

Building a Spatial Model for Managing and Harvesting Surface Water in Wadi Ibn Hammad Basin / Karak Governorate - Jordan

Maysoon Al-Zghoul^{(1)*}

Dalal Zureikat⁽²⁾

Khaled Aba Al-Zamat⁽³⁾

(1) Full-time lecturer, Department of Geography, Faculty of Arts, Al al-Bayt University, Mafraq – Jordan.

(2) Professor, Department of Geography, Faculty of Arts, University of Jordan, Amman - Jordan.

(3) Associate Professor, Department of Humanities - Geography Program, College of Arts and Sciences, Qatar University, Qatar

Received: 15/02/2023

Accepted: 20/07/2023

Published: 20/03/2024

* **Corresponding Author:**
maysoon@aabu.edu.jo

DOI: <https://doi.org/10.59759/art.v3i1.550>

Abstract

The study aimed to define the best spatially suitable locations determined by a group of criteria used in the study, and which copes with the nature of the study location for establishing water harvesting projects by using Geographic Information Systems (ArcGIS 10.4) and Remote Sensing program (ENVI.5.1). This was done for data processing collected through office work, and transferring them to digital maps by following a number of procedures in order to determine the best suitable locations for water harvesting in Wadi Ibn Hammad (WIH), for the purpose of extracting all of the digital maps that are suitable for spatial analysis, as well as producing the maps required for building a spatial model to specify the optimal locations

for holding water harvesting projects.

The study concluded with a set of recommendations, the most important of which is identifying the degree of the suitability of Wadi Ibn Hammad for holding water harvesting projects. This suitability was divided into four levels: very suitable (4.47% of the area), suitable (11.4%), somewhat suitable (20.51%), and not suitable (63.62%). The number of the suggested dams was one dam that can be built on an area of 2.96 km², and having seven excavations on an area of 7.4 km² in WIH valley. The study also put forward a specific scenario for each watershed in the basin to improve and manage the surface water resources in the study area, since it determined the most serious problems facing the department of water resources towards better water security and total productivity improvement for better usage of the watersheds, which enables the department to provide water services in accordance with people's needs.

Keywords: Water Harvesting, Wadi Ibn Hammad Basin, Remote Sensing, Geographic Information Systems (GIS)

بناء نموذج مكاني لإدارة وحصاد المياه السطحية في حوض وادي ابن حماد / محافظة الكرك - الأردن

خالد أبا الزمات^(٣)

دلال زريقات^(٢)

ميسون الزغول^(١)

(١) محاضر متفرغ، قسم الجغرافيا، كلية الآداب جامعة آل البيت، المفرق - الأردن.

(٢) أستاذ دكتور، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، الجامعة الاردنية، عمان - الأردن.

(٣) أستاذ مشارك، قسم العلوم الإنسانية-برنامج الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم، جامعة قطر، قطر.

ملخص

هدفت الدراسة إلى تحديد أفضل المواقع الملائمة مكانياً والمحددة بمجموعة من المعايير التي استخدمتها الدراسة، والتي تتناسب مع طبيعة منطقة الدراسة، لإقامة مشاريع الحصاد المائي، اعتمدت الدراسة على برمجية نظم المعلومات الجغرافية Arc Gis 10.4 وبرمجية الاستشعار عن بعد ENVI.5.1 لمعالجة البيانات التي تم جمعها بالعمل المكتبي وتحويلها إلى خرائط رقمية وذلك ضمن مجموعة إجراءات؛ لتحديد أفضل المواقع الملائمة للحصاد المائي في حوض وادي ابن حماد، بهدف اشتقاق كافة الخرائط الرقمية اللازمة للتحليل المكاني، وإنتاج الخرائط اللازمة لبناء نموذج مكاني لتحديد المواقع المثلى لإقامة مشاريع الحصاد المائي.

توصلت الدراسة لمجموعة من النتائج أهمها تحديد مدى ملائمة حوض وادي ابن حماد لإقامة مشاريع الحصاد المائي، وقسمت الملائمة إلى أربع مستويات: ملائمة جداً وتشكل ٤٠.٤٧% من مساحة الحوض، وملائمة ١١.٤%، ومتوسطة الملائمة ٢٠.٥١%، وغير ملائمة ٦٣.٦٢%؛ إذ بلغ عدد السدود المقترحة سد واحد يمكن إنشاؤه على مساحة تقدر بـ ٢.٩٦ كم²، وإقامة (٧) حفائر على مساحة تقدر بـ ٧.٤ كم² من مساحة حوض وادي ابن حماد. كما وضعت الدراسة سيناريو خاص لكل مستجمع مائي في الحوض من أجل تحسين وإدارة الموارد المائية السطحية في منطقة الدراسة، واستطاعت الوقوف على أهم المشاكل التي تواجه إدارة الموارد المائية، تحقيقاً للأمن المائي ومحاولة للوصول إلى تحسين الإنتاجية الإجمالية لاستخدام المياه في هذه المستجمعات المائية مما يمكنها من تقديم خدمات المياه بشكل يتناسب مع احتياجات السكان.

الكلمات المفتاحية: الحصاد المائي، حوض وادي ابن حماد، الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية.

المقدمة:

تعاني معظم دول العالم من محدودية الموارد المائية وشحها، خاصة الواقعة ضمن النطاق الجاف وشبه الجاف، حيث تنعكس هذه الظروف على توفير الأمن المائي، الذي أصبح يمثل تحدياً رئيسياً متنامياً أمام كثير من البلدان في الوقت الراهن (الخصاني، ٢٠١٢)، وقد أدركت معظم الدول المتأثرة بتدهور الأوضاع المائية والتي تواجه التحديات المائية وبما فيها الأردن مدى الحاجة للتقييم المكاني للأحواض المائية من أجل تحسين طريقة إدارة مواردها المائية لتعزيز الأمن المائي؛ إذ يواجه الأمن المائي مجموعة من التحديات مثل زيادة الحاجة للموارد المائية بسبب النمو السكاني، زيادة الظواهر الجوية الشديدة العنف كظاهرة التغير المناخي، وما رافقها من أحداث مناخية ساهمت بتغيير دورة الماء بعدم انتظام إمدادات المياه وزيادة وتيرة نوبات الجفاف والفيضانات (Sekar & Randhir, 2007). وتأتي تقنيته حصد المياه وجمعها كواحدة من طرق تحقيق الإدارة المائية المتكاملة والتنمية المستدامة في قطاع المياه (Sharma, 2003). إذ تعتبر تقنيات الحصاد المائي Water Harvesting من أهم التقنيات المستخدمة في معظم دول العالم التي تعاني من الظروف المناخية الجافة وشبه الجافة (النوايسة، والزغول، ٢٠٢٢). تهدف عملية حصد المياه إلى جمع مياه الأمطار الهاطلة ضمن مساحة معينة من الأرض على شكل جريان سطحي للمناطق التي تعاني من ظروف الجفاف وما رافق هذه الظروف من تقلبات مناخية ودورات جفاف حادة أدى إلى تناقص كميات الأمطار الهاطلة، وندرة الموارد المائية (Alzghoul. Al-Husban. 2019).

وتبرز أهمية الدراسة في تطوير نموذج مكاني يمكن استخدامه في المناطق الجافة وشبه الجافة بشكل عام ومنطقه الدراسة بشكل خاص، بالاعتماد على تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، والاستشعار عن بعد (RS)؛ إذ يعد حوض وادي ابن حماد من الأحواض المائية السطحية في الأردن، حيث تبلغ مساحته ١٢٠.٤٥ كم² من أراضي المملكة الأردنية الهاشمية، وتتسم الموارد المائية بالحوض بالمحدودية والتذبذب الزمني والمكاني، خاصة في ظل ظروف التغيرات المناخية الحالية، التي ساهمت في تغير أنماط الهطول المطري على شكل العواصف المطرية الغزيرة المفاجئة Flash Flood قصيرة المدة، وتعرض منطقة الدراسة جراء ذلك لعجز في الموارد المائية ومشاكل انجراف وملوحة التربة، الأمر الذي يستدعي ضرورة اتخاذ تدابير مناسبة للتكيف مع مخاطر الفيضانات المفاجئة في منطقة الدراسة وإدارتها، والتخفيف من حدة السيول العارمة بتشبيد منشآت الحصاد

المائي، والتي تسهم في بناء نظم تجميع المياه السطحية، وإعادة التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية للاستفادة منها في فترات الطلب المائي، وإضفاء المرونة الكافية على تلك التدابير إلى الحد الذي يمكن أن ينفذه المسؤولون والسكان المحليون معاً.

مشكلة الدراسة:

يقع حوض وادي ابن حماد ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة في الأردن، المتأثرة بأنماط التغير المناخي، التوسع في زيادة الرقعة الحضرية، إضافة إلى مشاكل التدهور الطبيعي كالجفاف التربة، ومن الطبيعي أن يرافق ذلك توسع في الزراعة بمختلف أنماطها، الأمر الذي سيشكل ضغطاً هائلاً على الموارد المائية المتاحة فيه (زريقات، الزغول، ٢٠٢١). ولسد هذه الفجوة لا بد من اتخاذ مجموعة من الإجراءات من أجل توفير كميات إضافية من المياه تسد الاحتياجات المائية المتزايدة، كإيجاد إدارة فاعلة لإدارة أراضي الحوض المائي لمنطقة الدراسة والتوسع باستخدام وسائل الحصاد المائي المباشرة وغير المباشرة لتوفير ما يمكن توفيره من الحاجات المائية الملحة لسكان منطقة الدراسة (الزغول، ٢٠١٦).

أهداف الدراسة:

تمثلت أهداف الدراسة بما يلي:

- ١- دراسة خصائص منطقة الدراسة الطبيعية والبشرية، وربط أثرها على إمكانية إقامة مشاريع الحصاد المائي.
- ٢- تحديد أفضل المواقع الملائمة مكانياً، والمحددة بمجموعة من المعايير التي استخدمتها الدراسة والتي تتناسب مع طبيعة منطقة الدراسة، لإقامة مشاريع الحصاد المائي.
- ٣- استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في بناء النماذج المكانية للحصاد المائي.

الدراسات السابقة:

أشارت دراسة Imzahim et al, 2020 إلى إمكانية تحديد مواقع حصاد المياه المحتملة بالاعتماد على التقييم المكاني متعدد المعايير في محافظة ميسان (العراق)، للتغلب على عدم التوازن بين العرض والطلب للموارد المائية المتاحة، وذلك في ظل التغيرات المناخية المختلفة، واستخدمت

الدراسة من أجل التقييم متعدد المعايير في نظام المعلومات الجغرافية (GIS) لاختيار مواقع تجميع مياه الأمطار المثلى، نموذج جاما الضبابية المترابطة لمجموعة من الطبقات المتعددة Fuzzy Gamma؛ حيث يستخدم النموذج مجموعة من العوامل مثل، نوع التربة، الانحدار، وترتيب التدفق، والهطول المطري، ومؤشر التغير الطبيعي للنباتات (NDVI)، من أجل تحديد أماكن تجميع مياه الأمطار؛ وتوصلت الدراسة إلى تحديد المواقع المثلى لتخزين المياه في منطقة الدراسة. وإنتاج خرائط يمكن استخدامها كمرجع لتعزيز فعالية إدارة المياه، وخاصة في المناطق المنكوبة بالجفاف التي تقدم إمكانات كبيرة للإنتاج الزراعي المستدام في المنطقة شبه القاحلة.

تناولت دراسة Alzghoul & Al-husban، ٢٠٢٠ أثر الخصائص الطبوغرافية في تقدير كمية الحصاد المائي في قاع الجفر؛ حيث تم اشتقاق القيعان في قاع الجفر اعتماداً على الخريطة الطبوغرافية ١:٥٠٠٠٠٠ والصور الفضائية من نوع لاند سات تي ام TM ٢٠١٨. ومن أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة تحديد التوزيع الجغرافي للقيعان، حيث تميزت هذه القيعان بالتركز على مناطق رئيسية على مساحة نسبتها ٥١% من مساحة القاع، كما استطاعت الدراسة تقدير معدل الأمطار المساحية الموزونة (مضلع ثيسون) Thiessen Polygon Method، وذلك بالاعتماد على نموذج معدل الأمطار للعام المطري ٢٠١٦-٢٠١٧م؛ إذ بلغ المعدل حوالي ٦٠٩.٣ ملم ومعدل عمق المياه في كافة القيعان حوالي ١٣٠.٢٥٥ ملم في تلك السنة، وهذا ما يدل على مقدار انعكاس طبوغرافية السطح لإمكانية حصد المياه وتجميعها في مثل هذه البيئات الجافة و شبه الجافة. وأشارت دراسة أبو غضبة وبرقان، ٢٠١٩ إلى معاناة الفلسطينيين في الضفة الغربية وقطاع غزة المتمثلة في نقص حاد في مصادر المياه المتاحة؛ بسبب سيطرة الاحتلال الإسرائيلي الكاملة على تلك المصادر المائية، وقد هدفت الدراسة لتسخير تقنية نظم المعلومات الجغرافية GIS، في دراسة أفضل المواقع لإنشاء السدود في منطقة الدراسة، وأظهرت الدراسة أن هناك ١٥ موقعاً لإقامة السدود بقدرات تخزينية متفاوتة، وتم تحديد ٣ مواقع هي الأفضل من حيث القدرة التخزينية لإقامة السدود؛ حيث بلغ مجموع كمية المياه الجارية الفعلية في أحواض منطقة الدراسة ٢١٣١٥٠٠٠ م^٣.

