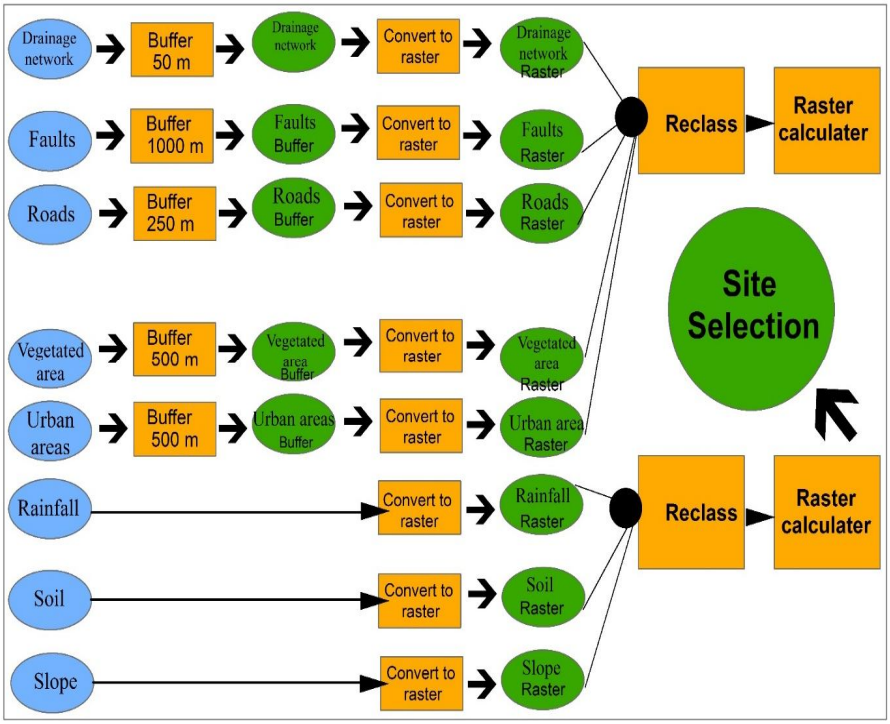
المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على أدوات برنامج Arc Map 10.4.

- استخدام أداة وزن المعايير Weighted Overlay: وهي من الأدوات التي يوفرها برنامج نظم المعلومات الجغرافية، وتلعب دورا كبيرا في تخطيط أفضل مواقع الحصاد المائي وتحديدها، من خلال ما تتمتع به هذه التقنية من نظرة شمولية واسعة، وقدرة على الربط بين جميع العوامل والمتغيرات المؤثرة في تحديد أفضل المواقع، وذلك من خلال تحليل أوزانها وجمعها، والانحياز للمعايير التي أخذت رتبا أعلى، والتي يكون أثرها السلبي قليلاً أو معدومًا؛ للوصول إلى النتائج الدقيقة حسب اتجاهات الباحث التخطيطية؛ بينما يتم إضعاف دور المعايير الحساسة، أو التي يمكن أن تعيق اتخاذ القرار المناسب لمواقع الحصاد المائي.
- إعداد جداول المعايير الملائمة الخاصة بها، من أجل بناء خرائط الملاءمة المحتملة وتوزيعها من حيث المناطق الأكثر ملاءمة وتلك الأقل ملاءمة.
- إعداد نموذج مكاني خاص لاستخراج أنسب المواقع الملاءمة للحصاد المائي في منطقة الدراسة؛ وذلك اعتمادا على البيانات المدخلة وضمن مجموعات اختيار، ويوضح الشكل (6) النموذج المعد في بيئة برنامج Arc GIS الذي يوضح آلية اختيار أنسب المواقع للحصاد المائي في حوض وادي الموجب، حيث تم الاعتماد عليه بدايةً بتحليل المجموعة الأولى وهي المجموعة الملائمة لإقامة مواقع الحصاد المائي، وعمل تصنيف لها حسب جداول الملاءمة المعدة، أما المجموعة الثانية فركزت على عمل حدود للمناطق غير المسموح لها بإنشاء مواقع الحصاد المائي؛ ليصار في النهاية إلى بناء خريطة تبين المحددات التي تم اعتمادها في التحليل، بالإضافة إلى إنشاء خريطة أخرى تمثل القيم الموزونة التي تحدد أفضل الأماكن لإقامة مشاريع الحصاد المائي.
- أخيرًا تم التأكد الميداني من خلال مطابقة النتائج التي تم التوصل إليها والتي تمثل المواقع المحتملة والملائمة جدا لإنشاء السدود والحفائر، مع طبيعة المنطقة الفعلي وواقعها.

نتائج الدراسة ومناقشتها.

حددت أهم المعايير المستخدمة في الدراسة لتشمل: المعدل السنوي للأمطار/ ملم، درجات الانحدار، استعمالات الأراضي، نسيج التربة، والبعد عن الأودية والصدوع والطرق والآبار، بناء على أدبيات الدراسات السابقة ونتائجها، التي أجريت ضمن الأراضي الجافة وشبة الجافة والتي تتشابه مع منطقة الدراسة، ومن ضمن هذه الدراسات دراسة الزغول 2016[31] إمكانية إدارة الموارد المائية والحصاد المائي في حوض نهر الزرقاء، دراسة الصبابحة 2013[32] النمذجة المكانية للحصاد المكاني في حوض الجفر، ودراسة AI-Adamat (2010)[33] اختيار أفضل المواقع للحفائر في شمالي الأردن، ولتسهيل اختيار المواقع الملائمة في منطقة الدراسة تم تقسيمهما إلى

مجموعتين، وقد اعتمد التقسيم على طبيعة البيانات وأهمية المعايير في تحديد الموقع الملائم، حيث تضمنت المجموعة الأولى المعايير المساحية، بينما ضمت المجموعة الثانية المعايير النقطية والخطية، وقد صنفت معايير المجموعة الأولى حسب درجة ملاءمتها إلى أربع درجات ملاءمة وهي كالتالي: ملائم جدا (4) Very Suitable، ملائم (3) Suitable، قليل الملائمة (2) moderately suitable وغير ملائم (1) Unsuitable، ويوضح الجدول (1) أسس التصنيف التي تم اعتمادها ودرجة الملاءمة المقابلة لهذه التصنيفات. كما تم تصنيف معايير المجموعة الثانية إلى درجتين من الملاءمة: ملائم، وغير ملائم، بحيث يتم بناء نطاق تأثير Buffer Zone لقيم المعيار، والذي تكون مهمته حصر الحدود غير المسموح بإقامة المشروع عليها وإعطائها درجة غير ملاءمة، في حين تكون المناطق الأخرى خارج هذا الحد ملائمة، والذي يوضحها الجدول (2). وكذلك تشتمل هذه المرحلة على إنتاج خرائط تصنيف المعايير للمجموعتين حسب الرتب Rank من الرتبة الأولى وحتى الرابعة على شكل طبقات Layers من أجل تسهيل عملية إدخالها في التحليل لاختيار أفضل المواقع المحتملة الملائمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي.



شكل (6): النموذج المعد في بيئة برنامج Arc GIS الذي يوضح آلية اختيار انسب المواقع للحصاد المائي في حوض وادي الموجب. المصدر من عمل الباحثين بالاعتماد على أدوات برنامج Arc Map 10.4.

الجدول (1): خصائص معايير المجموعة الأولى المساحية لتحديد ملاءمة المواقع للحصاد المائي.

معيار الملاءمة	درجة الملاءمة				
	1 Unsuitable	2 Moderately Suitable	3 Suitable	4 Very Suitable	المرجع
الانحدار بالدرجة	3 >	3-5	10-5	10	(Joennifer,2007)[34] (UNEP,2009)[35]
المعدل السنوي للأمطار/ ملم	200 >	300-200	400-300	400 >	(2010 ،Najah)[36]
نسيج التربة	Sandy Clay, Sandy	silty clay loam.	Gravelly Silty Clay Silty Loam	clay	(صبابحة،2013)[37] (Yang, 2003)[38]
استعمالات الأرض	المناطق المأهولة بالسكان، الغابات، السدود المنشأة.	المراعي والأراضي البازلتية.	مناطق الأشجار المثمرة والصخور الجرداء والتربة العارية.	المناطق المزروعة بالخضروات والمحاصيل الحقلية.	(Critchley and Siegert, 1991)[39] (الزغول،2016)[40]

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على نتائج الدراسات السابقة.