بينت دراسة Bhau et al, 2018 أن تجميع مياه الأمطار أصبح أمراً مهماً، من أجل تجنب ندرة المياه؛ حيث يعتمد الاختيار المناسب لتقنية حصاد المياه على التضاريس، هطول الأمطار و توزيعها، التربة، والغطاء الأرضي واستخدام الأرض (LULC) Land use land cover. استطاعت

الدراسة تفعيل تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، لاختيار مناطق تجميع مياه الأمطار في منطقة حوض بوناد بمنطقة ناشيك (الهند). البالغ مساحتها ٢٩٠ كم²، وتتلقى المنطقة أمطار سنوية بمتوسط يبلغ ٧٨٠ ملم. وقد تم اشتقاق خرائط المنحدرات، وشبكة التصريف المائي. وقد اعتمدت الدراسة على استخدام نموذج الارتفاع الرقمي للقمم الصناعي ASTER DEM، وتقنية نظم المعلومات الجغرافية لدمج الخرائط، من أجل تحديد المواقع المناسبة المحتملة لتجميع مياه الأمطار، وكذلك خزان الترشيح.

كما تمكنت دراسة الزغول، ٢٠١٦ في تقدير إمكانيات الحصاد المائي في حوض نهر الزرقاء في الكشف عن مقدار التباين بين الأحواض الثانوية؛ حيث اختلفت قيم أرقام المنحنى الرقمي (Curve Number). وتم تقديم أهم الحلول العملية المقترحة لتحديد أفضل مواقع الحصاد المائي التي يمكن إقامتها في منطقة الدراسة، بالإضافة للمقترحات التي تصلح في الأحواض المائية الثانوية اعتماداً على مجموعة من المعايير التي تم استخدامها والتي تتناسب مع طبيعة المنطقة.

تناولت دراسة "عمار وآخرون"، ٢٠١٥ إمكانية استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات في إدارة مياه الأمطار وتحديد المواقع المثلى لتطبيق نظم حصاد المياه في الجزء الجنوبي من السلسلة الساحلية للجمهورية العربية السورية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد Remote Sensing، بهدف اختيار المواقع المثلى لتطبيق نظم حصاد مياه الأمطار، ومن أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة بتطبيق المعايير المناسبة تحديد ٦٨ موقعاً اعتبرت أنها ملائمة جداً لإقامة مشاريع حصد المياه السطحية.

وقدمت دراسة Berwanger, Ghisi, 2014، تحليل الجدوى الاستثمارية لحصاد مياه الأمطار في مدينة إيتابيرانجا، جنوب البرازيل، حيث تم إجراء التحليل بالاعتماد على مجموعة من المتغيرات، وتوصلت الدراسة أن هناك إمكانية لتوفير المياه الصالحة للشرب من مشاريع الحصاد المائي وكذلك السعة المثالية للخزانات، لتحليل جدوى الاستثمار.

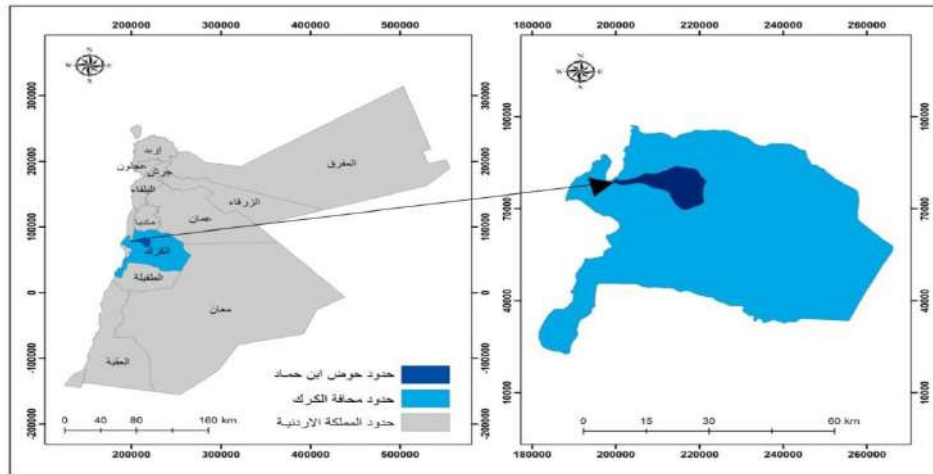
تناولت دراسة الساكني، ٢٠١١ تقنيات الحصاد المائي و دورها في تنمية الموارد المائية بالدول العربية المتصرفة بالظروف المناخية الجافة وشبه الجافة، الأمر الذي عزز الحاجة إلى استخدام أنظمة الحصاد المائي وفقاً للأوضاع المائية السائدة بالتزامن مع التقدم الحضاري.

في حين استخدمت دراسة Harshi et al, 2011؛ طريقة قابلة للتطبيق عالمياً لتحديد الملائمة المحلية لتنفيذ إستراتيجيات إدارة إمدادات المياه في الأحواض النهرية. وتوصلت الدراسة أن ٨٣% من

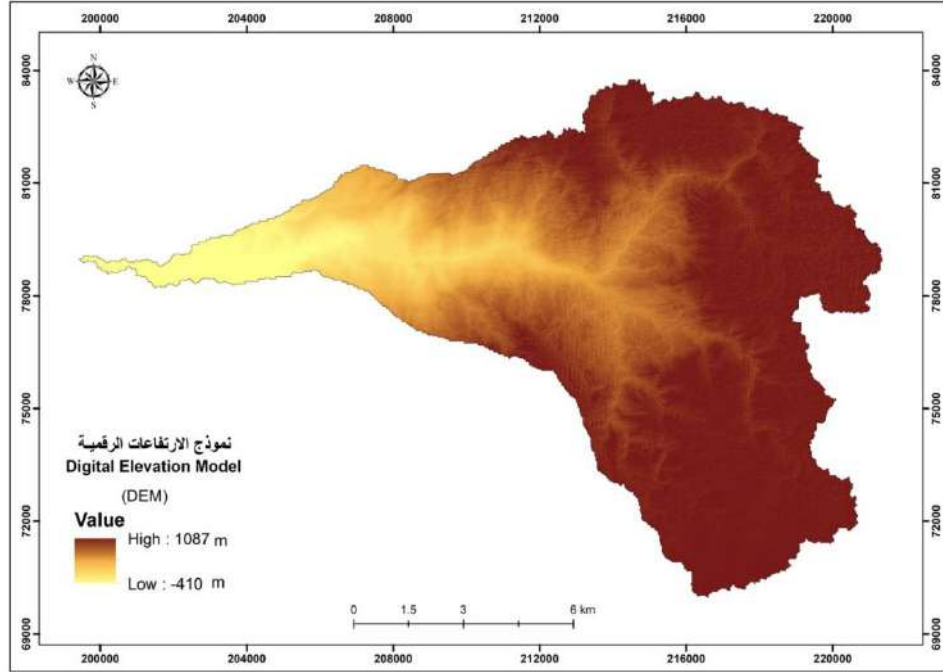
تنبؤات نموذج محاكاة الطقس GWAMP لتنبؤات توقعات الأمطار المتراكمة، للمواقع ذات الملازمة العالية لتخزين مياه الأمطار ترتبط بمواقع وخزانات المزارع الموجودة و السدود الإقليمية، كما أشارت الدراسة أنه يمكن استخدام نموذج المحاكاة لتحديد المواقع المحتملة لتقنيات تجميع مياه الأمطار وتخزينها في مستجمعات الأحواض المائية بنجاح.

منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي ابن حماد في الجزء الجنوبي من المملكة الأردنية الهاشمية في محافظة الكرك الواقعة جنوب الأردن، وتبعد ١٢٠ كم عن مدينة عمان، ويوصف وادي ابن حماد بأنه من الأودية السحيقة، يمتد فلكياً ما بين دائرتي (31° 21' - 31° 22') شمالاً، ودرجتي طول (74° 35' - 35° 51') شرقاً، الشكل (١). وتبلغ مساحة وادي ابن حماد حوالي ١٢٠.٤٥ كم²، طبوغرافياً تحف التلال والجبال الوادي من الشمال والجنوب بفعل وجود طيات بنيوية (العنانة، ٢٠٠٥)، الأمر الذي يعطي المنطقة صفة التضرس الشديد في بعض المناطق فيبلغ تضرس الوادي Basin Relief حوالي ٦٠٨٧ م الذي يشير إلى ازدياد الفرق بالارتفاع ما بين الحواف العليا للوادي وبين مصب الوادي للحوض المائي فتتراوح ارتفاعات منطقة الدراسة ما بين -٤٠٠ م دون مستوى سطح البحر الى ١٠٨٧ م فوق مستوى سطح البحر الشكل (٢).



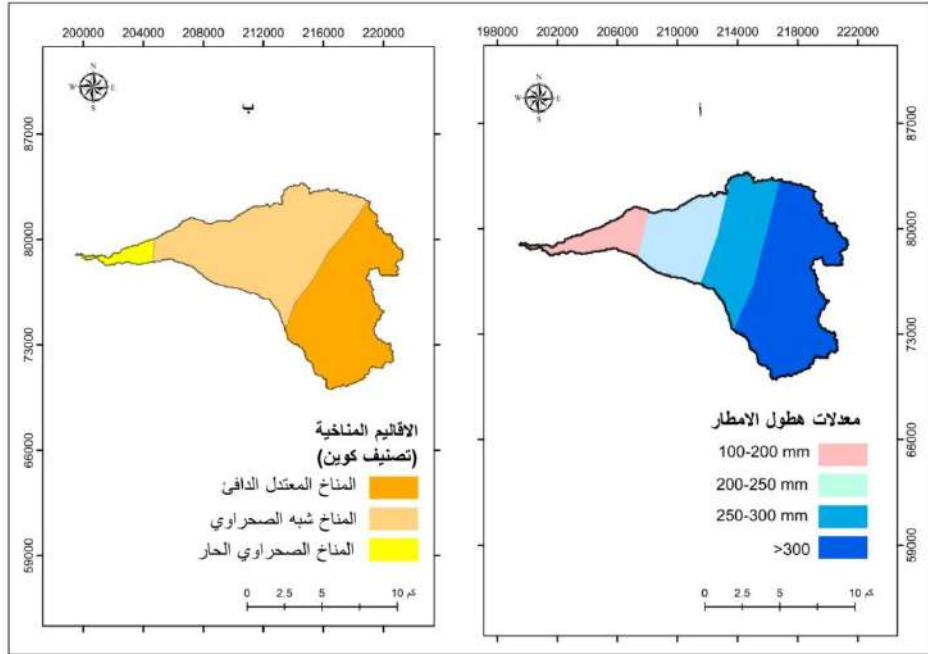
الشكل (١) موقع منطقة الدراسة.



الشكل (٢) قيم الارتفاعات الرقمية في وادي ابن حماد.

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM.

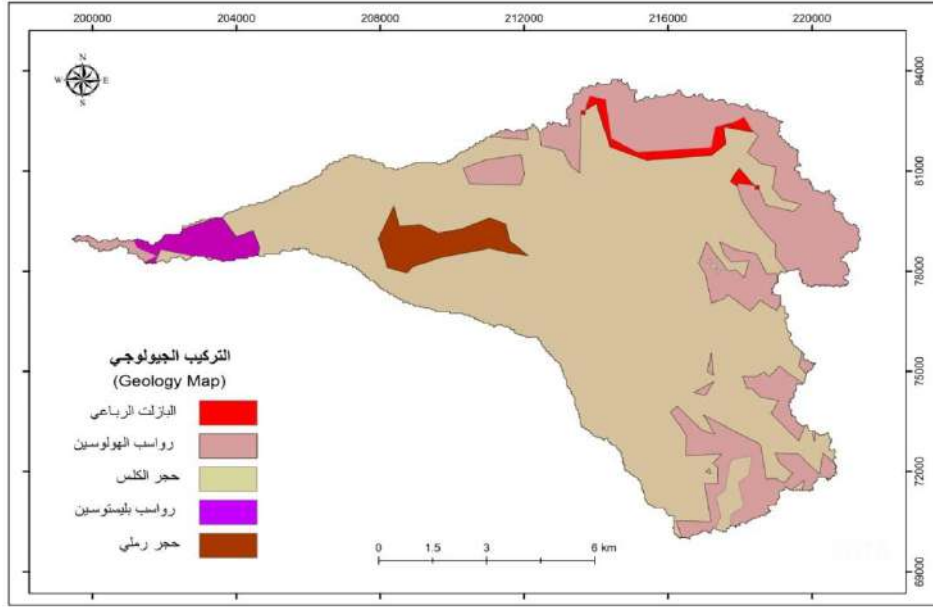
وبطبيعة الحال تنعكس طبوغرافية الحوض على العناصر المناخية في منطقة الدراسة، فحسب تحليل كميات معدل الأمطار السنوية في منطقة الدراسة المعتمد على عمل معايرة للمحطات المطرية والمناخية الموجودة في الحوض والمجاورة له قسمت المنطقة إلى أربع مناطق مطرية (أقل من ١٠٠ ملم، ١٠٠-٢٠٠ ملم، ٢٠٠-٣٠٠ ملم، أكثر من ٣٠٠ ملم) الشكل (٣-أ)، حيث يسود المناخ المعتدل الدافئ في الحوض المائي الأعلى من الوادي، بينما يسود مناخ الصحراوي في الجزء الأوسط من الوادي، ويسود المناخ المداري الجاف (الصحراوي الحار) حسب تصنيف كوبن في الحوض الأسفل من الوادي، الشكل (٣-ب). في حين بلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة ١٩.٢ م° (شحادة، ١٩٩٠؛ البحيري، ١٩٩١؛ النواصرة، ٢٠٠٦).



الشكل (٣): الأقاليم المناخية ومعدلات الهطول المطري بحوض وادي ابن حماد.

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على بيانات دائرة الأرصاد الجوية ووزارة المياه.