أولاً. تقدير الملاءمة لمعايير المجموعة الأولى (المعايير المساحية) الرئيسية.

1- ملاءمة معدلات الهطول المطري السنوي.

تساعد معرفة طبيعة العوامل الهيدرولوجية السائدة في الحوض المائي في اتخاذ قرار إنشاء مشاريع الحصاد المائي من عدمها، حيث تصنف المناطق التي تقل فيها المعدلات السنوية للهطولات المطرية عن (100) ملم غير ملاءمة لإنشاء مشاريع تجميع المياه؛ لأن هذه المعدلات لا تحقق أهداف الحصاد المائي[41]. بلغ أعلى معدل سنوي لهطول الأمطار في حوض الموجب حوالي (500) ملم، وأدنى معدل (50) ملم، وصنفت المعدلات السنوية للأمطار في منطقة الدراسة

إلى أربع نطاقات من حيث الملاءمة وعدمها، بحيث تزداد مدى الملاءمة كلما زاد المعدل السنوي للهطول المطري، واعتبر أنه من غير المجدي اقتصادياً إقامة منشآت حصاد مائي في المناطق التي تقل فيها معدلات الأمطار عن (200) ملم، لأن هذا المعدل لا يوفر الكميات الكافية لإحداث الجريان السطحي والتغذية الجوفية، وبذلك أعطي أقل رتبة ملاءمة وهي الرتبة (1)، بينما عُدّت المناطق التي تتلقى كميات سنوية أعلى من الأمطار، مناطق ملائمة جدا وأعطيت أعلى رتبة (4)؛ لقدرتها على توليد الجريان وإحداث التغذية المائية المطلوبة، كما هو موضح في الشكل (7).

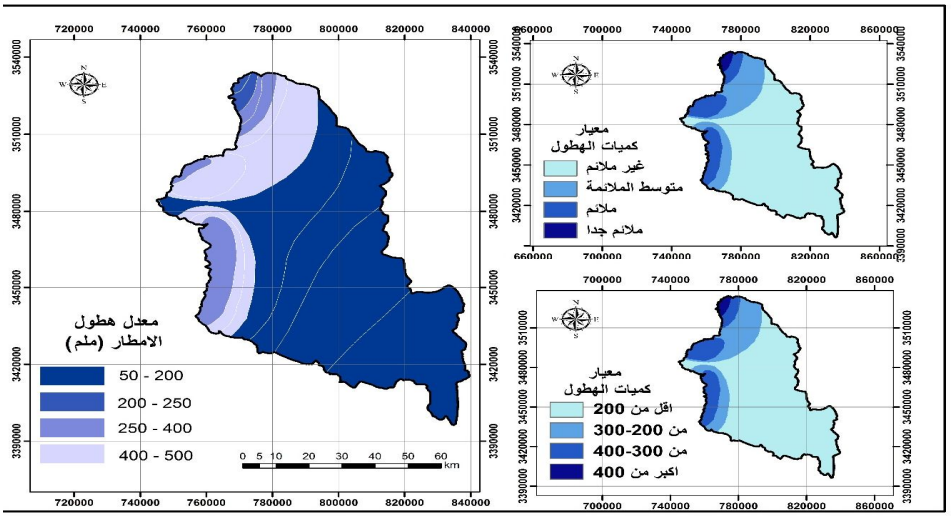
الجدول (2): خصائص معايير المجموعة الثانية (الخطية والنقطية) لتحديد ملاءمة المواقع للحصاد المائي في منطقة الدراسة.

المعيار	درجة الملائمة	مقدار النطاق	المرجع
البعد عن الأودية الرئيسية في حالة السدود.	ملائم	> 50 مترًا	(Shatnawi, 2006)[42] Al-Adamat, (2010)[43]
	غير ملائم	≤ 50 مترًا	
البعد عن الأودية الرئيسية في حالة الحفائر.	ملائم	> 50 مترًا	
	غير ملائم	≤ 50 مترًا	
البعد عن الصدوع.	ملائم	> 1000 متر	
	غير ملائم	≤ 1000 متر	
البعد عن الطرق.	ملائم	> 250 مترًا	
	غير ملائم	≤ 250 مترًا	
البعد عن الآبار	ملائم	> 500 متر	
	غير ملائم	≤ 500 متر	

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على نتائج الدراسات السابقة.

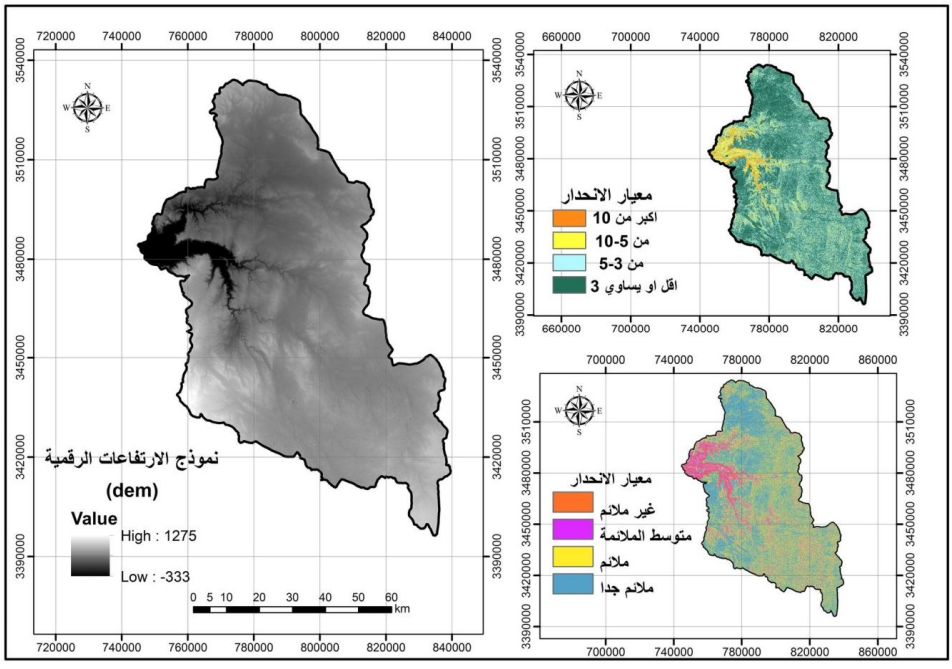
2- ملاءمة عامل الانحدار.

يرتبط عامل الانحدار بعلاقة طردية مع كميات الجريان السطحي [44]. وبناءً عليه تم بناء خريطة الانحدار لمنطقة الدراسة، وصنف الحوض تبعاً لمدى ملاءمته درجة الانحدار لإقامة منشآت الحصاد المائي إلى أربع رتب، كما هو موضح في الشكل (8)، فاعتبرت المناطق الأكثر انحداراً مناطق أعلى ملاءمة بينما الأقل انحدارا غير ملائمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي.



الشكل (7): تصنيف مدى ملاءمة المعدلات السنوية للأمطار لإقامة مشاريع الحصاد المائي.

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على أدوات برنامج Arc Map 10.4.

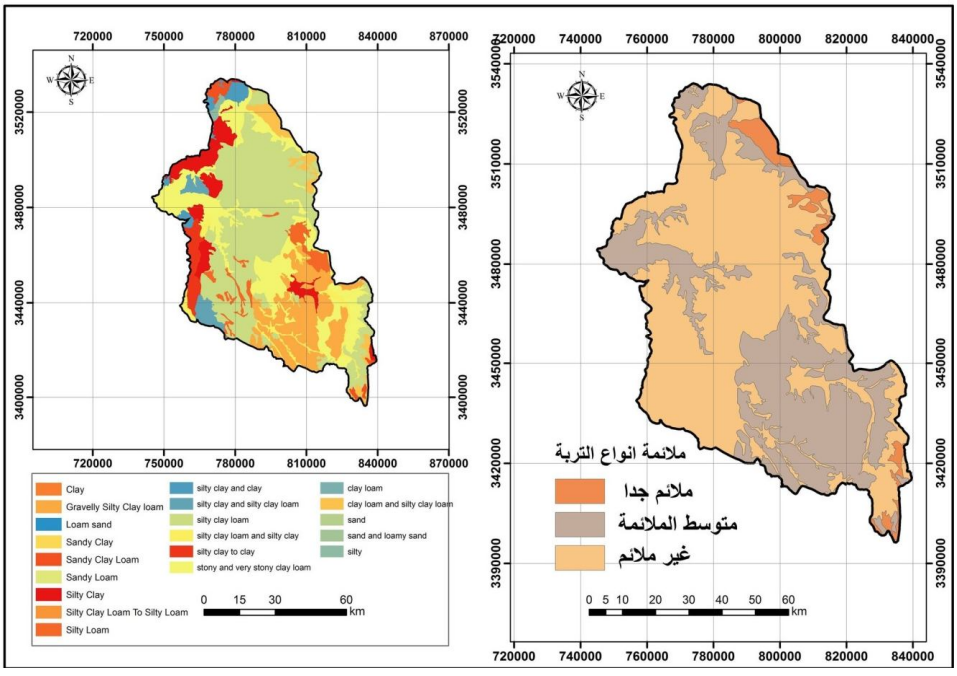


الشكل (8): تصنيف مدى ملاءمة درجات الانحدار لإقامة مشاريع الحصاد المائي في حوض وادي الموجب.

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على DEM، أدوات برنامج ArcMap 10.4.

3. ملاءمة خصائص التربة (نسيج التربة).

روعي الاهتمام بدراسة نسيج التربة كمعيار مهم ضمن المجموعة الأساسية لتحديد مدى ملاءمة مشاريع الحصاد المائي، حيث يعبر نسيج التربة عن المحتوى الطيني للتربة، ومقدار الرشح لكل نوع، فيقل معدل الرشح مع ارتفاع نسبة الطين، بينما يزداد المعدل بانخفاض نسبة المكونات الطينية في مقطع التربة، ويبين الشكل (9) مدى ملاءمة نسيج التربة لإقامة مشاريع الحصاد المائي والتي قسمت إلى: الرتبة (4) وتشمل التربة ذات النسيج clay، وتصنف بأنها ملائمة جدا، الرتبة (3) وتشمل التربة ذات النسيج silty clay loam and clay loam، Clay Loam , Sandy Silty Clay Loam To Silty Clay , Silty Clay Loam , Silty Clay , Clay Loam Silty Clay. Loam to Silty Loam، وتصنف هذه الأنواع من النسجة بأنها ملائمة، أما الرتبة (2) فتشمل التربة ذات النسيج (Gravelly Silty Clay loam)، (Loam sand)، (Silty Loam) وتصنف هذه الأنواع بأنها متوسطة الملاءمة، أما الرتبة (1) وتشمل التربة ذات النسيج (Sandy Clay) وتصنف بأنها غير ملائمة.

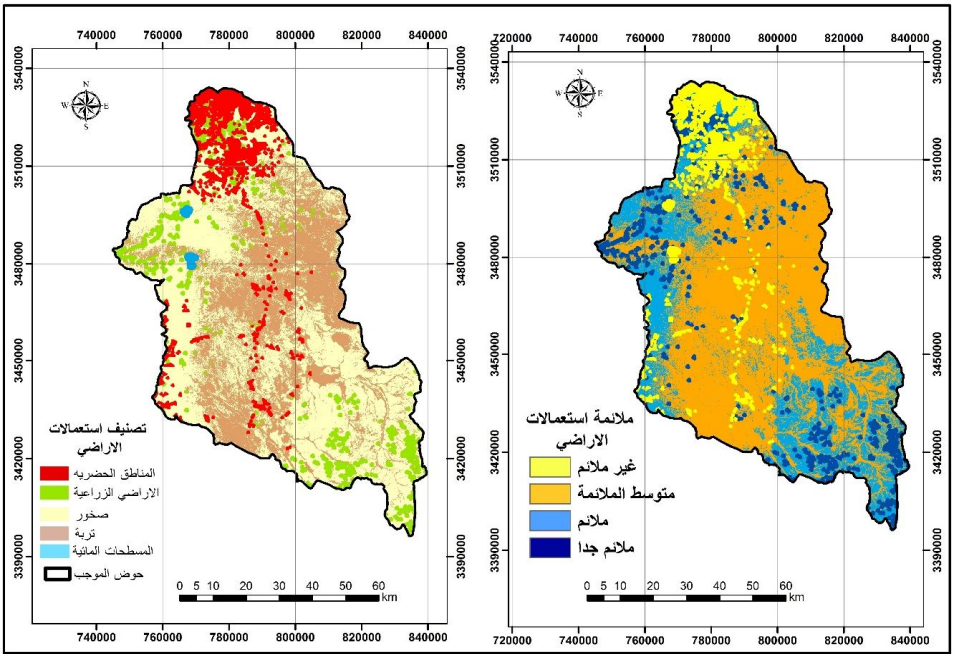


الشكل (9): تصنيف مدى ملاءمة نسيج التربة لإقامة مشاريع الحصاد المائي في حوض وادي الموجب.
المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على أدوات برنامج Arc Map 10.4 وخرائط التربة.

4. ملاءمة أنماط الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض.

تحدد استعمالات الأرض وأنماط الغطاء النباتي مدى ملاءمة السطح لإقامة مشاريع حصد المياه، حيث تأخذ بعين الاعتبار طبيعة الاستعمال نوعه، إذ يفضل الابتعاد عن مناطق الأشجار المثمرة والغابات نظرا لإعاقتها تشكّل الجريان المائي، وكذلك المناطق السكنية بسبب ارتفاع قيم الأراضي الشرائية من جهة، ولصعوبة إنشاء مثل هذه المشاريع في المناطق السكنية من جهة أخرى[45]. وتعتبر المناطق ذات الاستخدامات الرعوية والأراضي الصخرية الجرداء وكذلك مناطق زراعة الخضروات من الأماكن ذات الاستعمالات الملائمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي، إذ تخدم هذه المشاريع في المنطقة وتعود بالمردود الاقتصاديّ ذي الفائدة الجيدة؛ نظرا لحاجة تلك الأراضي للموارد المائية الإضافية[46]، ويبين الشكل (10) تباين استعمالات الأرض في منطقة الدراسة، حيث ظهرت في منطقة الدراسة خمسة أصناف من استعمالات الأرض تمثلت في المناطق الحضرية وتغطي ما مساحته 4% من منطقة الدراسة، وتتركز في الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة، وتنتشر الأراضي الزراعية في مناطق تركز هطول الأمطار على شكل مزارع وشكلت ما نسبته 1.30% من مساحة الحوض، بينما غطت الصخور المنكشفة والبازلت والأراضي الجرداء ما نسبته 60.78%، وتغطي التربة ما نسبته 33.34% من مساحة المنطقة، ولا تشكل المسطحات المائية إلا 0.04% من مساحة منطقة الدراسة، تتمثل في سد الوالة والموجب وبعض السدود شبه الجافة في الجزء الجنوبي من الحوض. كما يبيّن الشكل ذاته تصنيف مدى ملاءمة تلك الاستعمالات لإنشاء مشاريع الحصاد المائي: فعدت المناطق الخاصة باستعمال المراعي والأراضي المزروعة بالخضروات والمحاصيل الحقلية بأنها ملائمة جدا وذات رتبة (4)، أما الرتبة (3) فشملت المناطق البازلتية ومناطق الصخور المنكشفة وصنفت بأنها ملائمة. واعتبرت الرتبة (2) لتشتمل المناطق المتوسطة الملاءمة وتمثل المناطق ذات الغطاء النباتي القليل. وأما الرتبة (1) فتمثل المناطق غير الملائمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي وهي: التجمعات السكانية، السدود المقامة، الغابات، مناطق التربة الرملية، وكذلك المسطحات الرسوبية.

ويوضح جدول (3) مصفوفة متغيرات دقة التصنيف الموجة لأصناف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي للمرئية الفضائية المستخدمة في الدراسة، حيث بلغت الدقة الإجمالية للتصنيف ولجميع الأصناف حوالي 88.9%، وهي من النسب المقبولة عالمياً لتأكيد نتائج التصنيف ودقّته[47].



الشكل (10): تصنيف مدى ملاءمة الغطاء الأرضي واستعمالات الأرضي لإقامة مشاريع الحصاد المائي في حوض وادي الموجب.

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على أدوات برنامج Arc Map 10.4 وتصنيف استعمالات الأراضي.