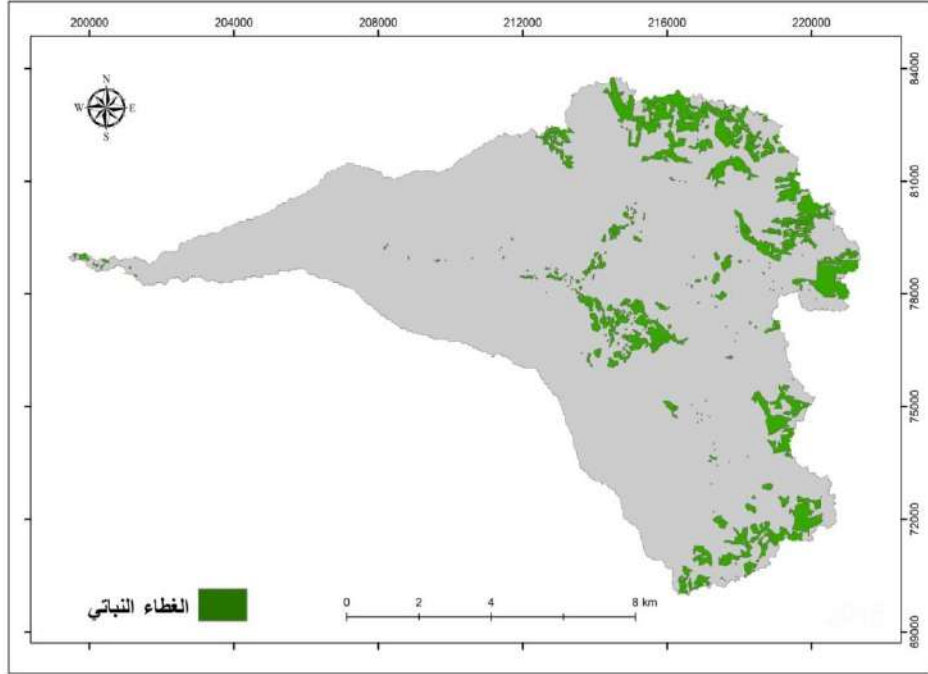
تعود جيولوجية المنطقة إلى تكوينات السرموج وتشمل كنجلومترات والصخور الرملية وادي ابن حماد (عابد، ٢٠٠٠). كما تظهر مجموعة صخور مجموعة عجلون (حجر كلسي) العائدة إلى العصر الكريتاقي في الحوض الأوسط من الوادي، في حين تتركز مجموعة البلقاء (بازلت طباشيري) العائدة إلى صخور العصر الثلاثي في الحوض الأعلى، وتظهر الترسبات الحديثة (حصى ورمال وطين) في منطقة المصب، كما تنتشر الترسبات الملحية البيضاء الناتجة عن ترسبات البحر الميت في النهاية الدنيا لمصب الوادي، وتتكون ترسبات بطن الوادي من صخور صوانية وجيرية، وصخور الحجر الرملي، (زريقات، ٢٠١٨). وتنتشر التركيبات الجيولوجية في منطقة الدراسة على مساحات متفاوتة حيث تغطي تركيبات رواسب الحجر الكلسي على مساحة تقدر بـ ٨٥ كم²، في حين تسود رواسب الهولوسين على مساحة قدرت بـ ٢٧ كم²، ولا تشكل رواسب البازلت الرباعي، ورواسب بليستوسين، وحجر الرملي ١.٥ كم²، ٢.٥ كم²، ٣.٦ كم² على التوالي الشكل (٤).



الشكل (٤): التركيب الجيولوجي في منطقة الدراسة.

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية الورقية مقياس ١:٢٥٠٠٠.

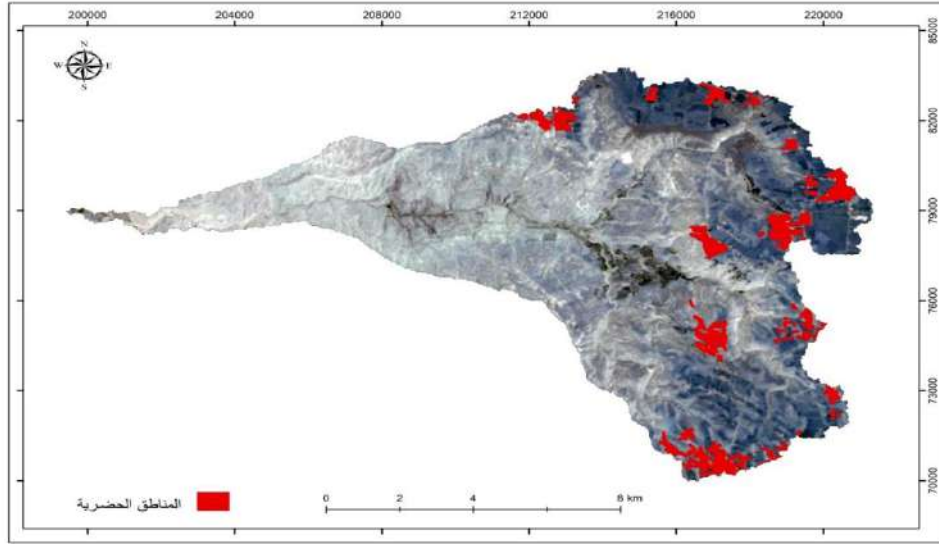
تسود في منطقة الدراسة تربة البحر المتوسط المبتدئة والكلسية شبه الجافة والجافة في الأجزاء الشرقية من الحوض، بينما تسود الترب الجافة المبتدئة في الأجزاء الجافة الانتقالية (وزارة الزراعة، ١٩٩٤). وتنعكس تربة المنطقة بطبيعة الحال على كثافة الغطاء النباتي وتوزيعه، تمتاز منطقة الدراسة بقلة الغطاء النباتي الطبيعي في أجزاء كبيرة من الوادي، مع وجود بعض الأشجار والشجيرات حول الوادي ومجاري السيول مثل أشجار النخيل وأشجار الطرفة والحلبى والكينا، والأشجار والشجيرات العطرية مثل النرجس، والقيصوم، الزعفران، كما يمتاز الوادي بفقر في الغطاء النباتي؛ حيث يظهر من خلال التوزيع الجغرافي لكثافة الغطاء النباتي الذي ينتشر على مساحة تقدر بـ ١٠٨٥ كم^٢، حيث تراجمت نسبة تغطية حوض وادي ابن حماد بالغطاء النباتي الكثيف من ٢٣% عام ١٩٨٦ إلى ٦% عام ١٩٩٦ و ١٢% عام ٢٠٠٦ وبلغت ٩% عام ٢٠١٦. كما لوحظ حدوث تحول في الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي خاصة تحول الأراضي الزراعية إلى الأراضي الجرداء وغير المستغلة، مما يعني تعرض حوض وادي ابن حماد للتصحّر، والتدهور البيئي كما ظهر من خلال تحليل مؤشر الاختلاف النباتي NDVI. الشكل (٥) (زريقات، ٢٠١٨).



الشكل (٥) توزيع الغطاء النباتي NDVI في منطقة الدراسة.

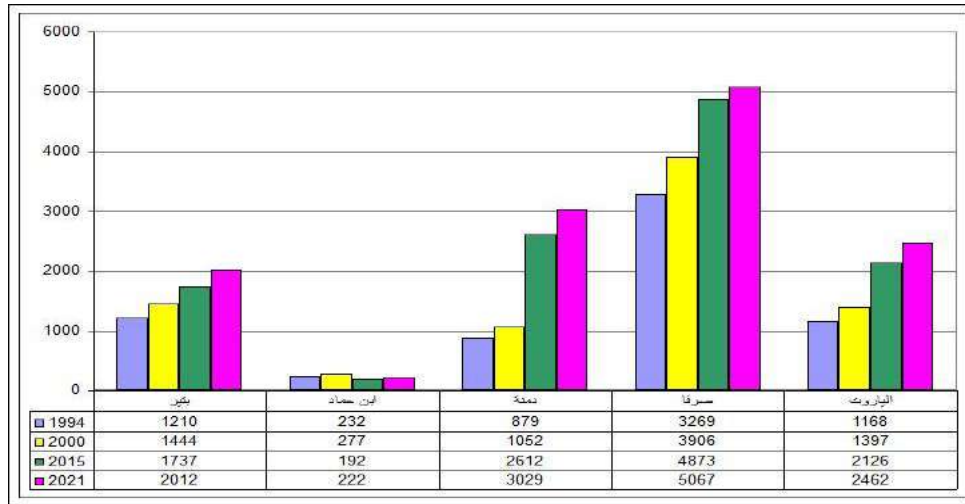
المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على المرئية الفضائية الملتقطة بالقمير الصناعي Land Sat-٨.

وتنتشر التجمعات السكانية بالمناطق المحاذية للمناطق السهلية حيث تتوفر المصادر المائية والغطاء النباتي؛ إذ تتركز في منطقة بتير، ابن حماد، دمنة، صرفاء، الياروت. الشكل (٦). بلغ عدد السكان في التجمعات السكانية في الحوض المائي حوالي (١٢.٧٩٢) نسمة حسب إحصائية عام ٢٠٢١م. وقد تزايد عدد السكان خلال الأعوام: (١٩٩٤، و٢٠٠٠، و٢٠١٥، و٢٠٢١) في منطقة بتير، ابن حماد، دمنة، صرفاء، الياروت الأمر الذي أدى إلى زيادة الطلب على الموارد المائية المتاحة، ويزيد من أهمية إدارة الموارد المائية في الحوض وضرورة صيانتها، الشكل (٧). وقد رافق الزيادة السكانية للتجمعات السكانية التوسع في الأراضي المبنية؛ حيث يشكل ٧.٣٧% من مساحة منطقة الدراسة.



الشكل (٦) التجمعات السكانية في منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات دائرة الإحصاءات العامة لعام ٢٠٢١.



الشكل (٧) تطور عدد السكان في التجمعات السكانية في حوض وادي حماد للفترة (١٩٩٤-٢٠٢١).

المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات دائرة الإحصاءات العامة لعام ٢٠٢١.

منهجية الدراسة:

أولاً: العمل المكتبي:

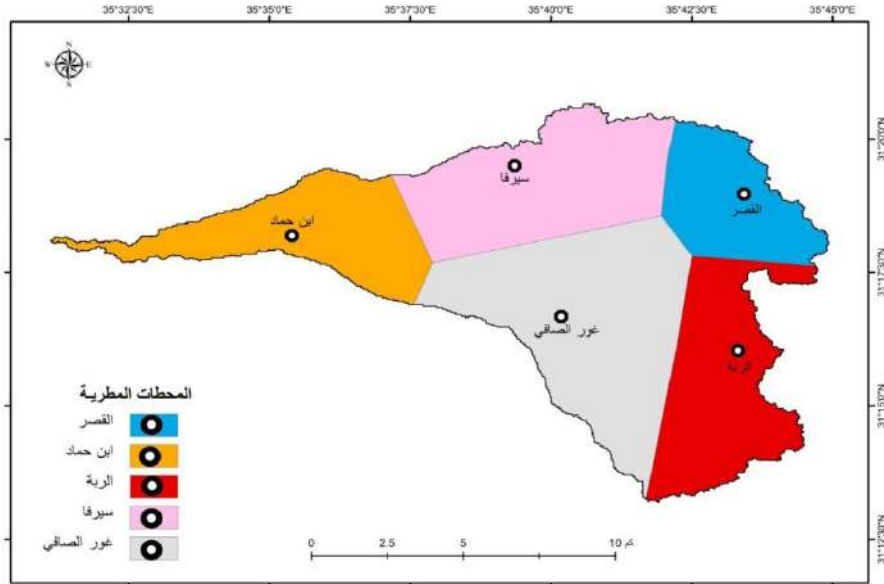
- ١- **حدود الحوض المائي** تم توقيع حدود الحوض المائي، وذلك حسب نظام التعريف الإحداثي المترى WGS_1984_ UTM_ZONE_ 36N، باستخدام الخرائط الطبوغرافية مقياس ١:٥٠٠٠٠٠ ونموذج الارتفاع الرقمي DEM بقدرة تمييزية (٣٠*٣٠) م.
- ٢- **الخريطة الجيولوجية** مقياس ١:٢٥٠٠٠٠ وتمثل الخريطة الجيولوجية اللوحات التالية: نيبان، والربة، والكرك، وأدر، والحسا، والطفيلة، وسواقة، وعين المتزل.
- ٣- **البيانات المناخية**: اعتمدت الدراسة على البيانات المناخية للفترة ما بين ١٩٩٥-٢٠٢١م، وقد تم معالجة البيانات المناخية المأخوذة من المحطات المطرية التالية: القصر (محطة مطرية)، ابن حماد (محطة مطرية)، الربة (محطة مناخية)، سيرفا (محطة مناخية).
- ٤- **المرئية الفضائية**: استخدمت الدراسة المرئية الفضائية؛ حيث تم تحميل المرئية من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية، وتتبع هذه المرئية للقمر الصناعي Land Sat 8 الملتقطة بتاريخ ٢٤/٦/٢٠٢١، وتمت عملية معالجة المرئية وتحسينها وتسجيل مواقع نقاط التدريب باستخدام نظام التوقيع العالمي (GPS) وفق نظام (Universal Transverse Mercator) (UTM).
- ٥- **نموذج الارتفاع الرقمي** بقدرة تمييزية 30 متر ((Digital Elevation Model (DEM)، حيث تمت معالجته باستخدام برمجة (GIS-10.4)، من خلال عمل دمج (Mosaicking) للوحات، ومن ثم تعريفه بنظام الإحداثيات (UTM).
- ٦- استخدام برنامج إكسل لإنتاج الأشكال والرسومات البيانية باستخدام البيانات التي تم الحصول عليها من تقارير دائرة الإحصاءات العامة.

ثانياً: العمل المخبري:

- ١) اعتمدت الدراسة على برمجة نظم المعلومات الجغرافية Arc Gis 10.4 وبرمجة الاستشعار عن بعد ENVI.5.1 لمعالجة البيانات التي تم جمعها بالعمل المكتبي وتحويلها إلى خرائط رقمية، وذلك ضمن مجموعة إجراءات تمثلت ب:
 - ❖ تحويل جميع الخرائط الورقية إلى رقمية بالاعتماد على الماسح الضوئي وبرنامج Arc Map 10.4

وعمل تصحيح هندسي للخرائط الرقمية الناتجة بناءً على حدود الحوض المائي بحسب نظام التعريف الإحداثي المتري؛ حيث تم ترقيمها والوصول إلى الخرائط المطلوبة.

❖ إدخال إحدائيات المحطات المناخية المطرية على برنامج Arc Map 10.4، وتمثيل هذه البيانات بعد إدخالها لكل محطة مطرية ومناخية اعتماداً على نظم المعلومات الجغرافية باستخدام أداة Raster Interpolation من نوع Kriging من أجل الحصول على إعداد خريطة التوزيع المكاني للمعدلات المطرية السنوية والشهرية الشكل (٨).



الشكل (٨) التوزيع المكاني للمحطات المناخية والمطرية في منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات الأرصاد الجوية.

❖ التحليل من الصورة الفضائية الملتقطة بواسطة القمر الصناعي Land Sat 8 بتاريخ ٢٤/٦/٢٠٢١ باستخدام برمجية الاستشعار عن بعد ENVI.5.1؛ لاستخراج أصناف استعمالات الأراضي والغطاء النباتي Land use & Land cover لارتباطها بمعايير الدراسة؛ إذ تم عمل التصنيف الموجه (Supervised Classification) للمرئية الفضائية المعتمد على نقاط التدريب، للوصول إلى خارطة تصنيف الأراضي.

- ❖ استخراج خارطة مؤشر الكثافة النباتية باستخدام مؤشر الاختلاف النباتي المعايير Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)، لمعرفة درجة انتشار الغطاء النباتي لعام 2021م باستخدام الصيغة الرياضية التالية (Gandhi et al. 2015):
مؤشر الكثافة النباتية = الأشعة تحت الحمراء القريبة - الأشعة الحمراء / تحت الأشعة الحمراء القريبة + الأشعة الحمراء
- ❖ معالجة نموذج الارتفاع الرقمي من خلال عمل دمج (Mosaicking) للوحات، ومن ثم تعريفه بنظام الإحداثي ((Universal Transverse Mercator (UTM)، لإنتاج خريطة قيم الارتفاعات، ودرجات الانحدار، واشتقاق الشبكة المائية الحوضية واستخدام البرمجية ذاتها.
- ❖ استخدام التحليل الهيدرولوجي Hydrology analysis اعتماداً على بيئة نظم المعلومات الجغرافية Arc GIS 10.4 ولنجاح عمل إدارة المستجمعات المائية Watershed بمنطقة الدراسة.
- ❖ كما تم استخدام برنامج إكسل لإنتاج الأشكال والرسومات البيانية باستخدام البيانات التي تم الحصول عليها من تقارير دائرة الإحصاءات العامة.

ثالثاً: أساليب التحليل المتبعة في إدارة واختيار الموقع الملائم لحصاد وجمع المياه السطحية:

- حددت الدراسة مجموعة المعايير بناءً على أدبيات الدراسات السابقة ونتائجها، والتي تم إجراؤها ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة في أكثر من حوض مائي، والتي تشابه مع منطقة الدراسة، ومن ضمها: دراسة الزغول (٢٠١٦)، دراسة صباحة (٢٠١٣)، النوايسة واخرون (٢٠٢١)، AL-Adamat (٢٠١٢)، (Alzghoul & Al-Husban, 2019)، وبناء عليه تم تحديد مجموعة من المعايير كما يأتي:
- المعايير الرئيسية وتشمل: درجة الانحدار، المعدل السنوي للأمطار/ملم، ونسيج التربة واستعمالات الأراضي. وتم تصنيف معايير المجموعة الأولى بحسب الدرجة لملائمتها إلى أربعة مستويات ملائمة كالتالي: ملائم جداً (٤) Very Suitable، ملائم (٣) Suitable، متوسط الملائمة (٢) Medium Suitable، وأخيراً غير ملائم (١) Unsuitable، جدول (١).
 - المعايير والثانوية وتشمل: البعد عن الأودية الرئيسية في حالة السدود، البعد عن الأودية الرئيسية في حالة الحفائر، البعد عن الصدوع، البعد عن الطرق، البعد عن الآبار، وتم تصنيف معايير المجموعة الثانية إلى درجتين من الملائمة: ملائم وغير ملائم، ومن ثم تم

بناء نطاق تأثير Buffer Zone لقيمة كل معيار من المعايير، وذلك من أجل حصر كل الحدود التي لا يسمح بإقامة المشروع ضمنها وإعطائها درجة غير ملائمة، بالمقابل تعتبر المناطق الأخرى التي تقع خارج هذا الحد ملائمة جداً لإقامة المشروع، وفقاً للأسس التي تم اعتمادها، وكذلك درجة الملائمة المقابلة لتصنيف هذه الأسس جدول سابق (١)، ومن ثم اشتقاق الخرائط لتصنيف المعايير، نطاق تأثير Buffer Zone لمعايير المجموعة الثانية. جدول (٢).

الجدول (١)

معايير المجموعة الأولى المساحية لتحديد درجة ملائمة المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي

المرجع	درجة الملائمة				معايير الملائمة
	٤ ملائم جداً	3 ملائم	2 متوسط الملائمة	1 غير ملائم	
(Joennifer,2007) UNEP,2009) (Ghodieh A, Burqan,2019)	10	10-5	3-5	3>	الانحدار بالدرجة
(Najah ,2010) (Al-Sakani, 2011)	٤٠٠ <	٠400-30	300-200	200 <	المعدل السنوي للأمطار/ ملم
(صبايحه، ٢٠١٣) (Ershadi,2005)	الطمي الصلصال الرملي	الطين الطمي الحصى	الطمي طين الطفال	صلصال	نسيج التربة
(الزغول، ٢٠١٦) (Al-Sakani, 2011)	المناطق المأهولة بالسكان، الغابات، السدود المنشأة.	مناطق الأشجار المتثرة وصخور الجرداء والتربة العارية.	المراعي والأراضي البازلتية.	المناطق المزروعة بالخضروات والمحاصيل الحقلية.	استعمالات الأرض

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على نتائج الدراسات السابقة.

الجدول (٢)

خصائص معايير المجموعة الثانية لتحديد ملائمة المواقع للحصاد المائي في منطقة الدراسة.

المعيار	درجة الملائمة	مقدار النطاق	المرجع
البعد عن الأودية الرئيسية في حالة السدود.	ملائم	< 50 متر	(AI-Adamat, 2010)
	غير ملائم	≥ 50 متر	
البعد عن الأودية الرئيسية في حالة الحفائر.	ملائم	< 50 متر	(النوايسية، و الزغول، ٢٠١٢١)
	غير ملائم	≥ 50 متر	
البعد عن الصدوع.	ملائم	< 1000 متر	(الصباحة، ٢٠١٣)
	غير ملائم	≥ 1000 متر	
البعد عن الطرق.	ملائم	< 250 متر	
	غير ملائم	≥ 250 متر	
البعد عن الآبار	ملائم	< 500 متر	
	غير ملائم	≥ 500 متر	

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على نتائج الدراسات السابقة.

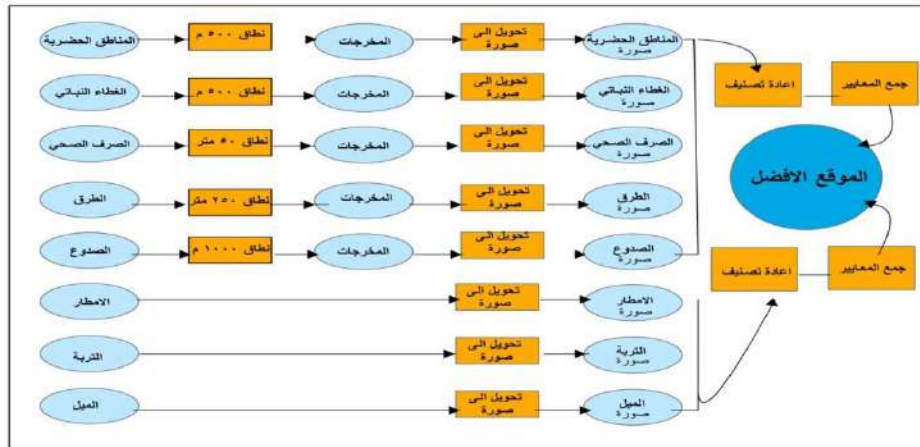
بالاعتماد على البيانات الأولية المستخدمة في الدراسة، وما رافق هذه البيانات من عمليات تصنيف ومعالجة وتحليل لإنتاج خرائط موضوعية تستخدم للوصول إلى Raster Layers بالاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، ويتبع هذه الخطوة إعادة التصنيف Reclassification؛ حيث يتم تصنيف المعايير إلى فئات، وإعطاء الخلايا الأكثر ملائمة الرتبة (٤)، وأقلها ملائمة الرتبة (١) ويعطى كل معيار وزن حسب المقياس المشترك Common Scale، لينتج من إعادة تصنيف كل معيار من المعايير طبقة جديد تضاف تلقائياً لواجهة البرنامج، من ثم استخدام أداة وزن المعايير GIS-Weighted Overlay وهي أداة تخطيط وتحديد أفضل مواقع الحصاد المائي، وتعد هذه المرحلة كمرحلة نهائية لإعداد الخرائط الموزونة لكل من الحفائر والسدود؛ بحيث تحمل الخارطة الناتجة كافة الخرائط السابقة الخاصة بالسدود، والتي تعتمد على (GIS-Raster Calculator) (الزغول، ٢٠١٦).

$$\text{Raster Calculator} = (\text{Rainfall} * 25) + (\text{Land use} * 15) + (\text{Soil} * 15) + (\text{Slope} * 10) + (\text{Dam} * 10) + (\text{Fault} * 5) + (\text{Streets} * 5) + (\text{Stream} * 5) + (\text{Wells} * 5).$$

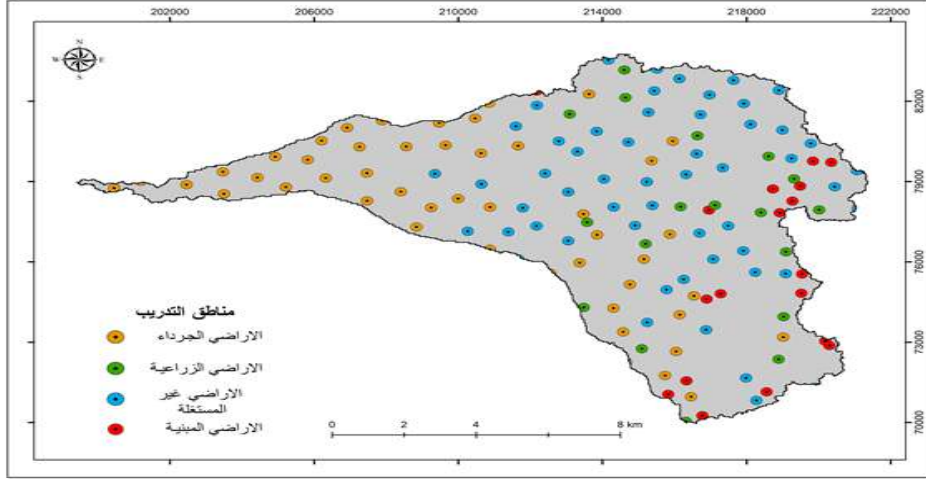
وما يتبع ذلك من إعداد جداول المعايير الملائمة الخاصة بها، من أجل بناء خرائط الملائمة المحتملة وتوزيعها من حيث المناطق الأكثر ملائمة والأقل ملائمة، وقد تم تجميع هذه المعايير بجدول (١) الجدول (١) معايير المجموعة الأولى المساحية لتحديد درجة ملائمة المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي، المتمثلة ب عامل الانحدار، واستعمالات الأراضي، والأمطار، ونسيج التربة، كذلك اتخذت الدراسة مجموعة من المعايير الثانوية من نوع Vector Data؛ إذ تعتمد المعايير من المجموعة الثانوية على بناء نطاق تأثير Buffer Zone قيمة كل معيار لتحديد مستوى الملائمة، الجدول (٢). وأخيراً إعداد نموذج مكاني خاص لاستخراج أنسب المواقع الملائمة للحصاد المائي في منطقة الدراسة؛ بالاعتماد على البيانات والمعايير المدخلة، ويوضح الشكل (٩) النموذج المُعد في بيئة برنامج Arc Map 10.4 والذي يوضح آلية اختيار أنسب المواقع للحصاد المائي في حوض وادي ابن حمّاد.

رابعاً: العمل الميداني:

تم أخذ مناطق التدريب وتسجيل إحداثيات نقاط التدريب وعددها ١٥٠ نقطة وفق النظام الإحداثي ((UTM، باستخدام نظام التوقيع العالمي (GPS (Global Positioning System، الشكل (١٠)، حيث تم استخدامها في تصنيف المرئية الفضائية لإنتاج خارطة أنماط الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي، كما تم التأكد من المواقع المختارة بواسطة جوجل إيرث مرفق الملحق (١). إضافة إلى الزيارة الميدانية لبعض الأماكن التي تم التوصل إليها كأماكن مناسبة لإقامة مشاريع الحصاد المائي للتحقق من مدى ملائمة هذه الأماكن لإقامة مشاريع حصاد وإدارة المياه في حوض وادي ابن حمّاد.



الشكل: (٩) النموذج المكاني لاختيار المواقع الملائمة من غيرها في منطقة الدراسة.



الشكل (١٠) مناطق التدريب المختارة في منطقة الدراسة.