جدول (3): متغيرات دقة التصنيف لأنوع الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي للمرئية الفضائية المستخدمة في الدراسة.

الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي	دقة المنتج % Producer's Accuracy	دقة المستخدم % User's Accuracy
الأراضي المبنية	0.87	0.87
الأراضي الزراعية	0.90	0.96
الأراضي الجرداء	0.97	0.78
الأراضي غير المستغلة	0.80	0.96
الدقة الإجمالية لكل متغير	88.33	89.37
الدقة الإجمالية Overall Accuracy	88.85	

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على نتائج تصنيف المرئية الفضائية.

ثانياً. تقدير الملاءمة للمعايير المجموعة الثانوية (الخطية والنقطية) لإنشاء مشاريع الحصاد المائي.

1- البعد عن نطاقات الطرق الرئيسية.

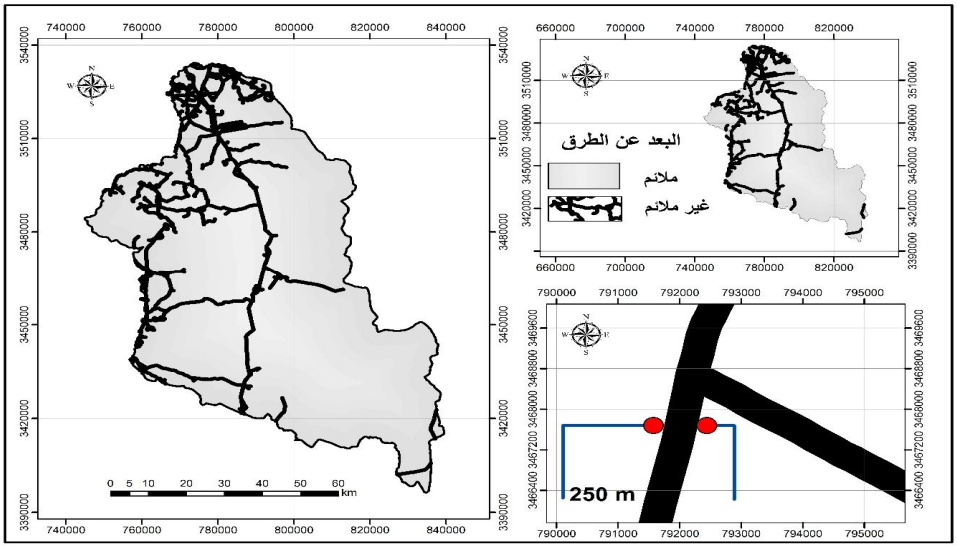
لا بد عند اتخاذ القرار المكاني المتعلق باختيار أنسب موقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي أن يتم استثناء المناطق القريبة من الطرق، ويرجع السبب إلى أنها تعد مناطق حيوية تخدم المنطقة وتربط أجزاءها، بالإضافة إلى كلفة إنشاء هذه الطرق. ومن غير المناسب إقامة مشاريع الحصاد المائي بالقرب منها، فقد تؤدي إلى الإضرار بها، وبناء عليه حددت المسافة التي تبعد عن جسم الشارع بحوالي أكثر من (Buffer 250) مترًا، بانها ملاءمة من الاتجاهين. بينما تعد المناطق الواقعة ضمن ذلك النطاق بما يطلق عليه حرم الشوارع الرئيسية بأنها غير ملاءمة [48] كما هو موضح في الشكل (11)

2- معيار البعد عن نطاق الأودية للمجاري المائية الرئيسية.

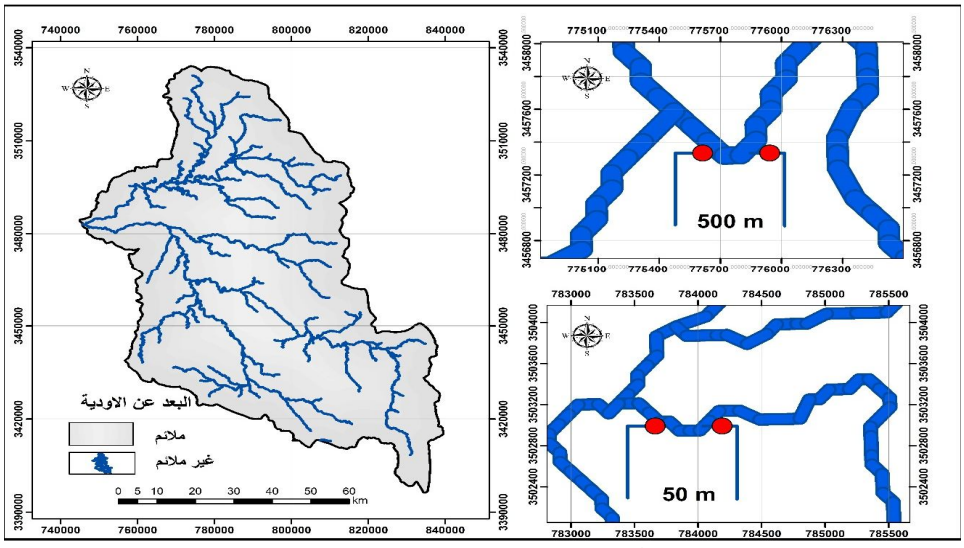
البعد عن نطاق الأودية من المعايير الضرورية التي تؤخذ بالاعتبار عند اختيار أنسب موقع لإقامة مشاريع الحصاد، حيث وبناءً عليه اعتبر المعيار المناسب لنطاق البعد الملائم للحفيرة عن سفح الوادي بما لا يقل عن (50) مترًا، وقد هدفت الدراسة من خلال تحديد هذه المسافة إلى إطالة عمر الحفيرة بحيث يتيح هذا المقدار حيزا مناسباً للبعد عن فعالية العمليات الجيومورفولوجية من حت ونقل وترسيب قد تؤدي إلى النحت التراجعي الصاعد، وإحداث أضرار في جسم المنشأة، ويسبب قصر عمر المشروع، فيتم الابتعاد عن حواف الأودية مباشرة بذلك المقدار، وبما لا يزيد عن (500) متر حتى لا يكون هناك تكاليف اقتصادية تترتب من جراء سحب المياه لمسافة طويلة، وبذلك فقد تم تحديد النطاق (Buffer) الذي يفضل إنشاء الحفائر فيه من (50-500) متر ومن كلا الاتجاهين. كما هو مبين في الشكل (12).

3- البعد عن الصدوع والبنى التكتونية.

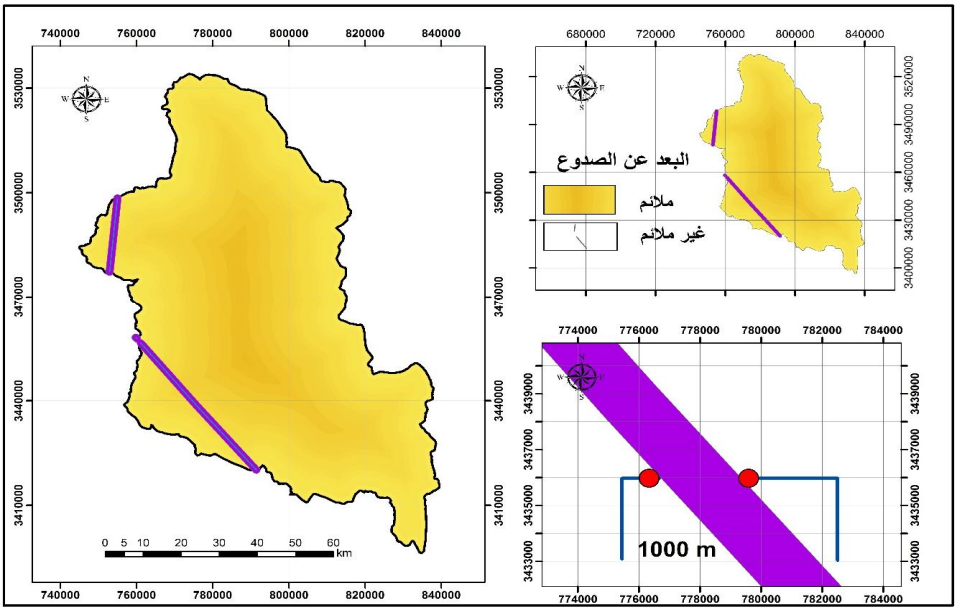
يشير هذا المعيار الى ضرورة ترك مسافة آمنة تبعد عن المناطق النشطة تكتونياً، بحدوث التراكيب الجيولوجية والصدوع من أجل الحفاظ على المياه التي سيتم حصادها، وعدم ضياعها عبر هذه الصدوع والشقوق، وحددت المسافة الآمنة لذلك بنطاق يزيد عن (250) مترًا[49]. حيث استطاعت الدراسة تحديد أماكن نشاط هذه الصدوع وعمل Buffer محيط بالتركيب الجيولوجي من كلا الاتّجاهين إذ إن المسافات التي تقل عن أو تساوي (250) مترًا من الصدع يتمّ الابتعاد عنها لأنها غير ملائمة، كما هو موضح في الشكل (13).