النتائج ومناقشتها:

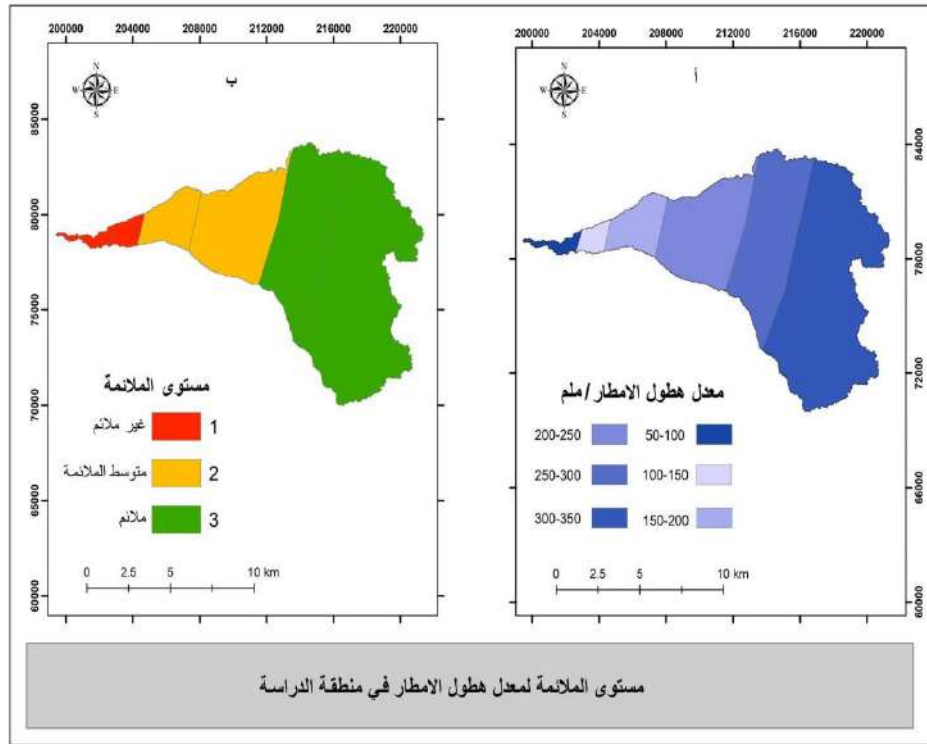
تم التوصل إلى النتائج التالية:

أولاً. تقدير الملائمة لمعايير المساحية المجموعة الأولى الرئيسية.

١ - ملائمة معدلات الهطول المطري السنوي:

تأتي العوامل الهيدرولوجية في المرتبة الأولى ضمن المعايير المساحية؛ حيث تحدد معرفة طبيعة العوامل الهيدرولوجية السائدة في الحوض المائي في اتخاذ قرار إنشاء مشاريع الحصاد المائي من عدمها؛ إذ تصنف المناطق التي تزيد فيها الأمطار عن ٣٠٠ - ٤٠٠ ملم بأنها مناطق ملائمة لجمع المياه لأنها تحقق هدف مشروع الحصاد المائي، في حين تعتبر المناطق التي تقل عن ٢٠٠ ملم مناطق غير ملائمة لأنها غير مجدية اقتصادياً لإقامة مثل هذه المشاريع. بلغ أعلى معدل سنوي لهطول الأمطار في حوض وادي ابن حماد حوالي (٣٥٠) ملم، وأدنى معدل (50) ملم، الشكل (١٠ أ)، هذا وتم تصنيف المعدلات السنوية للأمطار في الحوض المائي إلى أربع نطاقات من حيث الملائمة أو عدم الملائمة؛ إذ يرتبط مدى الملائمة بالمعدلات المطرية فيزداد مدى الملائمة كلما زاد المعدل السنوي للهطول المطري وتقل الملائمة كلما قل المعدل المطري، فأقل رتبة ملائمة

هي الرتبة (١) وتشمل المساحات المطرية غير الملائمة التي تتمثل بمعدلات أمطار دون ٢٠٠ ملم وتغطي ما نسبته ١.٣٥% من مساحة منطقة الدراسة كما هو موضح في الجدول (٣)، بينما عُدَّت المناطق التي تتلقى كميات أمطار سنوية تتراوح من ٢٠٠-٣٠٠ملم بأنها مناطق متوسطة الملاءمة من الرتبة (٢) مشكلة ما نسبته ٢٧.٨٨% من مساحة منطقة الدراسة، وجاءت الرتبة (٣) ضمن المناطق الملاءمة بمعدل تساقط مطري يتراوح من ٣٠٠-٤٠٠ ملم غطت ما مساحته ٧٠.٧% من مساحة منطقة الدراسة، ولا يوجد في منطقة الدراسة مناطق ملائمة جداً لأن الأمطار أقل من ٣٥٠ملم، الشكل (١٠ ب).



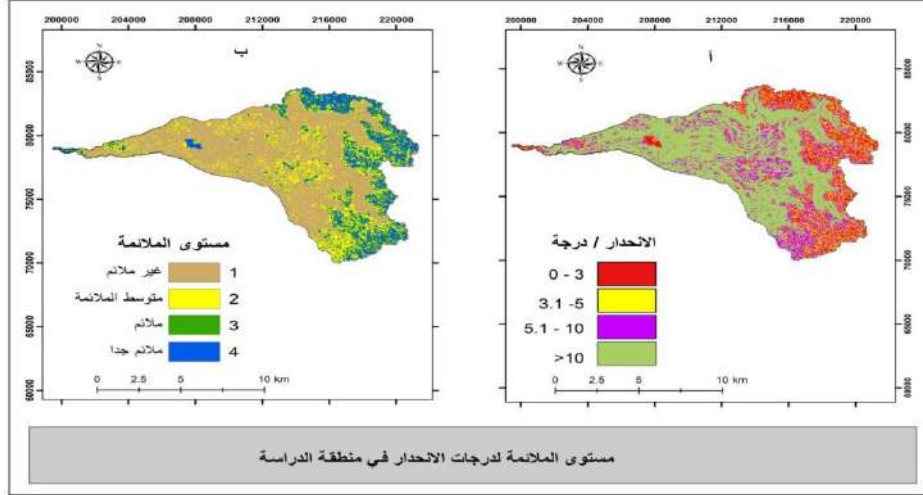
الشكل (١٠) تصنيف مدى ملاءمة المعدلات السنوية للأمطار في منطقة الدراسة.

الجدول (٣) مدى ملائمة المعدلات السنوية للأمطار في منطقة الدراسة.

الرقم	مستوى الملائمة	الرتبة	معدل هطول الأمطار (ملم)	المساحة كم ^٢	النسبة %
	غير ملائم	1	اقل من ٢٠٠	1.62	1.34
1	متوسط الملائمة	2	٢٠٠-٣٠٠	33.61	27.88
2	ملائم	3	٣٠٠-٤٠٠	85.31	70.77
	المجموع كم ^٢			120.54	100

٢- ملائمة عامل الطبوغرافيا (الانحدار):

تؤثر طبوغرافية الحوض المائي على سلوك جريان الأمطار في المناطق الجافة وشبه الجافة؛ إذ تتميز أمطار المناطق الجافة وشبه الجافة بأنها أمطار فجائية وسريعة، الأمر الذي يزيد من احتمالية اندفاع المياه عن مجراها وزيادة معدلات الجريان المائي مؤثراً بذلك على سرعة احتمال تشكل الفيضانات المفاجئة، ولا سيما في المناطق التي تبدأ فيها درجات الانحدار بالزيادة؛ إذ يرتبط عامل الانحدار بعلاقة طردية مع كميات الجريان السطحي، وبناءً عليه تم بناء خارطة الانحدار لمنطقة الدراسة الشكل (١١-أ)، فصنف الحوض تبعاً لمدى ملائمة درجة الانحدار لإقامة منشآت الحصاد المائي إلى أربعة رتب، فاعتبرت المناطق الأقل انحداراً مناطق أعلى ملائمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي الواقعة ضمن الفئة (٣-٠)° و البالغ نسبة مساحتها ٥٥.٩ % من مساحة منطقة الدراسة، في حين صنفت الفئة (٥-٣.١)° بأنها مناطق ملائمة وقد غطت ما نسبته ١٨.٢ % من مساحة منطقة الدراسة الشكل (١١-ب)، وعلى اعتبار أن العلاقة طردية ما بين عامل الانحدار وكميات الجريان السطحي فقد اعتبرت المناطق التي يزيد انحدارها عن ٥.١° بأنها مناطق منخفض الملائمة إلى غير ملائم وبلغت نسبتها ٢٥.٨ % من مساحة منطقة الدراسة، وكما هو موضح الجدول (٥)، وتعدُّ هذه المناطق مناطق لا تسمح طبيعتها للمياه بالتجمع؛ مما يفشل مشاريع الحصاد المائي، لذلك يفضل الابتعاد عنها أثناء اتخاذ قرار إنشاء مشاريع حصاد وتجميع المياه.



الشكل (١١) تصنيف مدى ملائمة لدرجات الانحدار في منطقة الدراسة.

الجدول (٥) المساحات والنسب لمستويات الملائمة لدرجات الانحدار في منطقة الدراسة.

الرقم	مستوى الملائمة رقما	درجة الميل / درجة	مستوى الملائمة كتابة	المساحة كم ^٢	النسبة %
1	1	0-3	ملائم جدا	67.403	55.914
2	2	3.1-5	ملائم	21.974	18.228
3	3	5.1-10	متوسط الملائمة	13.507	11.204
4	4	>10	غير ملائم	17.665	14.653
				120.549	100

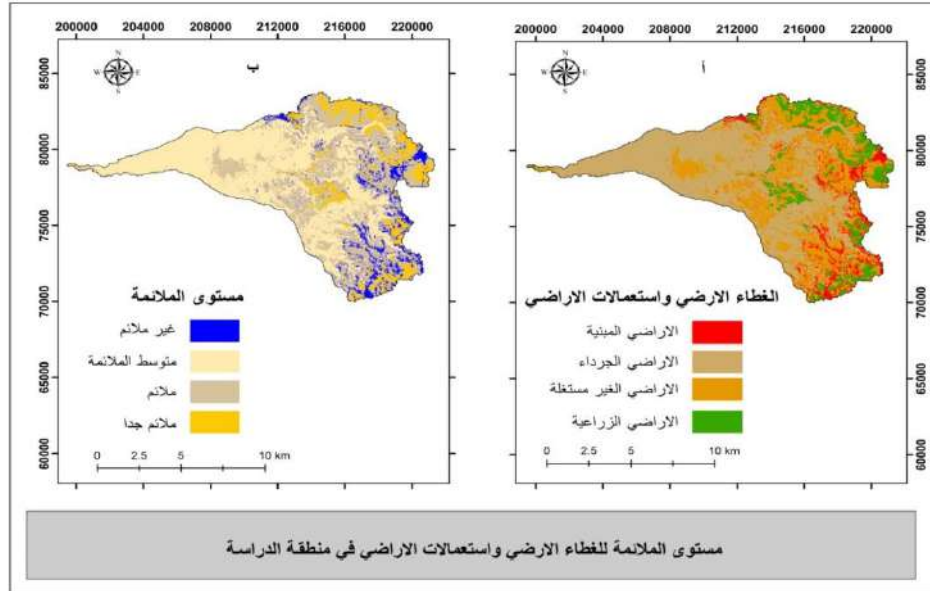
٣- ملائمة أنماط الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض:

عند إنشاء مشاريع الحصاد المائي يؤخذ بعين الاعتبار الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي كمعيار من المعايير المساحية (الزغول، ٢٠١٦)، وتم تحديد أربعة أصناف لاستعمالات الأراضي في منطقة الدراسة تمثلت بـ:

– الأراضي المبنية حيث تشكل 8.89 كم².

- الأراضي غير المستغلة وتشكل 42.4 كم² من مساحة الحوض
- الأراضي الجرداء مساحة تقدر بـ 57.3 كم².
- الأراضي الزراعية وتشكل 11.8 كم² أي ما نسبته 9.8% من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة التي تتركز في الأجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية للمنطقة، كما تظهر الأراضي الزراعية بمحاذاة المناطق المبيّنة و بعض الأجزاء المتفرقة في الشمال ووسط منطقة الدراسة مغطيه بذلك ما نسبته 35.7% من مساحة منطقة الدراسة، وتشكل الأراضي غير المستغلة ما نسبته 47.7% من المساحة الكلية، في حين تشكل الجرداء ما نسبته 9.7% من مساحة منطقة الدراسة. صنفت استعمالات الأراضي بحسب درجة الملائمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي حيث يفضل الابتعاد عن مناطق الأشجار المثمرة والغابات نظراً لأعاققتها لتشكيل الجريان المائي، وكذلك المناطق السكنية بسبب ارتفاع قيم شراء الأراضي من جهة، ولصعوبة إنشاء مثل هذه المشاريع في المناطق السكنية من جهة أخرى.

في حين تعتبر المناطق ذات الاستخدامات الرعوية والأراضي الصخرية الجرداء و كذلك مناطق زراعه الخضروات من الأماكن ذات الاستعمالات الملائمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي إذ تخدم هذه المشاريع المنطقة وتعود بالمرود اقتصادي ذي الفائدة الجيدة؛ ويبين الشكل (12) تصنيف مدى ملائمة تلك الاستعمالات لإنشاء مشاريع الحصاد المائي؛ إذ يظهر الشكل (12-أ) تصنيف استعمالات الأراضي وأنماط الغطاء في منطقة الدراسة بناءً على نتائج تحليل المرئية الفضائية، وبالمقابل يشير الشكل المجاور (12-ب) إلى تصنيف مدى الملائمة لاستعمالات الأراضي لإقامة مشاريع الحصاد المائي؛ إذ تعدّ المناطق الخاصة باستعمال المراعي والأراضي المزروعة بالخضروات والمحاصيل الحقلية بأنها ملائمة جداً، وبناءً عليه أعطيت الرتبة (4)، شملت الرتبة (3) الأراضي غير المستغلة ومناطق الصخور المعراة، وصنفت بأنها ملائمة. واعتبرت الرتبة (2) مناسبة للمناطق ذات الغطاء النباتي المنخفض والأراضي الجرداء، وأمّا الرتبة (1) وتمثل المناطق غير الملائمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي، وهي: المناطق السكنية، حيث تعتبر مناطق غير ملائمة لانعدام الجدوى الاقتصادية بسبب ارتفاع قيم الأراضي لمثل هذه المناطق السكنية، والتي يمكن الاستعاضة عن إقامة مشاريع الحصاد المائي فيها بتجميع مياه السطح وإنشاء آبار لكل طابق سكني في مثل هذه المناطق، هذا ويظهر الجدول رقم (6) مساحات أصناف الاستعمالات من حيث درجة ملاءمتها.



الشكل (١٢) تصنيف مدى ملائمة الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي لإقامة مشاريع الحصاد المائي.
المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد المرئية الفضائية.

الجدول (٦) المساحات والنسب لمستويات الملائمة لاستعمالات الأراضي في منطقة الدراسة.

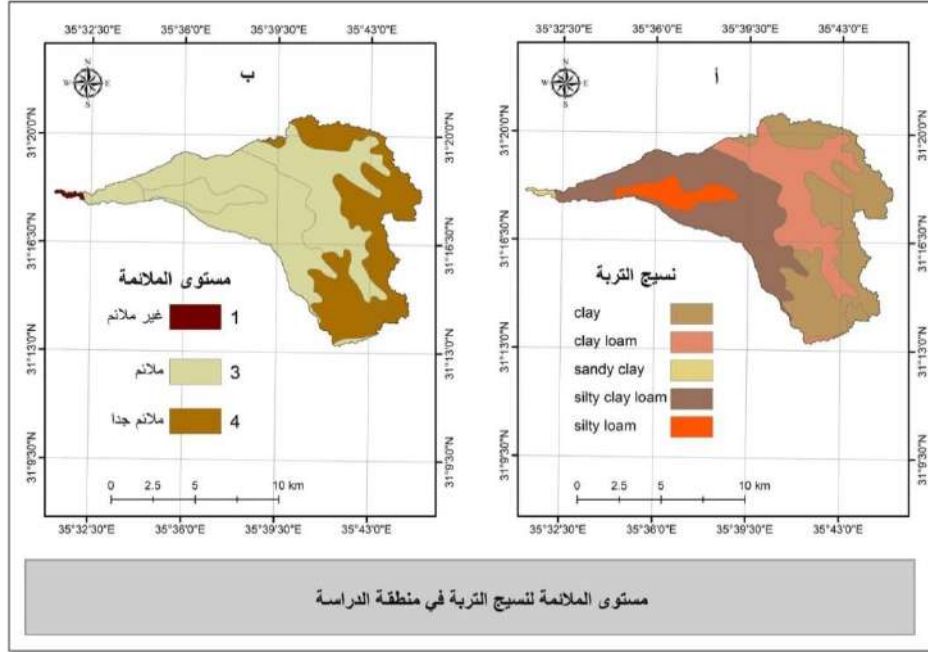
الرقم	مستوى الملائمة	الترتبة	استعمالات الأراضي	المساحة كم ²	النسبة %
1	غير ملائم	1	الأراضي المبنية	8.89	7.37
2	متوسط الملائمة	2	الأراضي الزراعية	42.45	35.22
3	ملائم	3	الأراضي الغير مستغلة	57.51	47.71
4	ملائم جدا	4	الأراضي الجرداء	11.69	9.70
			المجموع كم ²	120.54	100

٤- ملائمة نسيج التربة:

بعد الرجوع إلى نتائج المسح التربة National Soil Map and Land Use Project the Soils of Jordan الذي أعدته وزارة الزراعة عام ١٩٩٣، استطاعت الدراسة تصنيف نسيج

التربة الذي يعتبر واحداً من المعايير الرئيسية المهمة في تقدير الملاءمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي كما هو واضح في الشكل (١٣-أ)؛ إذ يسود في منطقة الدراسة نسيج التربة (clay, clay loam, silty clay loam, silty loam, sandy clay, loam)، ويعبر نسيج التربة Soil Texture عن المحتوى الطيني للتربة ومقدار التسرب لها، بحيث يقل التسرب كلما ارتفعت نسبة الطين بين حبيبات التربة، يظهر الشكل (١٣-ب) مدى ملاءمة نسيج التربة لمنطقة الدراسة من عدمها لإقامة مشاريع الحصاد المائي، حيث قسمت بحسب درجة الملاءمة إلى ما يلي:

- الرتبة (4) وهي عبارة عن التربة ذات النسيج clay، وقد صنفت بأنها ملائمة جداً، وتغطي التربة من هذا النسيج ما نسبته ٣٥% من مساحة منطقة الدراسة، كما هو موضح في الجدول رقم (٧) النسب والمساحات لمستويات الملائمة لنسيج التربة في منطقة الدراسة.
- الرتبة (3) وتشمل الترب ذات النسيج silty loam, clay loam, silty clay loam وتعتبر هذه الأنواع من النسيج ملائمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي، وتمثل ما مساحته ٦٥% من مساحة منطقة الدراسة.
- الرتبة (٢) غير موجود النسيج التابع لهذه الرتبة؛ لذلك تعتبر هذه الرتبة مفقودة من منطقة الدراسة وهو كالتالي: Gravelly Silty Clay loam, loam, sand.
- الرتبة (1) وتشمل الترب ذات النسيج (Sandy Clay) وهي غير ملائمة جداً، وتغطي ما نسبته ٠.٣٥% من مساحة منطقة الدراسة.



الشكل (١٣) تصنيف مدى ملائمة تسيج التربة لإقامة مشاريع الحصاد المائي.

المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على نتائج مسح وزارة الزراعة ١٩٩٣.

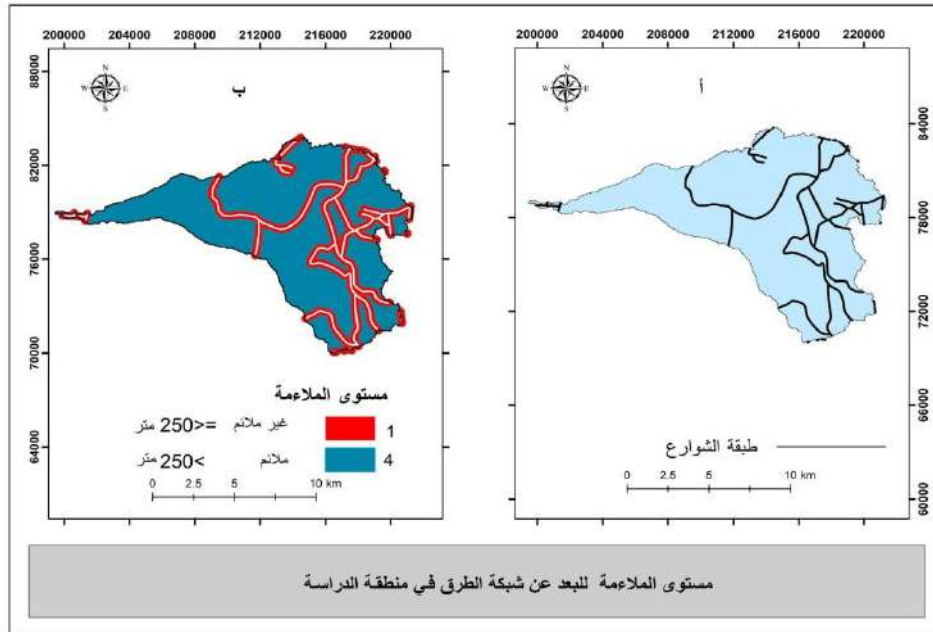
الجدول (٧) المساحات والنسب لمستويات الملاءمة لتسيج التربة في منطقة الدراسة.

الرقم	تسيج التربة	مستوى الملاءمة	مستوى الملاءمة	المساحة كم ²	النسبة %
1	Sandy Clay	1	غير ملائم	0.46	0.385
٢	Silty Clay Loam, Clay Loam, Silty Loam, Clay Loam.	3	ملائم	77.96	64.668
٣	Clay	4	ملائم جداً	42.13	34.947
			المجموع	120.549	100

ثانياً. تقدير الملاحة للمعايير المجموعة الثانوية لإنشاء مشاريع الحصاد المائي.

١- البعد عن نطاقات الطرق والشوارع الرئيسية:

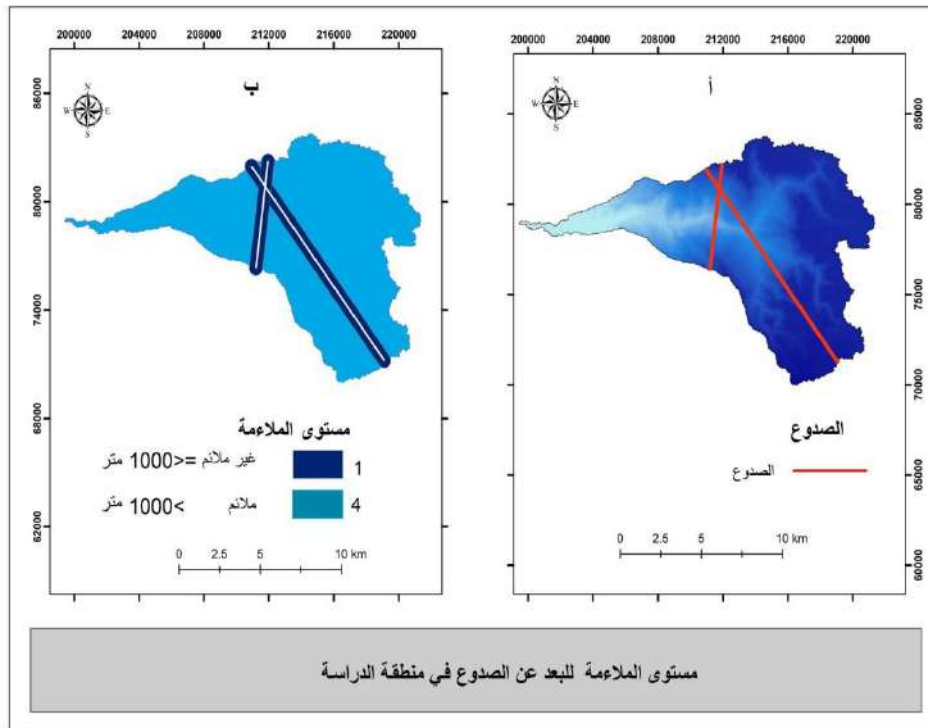
يصنف البعد عن الطرق الرئيسية أنه من المعايير الثانوية المهمة التي تؤخذ بعين الاعتبار عند العمل على إنشاء مشاريع الحصاد المائي؛ حيث يتم الابتعاد المناطق القريبة من الطرق الرئيسية في منطقة الدراسة، وبناءً عليه استطاعت الدراسة ترقيم شوارع المنطقة حرصاً منها للبعد عن مسارات هذه الشوارع، الشكل (١٤-أ)، وتعد هذه الطرق من المناطق الحيوية التي تخدم المنطقة وتربط أجزاءها فضلاً عن كلفة إنشائها، إضافة إلى ما قد تسببه من خسائر وأضرار للمنطقة وعرقلة السير في حالة تم إنشاء مشاريع الحصاد المائي بالقرب منها، ولتحقيق هذا المعيار حددت الدراسة المسافة التي تبعد عن جسم الشارع نطاق (Buffer) ٢٥٠م وأكثر، ملائمة من كلا الاتجاهين للشارع. بينما تعد المناطق الواقعة ضمن هذا النطاق (Buffer) ٢٥٠م، غير ملائمة لأنها تأتي ضمن حرم (Buffer) الشوارع الرئيسية والتي صُنفت حسب معايير الدراسة جدول (٢) بأنها غير ملائمة، الشكل (١٤-ب).



الشكل (١٤) تصنيف مدى ملاحة طبقة الطرق والشوارع في منطقة الدراسة.

٢ - البعد عن الصدوع والبنى التكتونية:

استطاعت الدراسة أن تحدد الأماكن لحدوث الصدوع؛ إذ يشير هذا المعيار إلى ضرورة الابتعاد وترك مسافة آمنة عن المناطق النشطة تكتونياً التي تحدث بها الصدوع من أجل الحفاظ على المياه التي سيتم حصادها وعدم ضياعها عبر هذه الشقوق والصدوع، وحددت الدراسة بناءً على الجدول السابق رقم (٢)، أن المسافة الآمنة للبعد عن أماكن الصدوع نطاق يزيد عن (١٠٠٠) م. حيث استطاعت الدراسة تحديد أماكن نشاط هذه الصدوع الشكل (١٥-أ)، ومن ثم عمل Buffer (١٠٠٠) م يحيط بالتركيب الجيولوجي للصدوع من كلا الاتجاهين، فالمسافات التي تساوي أو تقل عن (1000) م من الصدع يتم الابتعاد عنها لأنها غير ملائمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي، الشكل (١٥-ب).

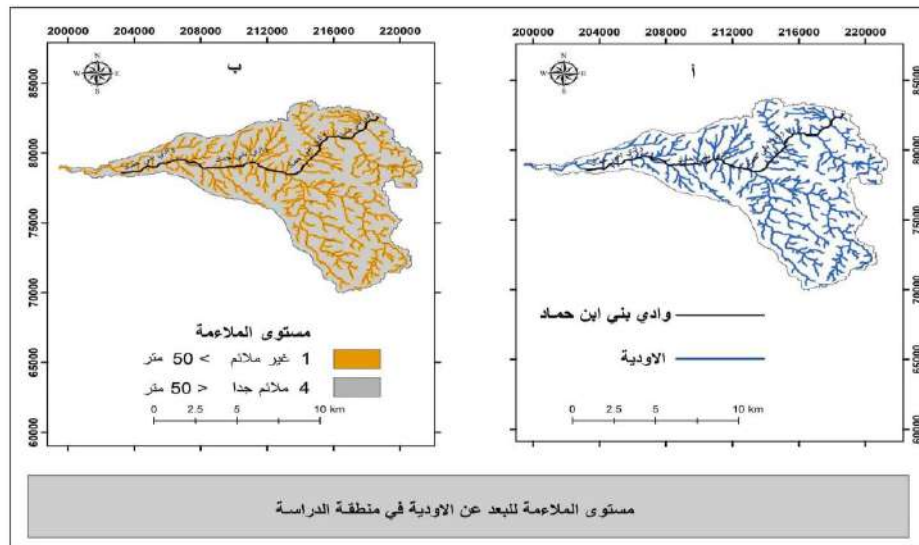


الشكل (١٥) مدى ملازمة طبقة الصدوع لإنشاء مشاريع الحصاد المائي.