الشكل (11): مدى ملاءمة الطرق والشوارع الرئيسية لإنشاء مشاريع الحصاد المائي في منطقة الدراسة.
المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على أدوات برنامج Arc Map 10.4 وشبكة الطرق في منطقة الدراسة.



الشكل (12): مدى ملاءمة شبكة الأودية الرئيسية لإنشاء مشاريع الحصاد المائي في منطقة الدراسة.
المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على أدوات برنامج Arc Map 10.4 ونموذج الارتفاع الرقمي.

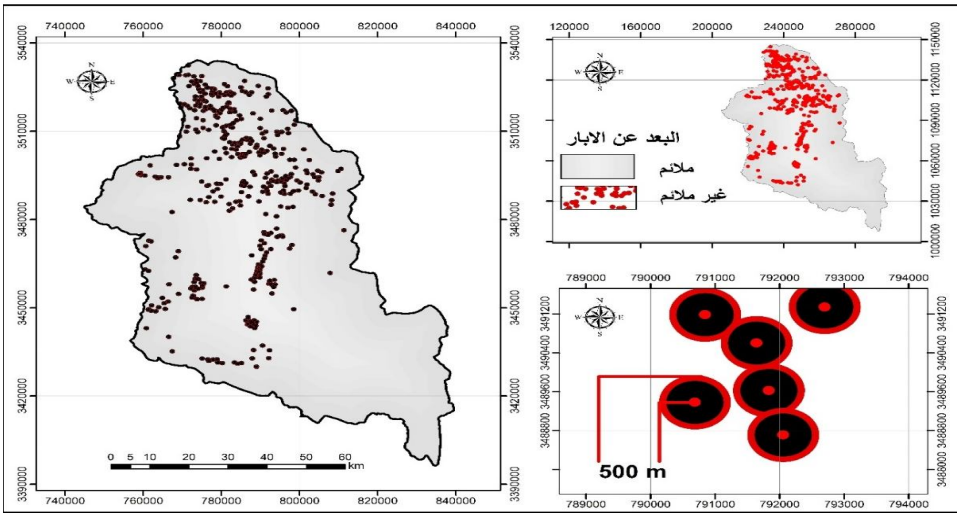


الشكل (13): مدى ملاءمة أراضي الحوض تبعا لمعيار البعد عن الصدوع والبنى التكتونية لمشاريع الحصاد المائي في منطقة الدراسة.

المصدر. من عمل الباحثين بالاعتماد على أدوات برنامج Arc Map 10.4 والخريطة الجيولوجية.

4- البعد عن الآبار الارتوازية:

من المستحسن عند اختيار القرار المكاني لإنشاء مشاريع الحصاد المائي (الحفائر، السدود) الأخذ بعين الاعتبار البعد عن نطاق الآبار الارتوازية، بحيث تبتعد مسافة لا تقل عن 500 متر عن الآبار الارتوازية، بهدف المحافظة على الطاقة التخزينية لهذه المشاريع ومنع عمليات التسرب التي قد تحدث للمياه المحصودة [50]. ويبين الشكل (14) تصنيف الملاءمة المتعلقة بالبعد عن الآبار الارتوازية.



الشكل (14): مدى ملاءمة أراضي الحوض تبعا لمعيار البعد عن الآبار الارتوازية في منطقة الدراسة.
المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على أدوات برنامج Arc Map 10.4 وبيانات وزارة المياه والري.

ثالثاً. إعداد الخريطة النهائية الموزونة لمنطقة الدراسة.

تأتي مرحلة إعداد الخريطة النهائية الموزونة كنتاج نهائي لتحديد الأماكن المناسبة لتجميع المياه، حيث تم تحديد مستوى الملاءمة لكل عامل بإعطائه وزناً باستخدام weighted Overlay المندرجة تحت Spatial Analyst Tools المتضمنة جمع الخريطة الناتجة من خلال GIS-Raster Calculator عن طريق تطبيق المعادلة التالية في بيئة (Arc Map 10.4).

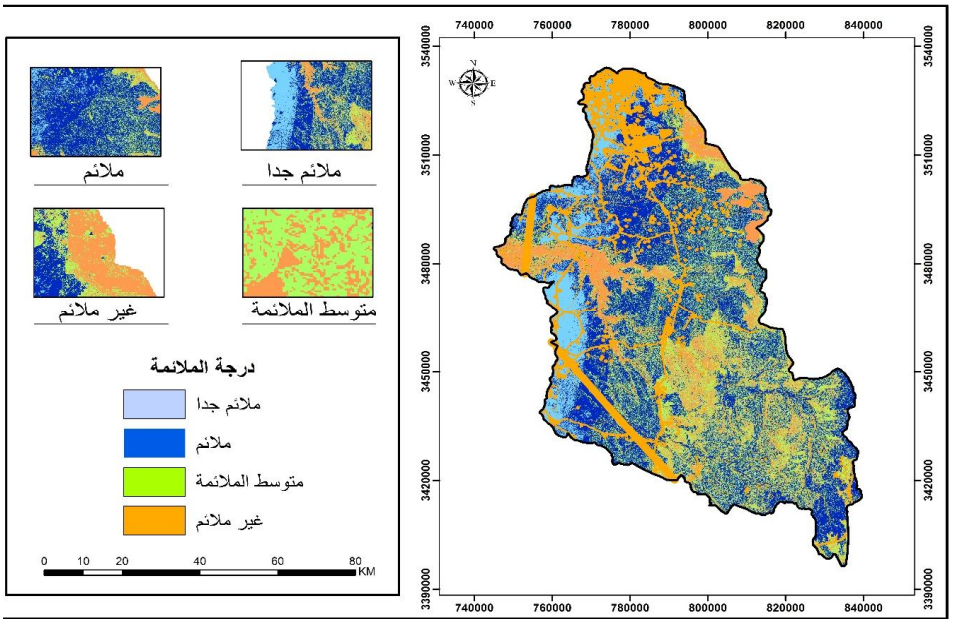
وباستخراج النتائج النهائية للمعايير كافّةً، بلغت نسبة مساحة الأراضي الملائمة جداً 4.9% من مجمل أراضي الحوض، بينما شكلت المناطق الملائمة لإقامة المشاريع ما نسبته 17.26% من المساحة الكلية، أما بقية المناطق والمتمثلة بنطاقات متوسطة الملاءمة إلى غير ملائم فقد بلغت نسبتها 32.64%، 45.18% على التوالي، كما يوضح ذلك الجدول (4). ويبيّن الشكل (15) الخريطة النهائية الموزونة لجميع لمعايير التي استخدمت في الدراسة وتوزيعها المكاني في أراضي الحوض، حيث يتضح أن غالبية الأراضي الملائمة جدا لإقامة مشاريع الحصاد المائي تقع في الجهات الغربية من الحوض والتي شكلتها جملة المعايير المعتمدة في الدراسة، ويجاورها الأراضي غير الملائمة وعلى شكل شريط ممتد من الجهات الشرقية، والتي تمثل التجمعات السكانية في أراضي الحوض وما يلحق بها من طرق وشوارع رئيسية تشكل نطاقًا غير ملائم لاختيار مواقع الحصاد المائي، وتنوعت بقية الجهات من حيث الاعتدال في الملائمة إلى غير

الملائمة ومشكلة خلايا متداخلة فيما بينها وبحسب قوة وضعف المعايير في تأكيد مدى ملاءمتها من عدمه.