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات سلطة المصادر الطبيعية.

٣- معيار البعد عن نطاق الأودية والمجاري المائية الرئيسية:

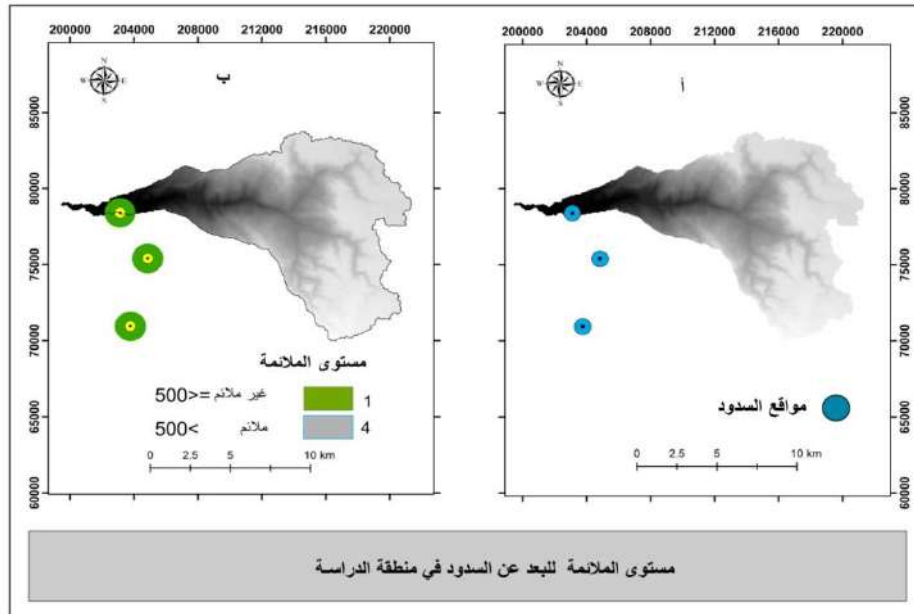
يعدُّ البعد عن نطاق الأودية الرئيسية من المعايير الضرورية التي تؤخذ بعين الاعتبار عند اتخاذ قرار إنشاء أنسب موقع لإقامة مشاريع الحصاد (الحفائر، السدود)، اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي والتقنيات الجغرافية استطاعت الدراسة استخراج الشبكة المائية بمنطقة الدراسة الشكل (١٦-أ)؛ إذ يساعد استخراج الشبكة المائية في تحديد واحتساب هذا المعيار المهم؛ حيث تشكل هذه المناطق أماكن تزيد درجة انحدارها عن ٥ درجات لذلك لا بدَّ من التحديد، من خلال تحديد الحرم المناسب Buffer لنطاق البعد الملائم للحفيرة والسد عن سفح الوادي بمسافة لا تقل عن (٥٠)م، وقد هدفت الدراسة إلى تحديد هذه المسافة بهدف إطالة عمر السد والحفيرة؛ إذ يتيح هذا المقدار البعد المناسب عن فعالية العمليات الجيومورفولوجية المختلفة من نحت ونقل وترسيب التي قد تؤدي إلى النحت التراجعي الصاعد مما يترتب عليه إحداث أضرار في المشروع المقام وما يترتب عليه من تقصير عمره (سد، حفيرة)، لذلك يتم الابتعاد عن حواف الأودية الرئيسية مباشرة بمقدار لا يزيد عن (٥٠٠) م، ولا يقل عن (٥٠)م من كلا الاتجاهين؛ بحيث لا يكون هناك تكاليف اقتصادية مرتبّة من جراء سحب المياه لمسافة طويلة، الشكل (١٦-ب).



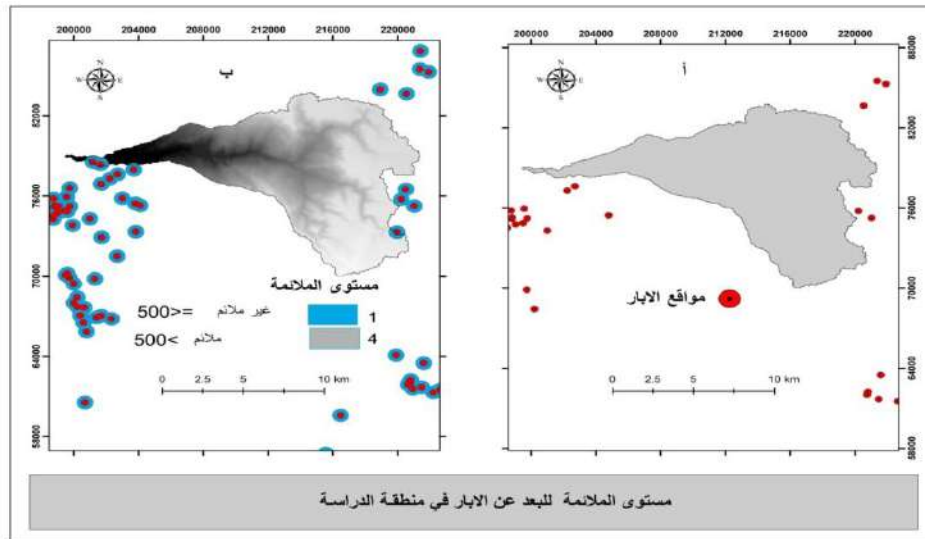
الشكل (١٦) تصنيف مدى ملاحة طبقة الأودية في منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد نموذج الارتفاع الرقمي.

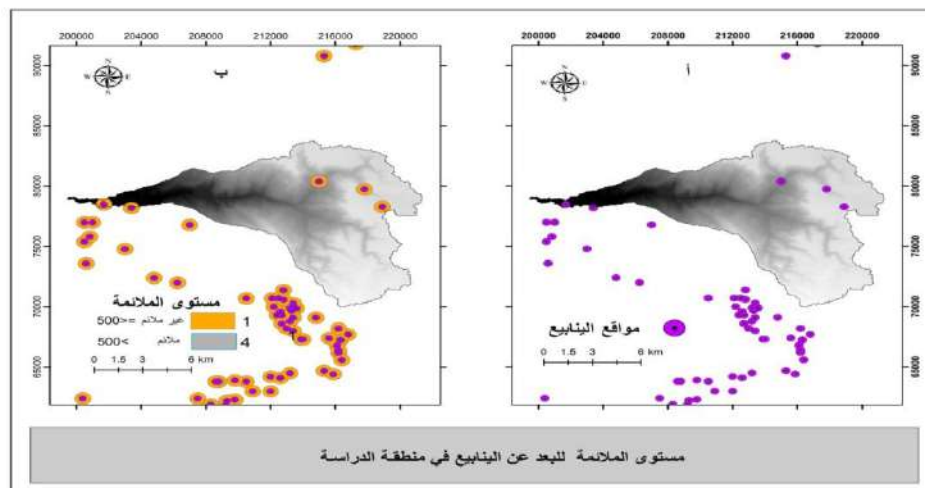
- وعند إقامة مشاريع الحصاد المائي يجب مراعاة ما يلي:
- الابتعاد عن السدود المقامة مسافة لا تقل عن ١٠٠٠م، الشكل (١٧أ)
 - الابتعاد عن الأماكن المغذية للسدود المقامة والمتمثلة بالأودية الرئيسية في منطقة الدراسة، والتي تم الإشارة إليها سابقاً.
 - الابتعاد عن مسافة الحرم Buffer لإنشاء أو إقامة سد أو حفيرة أخرى الشكل (١٧ب).
 - الابتعاد مسافة لا تقل عن ٥٠٠م عن الآبار الإرتوازية في منطقة الدراسة من أجل منع عمليات التسرب للمياه المتجمعة في المشاريع المائية، مما يترتب عليه الحفاظ على الطاقة التخزينية لهذه المشاريع، الشكل (١٨أ) التوزيع المكاني للآبار الإرتوازية في منطقة الدراسة، الشكل (١٨ب).
 - الابتعاد عن الحرم Buffer للآبار الإرتوازية.
 - وبحسب ما جاء في المعايير الثانوية حددت الدراسة ضرورة الابتعاد عن أماكن ظهور الينابيع الشكل (١٩أ) ويتم تحديد مدى الملازمة بناءً على البعد عن الينابيع بمسافة لا تقل عن ٥٠٠م الشكل (١٩ب).



الشكل (١٧) تصنيف مدى ملازمة طبقة السدود المقامة في منطقة الدراسة.



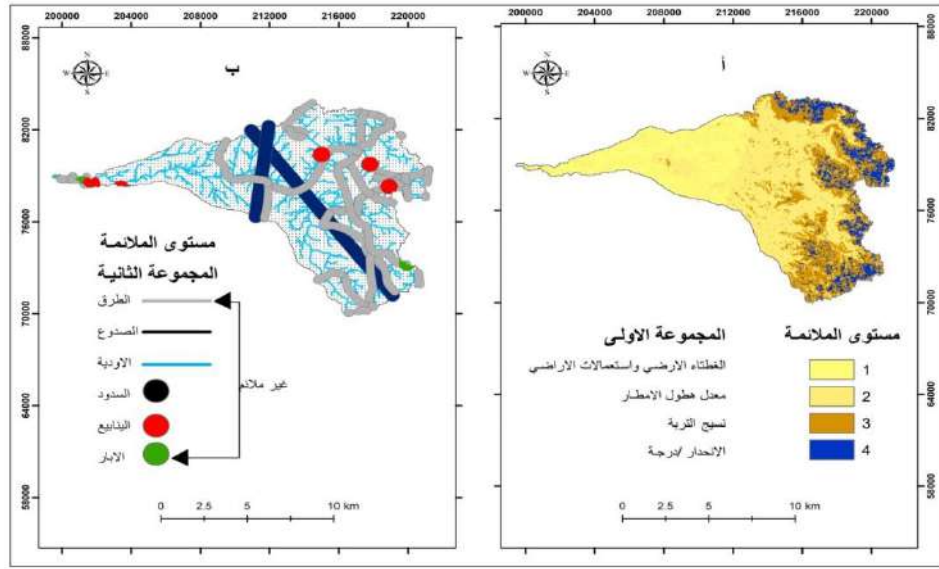
الشكل (١٨) تصنيف مدى ملائمة طبقة الآبار في منطقة الدراسة.



الشكل (١٩) مدى ملائمة طبقة الينابيع في منطقة الدراسة.

ثالثاً: نتائج تقدير الملاءمة المكاني.

تأتي هذه المرحلة كمرحلة نهائية لإعداد الخرائط الموزونة لكل من الحفائر والسدود، فعند صنع خارطة السدود تم تحديد مستوى الملائمة لكل عامل من العوامل المختارة من خلاله بإعطائه وزن باستخدام أداة (GIS – Overlay – weighted Overlay)؛ بحيث تحمل الخارطة الناتجة كافة الخرائط السابقة الخاصة بالسدود والتي تعتمد على (GIS-Raster Calculator)، وتبين الخارطة النهائية الموزونة لمعايير مستوى الملاءمة للمجموعة الأولى والثانية بمنطقة الدراسة، الشكل (٢٠).



الشكل (٢٠) مستوى الملاءمة لمعايير المجموعة الأولى والثانية لمنطقة الدراسة.

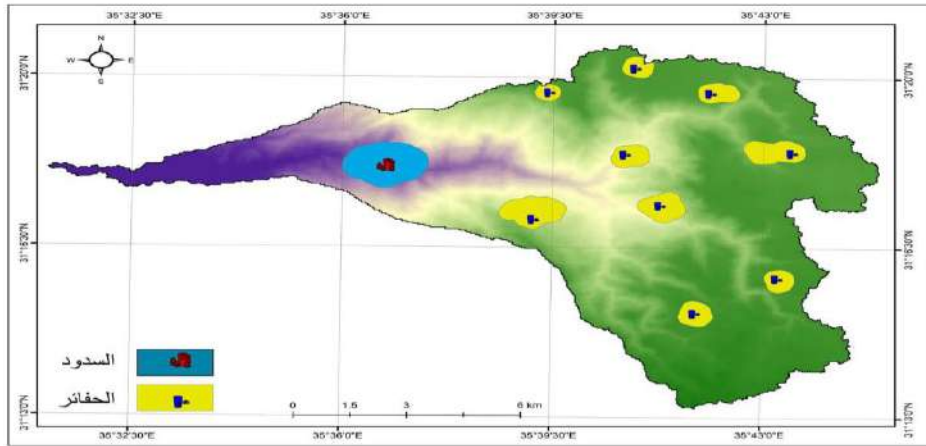
غطت المناطق التي تصنف بأنها ملائمة جداً ما نسبته ٤٧.٤٧% من مساحة منطقة الدراسة وهي بالغالب تعد مناسبة حسب المعايير لإقامة السدود، في حين شكلت المناطق الملائمة ما نسبته ١١.٤٠%، ومتوسطة الملاءمة حوالي ٢٠.٥١% من مساحة منطقة الدراسة، والتي تتناسب طبيعتها لإقامة الحفائر والسدود الخرسانية، في حين صنفت معظم أراضي الحوض بأنها غير ملائمة، وهذا يعود إلى عدم ملاءمة العوامل الطبيعية لإنشاء مشاريع حصد وجمع المياه؛ لذلك لا بدّ من استثمار المساحات المتوسطة الملاءمة، والملاءمة، والملائمة جداً لإقامة مشاريع الحصاد المائي لتحسين استثمار وإدارة الموارد المائية المتاحة.

الجدول (٨) مستوى ومساحة درجات الملائمة في حوض وادي ابن حماد.