الجدول (4): نسب الأراضي ومساحاتها تبعا لدرجة ملاءمتها لإنشاء مشاريع الحصاد المائي في منطقة الدراسة:

جدول الملاءمة		
درجة الملاءمة	المساحة كم^2	النسبة
ملائم جدًا	323.62	4.92
ملائم	1136.56	17.26
متوسط الملاءمة	2149.27	32.64
غير ملائم	2974.92	45.18
المجموع	**6584.37**	**100**

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على نتائج الدراسة.

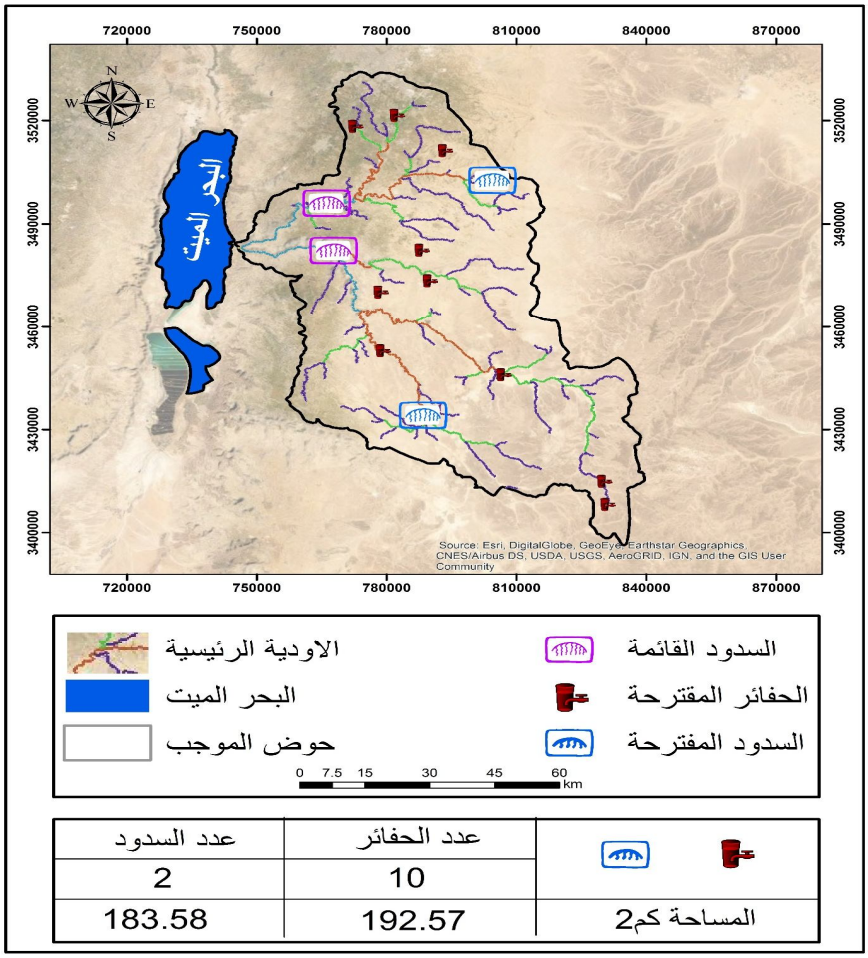


الشكل (15): درجة الملاءمة تبعا للمعايير المستخدمة في الدراسة في حوض وادي الموجب.
المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على أدوات برنامج Arc Map 10.4

يلاحظ من خلال نتائج التحليل المكاني للمعايير الأساسية والثانوية داخل منطقة الدراسة إمكانية إقامة سدود ترابية وحفائر في الحوض المائي لتجميع مياه الأمطار، حيث تتوفر في هذه الأماكن الملائمة مجموعة من الشروط والمعايير التي تم تحديدها لهذه الغاية، وبالنظر إلى الشكل (16) نلاحظ التوزيع المكاني للمناطق الملائمة لإقامة الحفائر الترابية، ومن الأفضل إقامة عدد الحفائر في أراضي الحوض الجنوبية، نظرا لابتعاد الأودية عن المصب الرئيسي للحوض، والاستفادة من المياه قبل انسيابها ضمن مجاري الأودية وتعرضها للتبخر، وبذلك يفضل إقامة الحفائر التي تخدم العملية الزراعية ومناطق الرعي في المستجمع الجنوبي، واقترح إقامة عشر حفائر على مساحة تغذية تقدر بـ 192.57كم^2 من مساحة حوض وادي الموجب. كما حددت الدراسة أيضا أفضل الأماكن لإقامة السدود في المناطق التي تقترب من الروافد الرئيسية للوادي، حيث تم تمييز مشاريع المياه المقترحة لإقامة السدود في مناطق التغذية المائية السطحية التي ترفدها مساحات حوضية أكبر، ويشترط بأن تكون منطقة منخفضة عما جاورها وذات أكتاف طبيعية تكون مناسبة لحجز المياه، بالإضافة إلى عامل البعد عن الأودية المقدر بـ 250 مترًا. وقد بلغ عدد السدود المقترحة سدين مائيين، يمكن إقامتهما على مساحة تغذية تقدر بـ 183.58كم^2 من مساحة حوض وادي الموجب.

التحقق الميداني:

تأتي عملية التحقق الميداني في المرحلة الثالثة والأخيرة من أجل التأكيد على مدى ملاءمة الموقع Site Suitability Analysis الذي تم اقتراحه من خلال التحليل المتبع للمعايير المؤثرة في الحصاد المائي. ويوضح الشكل (17) المواقع التي تم التحقق منها، حيث تم رصد ثلاثة مواقع ملائمة جدا لإقامة مشاريع مائية، أحدها لسد مقترح على أحد أودية الحوض الرئيسية في الجهة الشمالية الشرقية من الحوض، وموقعان ملائمان لإنشاء حفائر ضمن أودية السلطاني في الجهات الشرقية من الحوض ووادي الوالة في الجهات الشمالية من الحوض.



عدد السدود	عدد الحفائر	
2	10	
183.58	192.57	المساحة كم2

الشكل (16): التوزيع المكاني لأفضل المواقع المقترحة لإقامة السدود والحفائر في حوض الموجب.
المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على أدوات برنامج Arc Map 10.4.

الشكل (17): موقع الحفيرتين والسد التي تم اختيارها ضمن المواقع المختارة في حوض وادي الموجب.
المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على نتائج الدراسة الميدانية

استنتاجات الدراسة وتوصياتها:

أولاً. من خلال إشكالية الدراسة وأهدافها تم التوصل إلى جملة من النتائج:

1. بلغت مساحة الأراضي الملائمة جداً تبعاً لمعايير المجموعة الأولى المساحية والتي تشمل: درجات الانحدار، والمعدل السنوي للأمطار/ ملم، ونسيج التربة، واستعمالات الأراضي، ما نسبته 4.9% من مساحة منطقة الدراسة، بينما تشكل المناطق الملائمة لإقامة المشاريع ما نسبته 17.26% من مساحة الحوض، أما بقية المناطق فتمثل المناطق المتوسطة الملاءمة إلى غير الملائمة والبالغة نسبتها 32.64%، 45.18% على التوالي.
2. تتباين استعمالات الأرض وأنماط الغطاء النباتي في منطقة الدراسة، حيث ظهر في منطقة الدراسة وجود خمسة أصناف من استعمالات الأرض، تمثلت في المناطق الحضرية وتغطي ما مساحته 4% من منطقة الدراسة، وتتركز في الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة، وتنتشر الأراضي الزراعية في مناطق تركز هطول الأمطار على شكل مزارع على ما نسبته 1.30% من مساحة الحوض، بينما تمثل الصخور ما نسبته 60.78%، وتغطي التربة ما نسبته 33.34% من مساحة المنطقة ولا تشكل الأحواض المائية إلا 0.04% من مساحة منطقة الدراسة تتمثل في سد الوالة والموجب وبعض السدود شبه الجافة في الجزء الجنوبي من الحوض.
3. بلغ عدد السدود المقترحة سدين مائيين يمكن إقامتهما على مساحة تغذية تقدر بـ 183.58كم^2، وكذلك اقترح إقامة عشر حفائر على مساحة تغذية تقدر بـ 192.57كم^2 من مساحة حوض وادي الموجب.

ثانياً. إشارة إلى ما توصلت إليه الدراسة من نتائج واستنتاجات فيمكن التوصية بما يلي.

1- إدراج المواقع التي تم اختيارها في الدراسة باستخدام النمذجة المكانية المتعدّدة المراحل ضمن أهداف إقامة مشاريع الحصاد المائي في سياسات إدارة أراضي الحوض المائي واستراتيجيّاتها.

2- إنشاء قواعد البيانات المكانية والمتعلقة بالمتغيرات الطبيعية لأراضي الحوض كافّة، بهدف سد الفجوة المتعلقة بعدم وجود السجلات المتوفرة في بعض أجزاء الحوض أو نقصها.

3- ضرورة تفعيل استراتيجيات إدارة الأحواض المائية في المناطق الجافة [23] في أراضي حوض وادي الموجب، والقائمة على تطوير إدارة الأراضي والمياه في الحوض، من خلال بناء خطة واعية للإدارة المتكاملة للموارد المائية السطحية والجوفية منها.

Potential Water Harvesting Sites Selection Using Spatial Multi-Criteria Modeling in Wadi Al Mujib Basin in Southern Jordan

Samer Alnawaiseh, *Associate Professor, Department of Geography, Yarmouk University, Irbid, Jordan.*

Maysoon Alzghoul, *Associate Professor, Department of Geography, Yarmouk University, Irbid, Jordan.*

Abstract

This study aims to select potential sites for water harvesting by using Spatial Multi-Criteria modeling in the Wadi Al-Mujib basin as this method is one of the most suitable methods applied in arid and semi-arid areas to take advantage of rainwater. The significance of the study is to identify the best sites of pits and dams suitable for collecting rainwater in the Wadi Mujib basin through developing a spatial model based on the technology of Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS). In analyzing and identifying the best suitable sites in the Wadi Mujib basin, this paper uses an integrated methodology based on descriptive data such as mapping data for natural and human resources in the basin, aiming to produce digital maps needed for spatial analysis and to construct a spatial model for the optimal positioning for water harvesting projects. The research concludes by identifying the appropriate sites for water harvesting projects. The appropriateness has been divided into four levels (very appropriate (4.92%), appropriate (17.26%), moderately appropriate (32.64%), inappropriate (45.18%)), where the number of proposed dams, (2) dams can be built on an area of 183.58 km², and the establishment of (10) pits with an area of 192.57 km² of the area of the total Basin. The study recommends the need to build water basin management strategies in arid areas based on the development of land and water management in the basin by having a conscious plan for the integrated management of water resources in the Wadi Mujib basin which meets the requirements of sustainable development.

Keywords: Water Harvesting, Multi-Standard Spatial Modeling, Geographic Information Systems, Wadi Mujib Basin.

الهوامش:

1) خضير، أحمد عيادة، وعمران، انتظار ميدي (2013): مورفومترية حوض وادي شعيب الركاشي وإمكانية استثماره في حصاد المياه، مجلة العلوم الإنسانية، كلية التربية، جامعة بابل، العدد 18.

2) Hadadin, M. Salman A, and Karablieh, E, (2006), Resources for the Future: The Role of Trade in Alleviating Water Shortage, (I st ed). Washington: Routledge.

3) Sekar, I&Randhir, T,)2007) Spatial assessment of conjunctive water harvesting potential in watershed systems. Journal of Hydrology,334(1):39-52DOI: 10.1016/j.jhydrol.2006.09.024

4) Field, R.D., D. Kim, A.N. LeGrande, J. Worden, M. Kelley, and G.A. Schmidt,)2014(: Evaluating climate model performance in the tropics with retrievals of water isotopic composition from Aura TES. *Geophys. Res. Lett.*, 41, no. 16, 6030-6036, doi:10.1002/2014GL060572.

5) Al-Ansari, N, Alibrahiem, N, Alsaman, M, Knutsson, S, (2014), Water Demand Management in Jordan, Engineering, 6,19-26 Published Online January 2014.

6) Hadadin, N. Qaqish, M. Akawwi, E. and Bdour, A. (2010), Water Shortage in Jordan Sustainable Solutions, Desalination, 250,197-202.

7) Ghanem, A.A.2013 Case Study: Trends and Early Prediction of Rainfall in Jordan, American Journal of Climate Change, 2013, 2, 203-208.

8) United Nations Environment Programmer (UNEP). (2009), Rain Water Harvesting: A lifeline for Human Well Being, Division of Environmental Policy Implementation, dipinto. unpeg, org.

9) Alzghoul, M &Al-Husban, Y. (2020). Estimation of Runoff by applying SCS Curve Number Method, in a complex arid area; Wadi Al-Mujib watershed; Study case. Dirasat: Human and Social Sciences, University of Jordan, in press

10) وزارة المياه والري (2019)، التقرير السنوي، سلطة المياه.

11) وزارة المياه والري (2018)، التقرير السنوي، سلطة المياه.

12) وزارة الزراعة، 2016، الكتاب السنوي، عمان، الأردن.

13) Critchley, W., and Siegert, K.,)1991(, Water Harvesting. A manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production. FAO – Rome.

14) Ghanem, A.A.(2013), an earlier reference.

15) Alzghoul Maysoon &Al-Husban, Yusra. (2019). Topographic Characteristics and Estimation of the Quantity of Water Harvesting in Al-Jafer Depression, JKAU/Arts and Humanities, VOI. 28, PP:455-473.

16) Abdelkader. (2017). An overview of the geology and evolution of Wadi Abed, Mujib. 10.13140/RG.2.2.33625.98406.

17) Alzghoul, M &Al-Husban, Y. (2020), an earlier reference.

18) Alzghoul, M &Al-Husban, Y. (2019), an earlier reference.

19) حدوش، عبد العزيز (2019)، الإدارة المتكاملة لحوض وادي الموجب، باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

20) AI-husban,Y.(2019) Landforms Classification of Wadi Al-Mujib Basin in Jordan, Based on Topographic Position Index (TPI), and the Production of A Flood Forecasting Map. Dirasat: Human and Social Sciences, University of Jordan, 46(3), 44 - 56. DOI: 10.35516/0103-046-003-004

21) الزغول، ميسون (2016)، إدارة الموارد المائية وإمكانيات الحصاد المائي في حوض الزرقاء باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

22) الصبابحة، نوح (2013)، تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر شرق الأردن باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي، رسالة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

23) AL-Adamat. R. A. Diabat, A and Shatnawi, GH. (2010), Combining GIS with Multi Criteria Decision Making for Sitting Water Harvesting ponds in Northern Jordan, Journal of Arid Environments, 74, 1471-1477.

24) Najah, S. (2010) GIS- based multi criteria analysis for mapping potential sites for rainwater harvesting in the Hamad Basin, NE Jordan, Unpublished Master Dissertation, University of Jordan.

25) المطارنة، احمد (2009)، الإنتاج المائي السطحي في الأجزاء الجنوبية الغربية لحوض وادي الموجب وأثر النشاط البشري على نوعيه المياه، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة مؤتة، الأردن.

26) Abdel- Khaliq, R.A., &Alhaj Ahmad, I. (2007), Rainwater harvesting in ancient civilizations in Jordan, Water Science & Technology: Water Supply 7 No 1 pp 85–93.

27) Kahindal, J.M. Lillie, E.S.B Taigenu, a.E Taute, M. and Boroto, R.J. (2008), Developing Suitability Maps for Rainwater Harvesting in south Africa, physics and Chemistry of the Earth, 33 (8-13), 788-799.

28) National Soil Map and Land Use Project, the Soils (1994)Ministry of Agriculture of Jordan.

29) http://landsat.gsfc.nasa.gov.2019.

30) U. S. Geological Survey (2016*) Earth Explorer*. https://earthexplorer.usgs.gov/

31) الزغول، ميسون (2016)، مرجع سابق.

32) الصبابحة، نوح (2013)، مرجع سابق.

33) AL-Adamat. R. A. Diabat, A and Shatnawi, GH. (2010), an earlier reference.

34) Jennifer, A. (2007), Improving Crop Production Through Rainwater Harvesting: Morton District Case Study (UGANDA), Unpublished Master Dissertation, University of Florence, Italy

35) United Nations Environment Programmer (UNEP). (2009), an earlier reference.

36) Najah, S. (2010), an earlier reference.

37) الصبابحة، نوح (2013)، مرجع سابق.

38) Yang, Yi. D., 2003. Application of GIS and remote sensing for assessing watershed ponds for aquaculture development in Thai Nguyen, Vietnam. Found at: http://www.gisdevelopment.net Last accessed January, 2009.

39) Critchley, W., and Siegert, K.,)1991(, an earlier reference.

40) الزغول، ميسون (2016)، مرجع سابق.

41) Mahmoud, S.H., Alazba, A.A.)2014(. The potential of in situ rainwater harvesting in arid regions: developing a methodology to identify suitable areas using GIS-based decision support system. Arabian Journal of Geosciences, 8(7), 5167-5179.

42) Shatnawi, G., 2006. Determine the Best Sites for Water Harvesting Projects (Dams & Hafirs) in Northeastern Badia Using GIS Applications, Unpublished M.Sc. thesis, Al Al-Bayt University, Jordan.

43) AL-Adamat. R. A. Diabat, A and Shatnawi, GH. (2010), an earlier reference.

44) United Nations Environment Programmer (UNEP). (2009), an earlier reference.

45) زيدان، حسين، وجبار، دلال (2011) اختيار مواقع لإنشاء سدود صغيرة في منخفض الكعرة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد والتحليل المكاني، مجلة كلية الهندسة، المجلد 17، العدد4.

46) Critchley, W., and Siegert, K.,)1991(, an earlier reference.

47) Fan F, Weng Q, Wang Y (2007). *Land use land cover change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, based on Landsat TM/ETM+ imagery. Sensors*. 7:1323–1342. doi: 10.3390/s7071323.

48) AL-Adamat. R. A. Diabat, A and Shatnawi, GH. (2010), an earlier reference.

49) الذويب، ريهام (2012)، حصاد مياه الأمطار باستخدام نظم المعلومات الجغرافية: حالة تطبيقية الجزء الجنوبي الغربي من محافظة الخليل، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعه بيرزيت.

50) Mahmoud, S.H., Alazba, A.A. (2014), an earlier reference.

قائمة المراجع

المراجع العربية:

حدوش، عبد العزيز، (2019)، **الإدارة المتكاملة لحوض وادي الموجب، باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية**، رسالة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

خضير، أحمد عيادة، وعمران، انتظار ميدي، (2013)، مورفومترية حوض وادي شعيب الركاشي، وإمكانية استثماره في حصاد المياه، **مجلة العلوم الإنسانية، كلية التربية**، جامعة بابل، العدد 18.

الذويب، ريهام، (2012)، **حصاد مياه الأمطار باستخدام نظم المعلومات الجغرافية: حالة تطبيقية الجزء الجنوبي الغربي من محافظة الخليل**، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة بيرزيت.

الزغول، ميسون، (2016)، **إدارة الموارد المائية وإمكانيات الحصاد المائي في حوض الزرقاء باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية**، رسالة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

زيدان، حسين، وجبار، دلال، (2011)، اختيار مواقع لإنشاء سدود صغيرة في منخفض الكعرة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد والتحليل المكاني، **مجلة كلية الهندسة**، المجلد 17، العدد 4.

الصبابحة، نوح، (2013)، **تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر شرق الأردن باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي**، رسالة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

المطارنة، أحمد، (2009)، **الإنتاج المائي السطحي في الأجزاء الجنوبية الغربية لحوض وادي الموجب وأثر النشاط البشري على نوعيه المياه**، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة مؤتة، الأردن.

وزارة الزراعة، (2016)، **الكتاب السنوي**، عمان، الأردن.

وزارة المياه والري، (2018)، **التقرير السنوي**، سلطة المياه.

وزارة المياه والري، (2019)، **التقرير السنوي**، سلطة المياه.

English References.

Abdel- Khaliq, R.A. and Alhaj Ahmad, I. (2007). *Rainwater harvesting in ancient civilizations in Jordan*, Water Science & Technology: Water Supply 7 No 1, pp 85–93.

Abed, Abdelkader. (2017). *An overview of the geology and evolution of Wadi Mujib*., 10.13140/RG.2.2.33625.98406.

AL-Adamat. R.A., Diabat, A. and Shatnawi, G.H. (2010). Combining GIS with Multi Criteria Decision Making for Sitting Water Harvesting ponds in Northern Jordan, *Journal of Arid Environments*, 74, 1471-1477.

Al-Ansari, N., Alibrahiem, N., Alsaman, M. and Knutsson, S., (2014). *Water Demand Management in Jordan*, Engineering, 6, 19-26 Published Online January.

AI-husban,Y. (2019). Landforms Classification of Wadi Al-Mujib Basin in Jordan, Based on Topographic Position Index (TPI), and the Production of A Flood Forecasting Map. *Dirasat: Human and Social Sciences*, University of Jordan, 46(3), 44 - 56. DOI: 10.35516/0103-046-003-004.

Alzghoul, M. and Al-Husban, Y. (2019). Topographic Characteristics and Estimation of the Quantity of Water Harvesting in Al-Jafer Depression, *JKAU/Arts and Humanities*, Vol. 28, PP:455-473.

Alzghoul, M, and Al-Husban, Y. (2020). Estimation of Runoff by applying SCS Curve Number Method, in a complex arid area; Wadi Al-Mujib watershed; Study case. *Dirasat: Human and Social Sciences*, University of Jordan, in press.

Critchley, W. and Siegert, K. (1991). *Water Harvesting. A manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production*, FAO – Rome.

Field, R.D., Kim, D., LeGrande, A.N., Worden, J., Kelley, M. and Schmidt, G.A. (2014). Evaluating climate model performance in the tropics with retrievals of water isotopic composition from Aura TES. *Geophys. Res. Lett.*, 41, no. 16, 6030-6036, doi:10.1002/2014GL060572.

Ghanem, A.A. (2013). Case Study:Trends and Early Prediction of Rainfall in Jordan, *American Journal of Climate Change*, 2, 203-208.

Hadadin, M., Salman, A. and Karablieh, E. (2006). *Resources for the Future: The Role of Trade in Alleviating Water Shortage*, (1st ed), Washington: Routledge.

Hadadin, N., Qaqish, M., Akawwi, E. and Bdour, A. (2010). *Water Shortage in Jordan Sustainable Solutions, Desalination*, 250,197-202.

http://l*andsat*.gsfc.nasa.gov.2019.

Jennifer, A. (2007). *Improving Crop Production Through Rainwater Harvesting: Morton District Case Study (UGANDA)*, Unpublished Master Dissertation, University of Florence, Italy.

Kahindal, J.M., Lillie, E.S.B., Taigenu, A.E., Taute, M. and Boroto, R.J. (2008). Developing Suitability Maps for Rainwater Harvesting in south Africa, *physics and Chemistry of the Earth*, 33 (8-13), 788-799.

Mahmoud, S.H. and Alazba, A.A. (2014). The potential of in situ rainwater harvesting in arid regions: developing a methodology to identify suitable areas using GIS-based decision support system. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(7), 5167-5179.

Ministry of Agriculture. (1994). *National Soil Map and Land Use Project*, the Soils of Jordan.

Najah, S. (2010). *GIS- based multi criteria analysis for mapping potential sites for rainwater harvesting in the Hamad Basin, NE Jordan*, Unpublished Master Dissertation, University of Jordan.

Sekar, I. and Randhir, T. (2007). Spatial assessment of conjunctive water harvesting potential in watershed systems. *Journal of Hydrology*, 334(1):39-52. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2006.09.024.

Shatnawi, G. (2006). *Determine the Best Sites for Water Harvesting Projects (Dams & Hafirs) in Northeastern Badia Using GIS Applications.* Unpublished M.Sc. thesis, Al Al-Bayt University, Jordan.

U. S. Geological Survey. (2016). Earth *Explorer*., https://earthexplorer.usgs.gov.

United Nations Environment Programmer (UNEP). (2009). *Rain Water Harvesting: A lifeline for Human Well Being, Division of Environmental Policy Implementation*, dipinto. unpeg, org.

Yang, Yi. D., (2009). *Application of GIS and remote sensing for assessing watershed ponds for aquaculture development in Thai Nguyen, Vietnam*. 2003. Found at: http://www.gisdevelopment.net Last accessed January.

Fan, F., Weng, Q. and Wang, Y. (2007). *Land use land cover change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, based on Landsat TM/ETM+ imagery. Sensors*, 7:1323–1342. doi: 10.3390/s7071323.