الرقم	مستوى الملائمة رقما	مستوى الملائمة كتابة	المساحة كم ^٢	النسبة %
1	1	غير ملائم	76.676	63.610
2	2	متوسط الملائمة	24.724	20.511
3	3	ملائم	13.743	11.401
4	4	ملائم جداً	5.398	4.478
		المجموع	120.541	100

وبناءً على تقدير مستوى المعايير واستخراج مساحات الملائمة وحصرها تم اختيار أفضل المواقع لإقامة مشاريع لبناء الحصاد المائي، الشكل (٢١)، الجدول (٩)، حيث شكلت المساحة الكلية للحفائر والسدود ما يقارب ١٠.٣٦ كم^٢، قسمت كالآتي:

- تسعة حفائر ٧.٤ كم^٢ الحفائر؛ إذ يشترط أن تكون منطقة منخفضة عما حولها ذات أكتاف طبيعية لتكون مناسبة لحجز المياه (الزغول، ٢٠١٦).
- سد واحد قدرت المساحة الملائمة لإنشائه ب ٢.٩٦ كم^٢. تم التمييز بين مشاريع حصد المياه للحفيرة والسد بإقامة السدود بالمناطق ذات المساحة الكبيرة بالإضافة إلى أنها تكون منطقة ذات طبيعة جغرافية مختلفة عن الحفائر، وقد تم التحقق من النتائج بشكل ميداني وفحص مدى كفاءة المناطق المختارة لإقامة مشاريع حصد المياه (حفيرة، وسد).



الشكل (٢١) المواقع المحتملة لإقامه السدود والحفائر في منطقة الدراسة.

الجدول (٩) مساحة السدود والحفائر المختارة في حوض وادي ابن حمّاد.

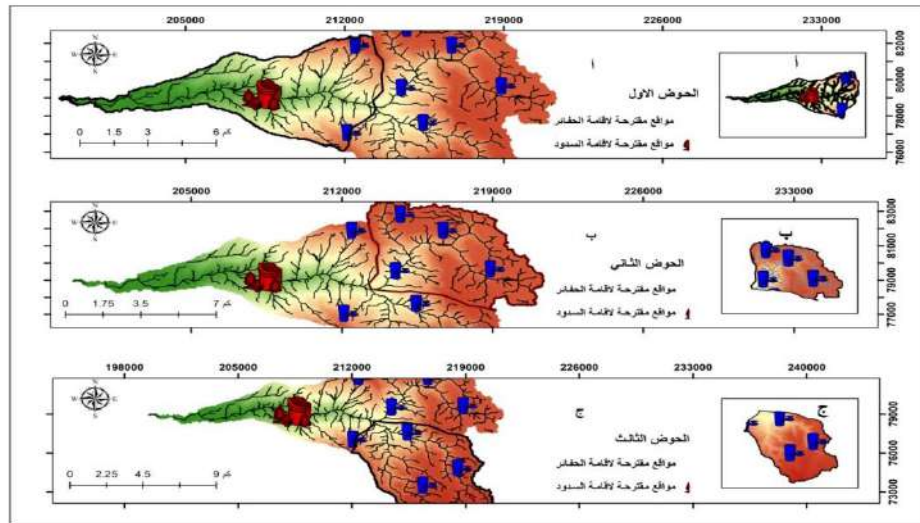
النسبة %	المساحة كم ^٢	الحفائر والسدود المقترحة	الرقم
6.71	0.70	حفائر	1
6.85	0.71		2
15.11	1.57		3
10.15	1.05		4
5.48	0.57		5
11.33	1.17		6
3.49	0.36		7
6.90	0.71		8
5.43	0.56		9
28.54	2.96	سدود	10
100	10.36		

رابعاً: تصور إدارة الموارد المائية بحوض وادي ابن حمّاد:

يشغل توفير الموارد المائية حيزاً كبيراً لاهتمام البلدان ذات النطاق المناخي الجاف؛ إذ بدأت العديد من هذه الدول بمجموعة من الإصلاحات، تمثلت بإدارة الأحواض المائية، والوقوف على أهم المشاكل التي تواجه خطط وهياكل إدارة الموارد المائية، تحقيقاً للأمن المائي، ومحاولة منهم الوصول إلى تحسين الإنتاجية الإجمالية لاستخدام المياه في هذه الأحواض المائية (الزغول، ٢٠١٦).

وتضم المستجمعات المائية مساحات ضمن الحوض المائي تسمى بالأحواض الفرعية وخطوط التصريف المائي، إضافة إلى نقاط التجمع، وقد بلغ عدد هذه المستجمعات (٣) مستجمعات مائية تحديداً، اختلفت في مساحتها وشكل تكوينها العائد بطبيعة الحال إلى مادة الأصل المكونة للتضاريس ودرجة ميل السطح؛ إذ بلغت مساحة الحوض الأول ٣٩.٣٤ كم² من مساحة حوض وادي ابن حمّاد، بينما بلغت مساحة الحوض الثاني حوالي ٣٥.٤ كم²، ومساحة الحوض الثالث ٤٥.٨ كم². وقد هدفت هذه العملية إلى تحسين إدارة مواردها المائية لتعزيز الأمن المائي للمنطقة على أثر تزايد الطلب نتيجة الزيادة السكانية التي شهدتها منطقة الدراسة بتتبع عدد السكان في بعض التجمعات السكانية خلال الفترات ١٩٩٤، ٢٠٠٠، ٢٠١٥، ٢٠٢١ شكل سابق رقم (٧)، ولتحقيق ذلك لا بدّ من إنشاء قاعدة للمعلومات من أجل رصد ومسح الموارد الطبيعية والبشرية في الحوض المائي.

صنفت الأرض وأنماط استخدام الأراضي للمستجمعات المائية الثلاثة؛ إذ تنتشر الأراضي الجرداء في الحوض الأول ٧٩.٣٥% من مساحة منطقة الدراسة الشكل (٢٢-أ) الجدول (١٠)، كما تمثل الأراضي غير المستثمرة ما نسبته ١٨.٨% من مساحة منطقة الدراسة، الأمر الذي يجعل الحوض ملائماً من حيث الاستعمالات لإقامة مشاريع الحصاد المائي باستصلاح وزراعة الأراضي غير المستثمرة والجرعاء والتوسع لصالح الأراضي الزراعية والتي تتراوح مساحتها ما نسبته ١.٨٧% من مساحة منطقة الدراسة، وهي مساحة قليلة إذا ما قورنت بباقي الاستعمالات، لتصبح هذه الأراضي قادرة على سد احتياجات السكان؛ إذ تشكل المناطق المبنية ما نسبته ٠.٦٠% من مساحة منطقة الدراسة. من ناحية الطبوغرافيا توجد بعض المناطق غير صالحة لخرن واستثمار المياه مثل المناطق التي يزيد انحدارها عن 10° والتي تصنف بأنها مناطق قليلة الملاحة، وقد استخدمت الدراسة مصطلح Hot Spot للدلالة على منطقة مميزة تتجمع فيها الظاهرة، وتنتشر مناطق Hot Spot في أكثر من مكان في الحوض المائي، تم استثمارها بحيث تصلح لتجميع المياه بها وإنشاء مشاريع جمع وحصد المياه، والتي في أغلبها مناطق قاحلة غير مبنية، ومن تطبيق معايير الملاحة تصلح لإقامة سد واحد وحفرتين ضمن شبكة التصريف المائي الموضحة للحوض المائي الأول. وهذا يعتبر أنسب تصور لإدارة الموارد المائية ومعالجة مشاكل الحوض المائي الأول.



الشكل (٢٢) المستجمعات المائية في حوض وادي ابن حماد.

تتركز معظم استعمالات الحوض الثاني في منطقة الدراسة بارتفاع نسبة الأراضي غير المستثمرة لتبلغ ٤٧.٦٢% من مساحة منطقة الدراسة، كما بلغت الأراضي الجرداء ما نسبته ٢٥.٥٠% من مساحة منطقة الدراسة، في حين تشكل الأراضي الزراعية والمبنية ما نسبته ٢٤%، ٢.٨٦% على التوالي. يعاني الحوض من سوء توزيع للاستعمالات؛ إذ تتركز المباني على أطراف الحوض ضمن ارتفاعات تصل إلى ١٠٠٠ م، وتنتشر بالقرب من هذه التجمعات السكانية البيئات الزراعية، وهذا يدل على محاولة استثمار الإنسان لمثل هذه الأماكن للاستفادة منها، في حين تتركز المناطق غير المستثمرة والجرداء في المنطقة الوسطى من الحوض ضمن مساحات منقطعة. ويستقبل الحوض أمطاراً تتراوح ما بين (٣٥٠-٣٠٠) ملم، في معظمها أمطار عواصف مطرية مفاجئة؛ حيث تؤدي إلى التأثير على تربة الحوض مسببة زيادة انجرافها وملوحتها مما يؤثر على انخفاض مساحة الأراضي المزروعة الشكل (٢٢-ب)، الجدول (١٠). واستطاعت الدراسة أن تضع سيناريو لإدارة هذا المستجمع المائي، تمثلت بتشجيع أصحاب المناطق الحضرية بإقامة الآبار المنزلية للاستفادة من مياه الأمطار وخبزنها لاستخدامها في الأغراض المنزلية وتقليل نسبة الجريان المائي المصاحب للعواصف المطرية المفاجئة، الأمر الذي يحمي التربة من التعرض للانجراف، تشجيع عملية التوسع في الزراعة للمحاصيل الموسمية على حساب التربة العارية واستصلاحها، وحفظ رطوبة التربة بزراعة الأشجار المثمرة. واقترحت الدراسة إقامة تقنية الحفائر الترابية والتي تعد من أنسب التقنيات لمنطقة الدراسة لانخفاض كلفتها الاقتصادية وقلة الهطولات المطرية في المستجمع المائي، فيمكن حصد المياه في المستجمع المائي الثاني باستخدام أنظمة المدرجات، والمصاطب، والحراثة الكنتورية، وتنقيير التربة بالحفر الصغيرة، وعمل حواجز هلالية وإنشاء السلاسل الحجرية، شكل سابق (٢٢-ب).

كما تبين ارتفاع مساحة الأراضي الزراعية في الحوض المائي الفرعي الثالث، إذا ما قورنت بباقي المستجمعات لتصل إلى ما نسبته ١٦% من مساحة منطقة الدراسة، في حين شكلت الأراضي غير المستثمرة ما نسبته ٥٧% من مساحة منطقة الدراسة، في حين شكلت الأراضي المبنية والجرداء ما نسبته ٢.٣% و ٢٤.٢% على التوالي جدول (١٠). واعتبر من أفضل السيناريوهات التي تم وضعها بعد دراسة ومسح خصائص الحوض الطبيعية والبشرية التوجه لإقامة تقنية الحفائر لحصد وجمع المياه بما يتناسب مع طبيعة استعمال وطبوغرافية الأرض، ترخيص إقامة الآبار المنزلية وخاصة للمباني التي ستقام حديثاً، تشجيع عملية التوسع الزراعي وخاصة بالقرب من الحفائر المقترحة للاستفادة من هذه المياه التي سيتم جمعها؛ إذ تم اقتراح ٣ حفائر ترابية محاذية للمناطق

الجداء وبشكل محاذٍ للمناطق المزروعة فإن نجاح هذه التقنية في إدارة والحفاظ على الموارد المائية لتلبية حاجات السكان المتزايدة في الحوض المائي.

الجدول (١٠) الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي في المستجمعات المائية.

الرقم	الحوض	مساحة الحوض	الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي	المساحة كم ^٢	النسبة %	عدد السدود	عدد الخطائر
1	الحوض الأول	39.34	الأراضي المبنية	0.24	0.60	1	2
			الأراضي الزراعية	0.73	1.87		
			الأراضي غير المستغلة	7.14	18.18		
			الأراضي الجرداء	31.15	79.35		
				39.3	100		
2	الحوض الثاني	35.41	الأراضي المبنية	1.01	2.86	-	4
			الأراضي الزراعية	8.51	24.02		
			الأراضي غير المستغلة	16.87	47.62		
			الأراضي الجرداء	9.04	25.50		
				35.4	100		
3	الحوض الثالث	45.81	الأراضي المبنية	1.07	2.33	-	3
			الأراضي الزراعية	7.40	16.15		
			الأراضي غير المستغلة	26.24	57.24		
			الأراضي الجرداء	11.13	24.29		
				45.8	100		9
		120.5487					

التوصيات:

- ١- وضع إستراتيجية وخطط واضحة لتطبيق مفهوم الحصاد المائي في حوض وادي ابن حمّاد؛ لما يمتاز به من خصائص طبيعية.
- ٢- ضرورة العمل على صيانة شبكات التصريف المائي بشكل دوري.
- ٣- تشجيع المجالس البلدية وتنقيفها حول أهمية الحصاد المائي وأفضل الطرق وأهم الوسائل.
- ٤- دعم المشاريع والأبحاث المتعلقة بالحصاد المائي وتخصيص ميزانيات لها.
- ٥- تنقيف الموظفين الذين يعملون في مجال السدود المائية، وعقد دورات وورش عمل عن قضايا وسائل الحصاد المائي حتى وإن تطلب ذلك إلى إرسالهم في بعثات خارجية.
- ٦- وضع إستراتيجيات وخطط خمسية وعشرية لمعالجة موضوع الحصاد المائي وإلزام الوزارات والمؤسسات الحكومية وغير الحكومية بتنفيذ تلك الإستراتيجيات وتعيين لجنة للإشراف على تنفيذها.

٧- التوصية الى أصحاب القرار بضرورة ترخيص الآبار المنزلية مع مشاريع الإسكان التي تعد قيد الإنشاء بهدف التقليل من حده العجز المائي بتوفير مياه للأغراض المنزلية.

المصادر والمراجع:

المراجع باللغة العربية:

- البحيري، ص. ١٩٩١، جغرافياً الأردن، مكتبة الجامع الحسيني، عمان.
- الخصائي، ن. ٢٠١٢، إدارة الموارد المائية ودورها في معالجة أزمة المياه في الأقاليم الجافة (الإقليم الصحراوي في العراق - حالة دراسية)، المجلة الدولية للبيئة والمياه، ١٥٣-١٦٤.
- دائرة الإحصاءات العامة، النشرة الإحصائية السنوية خلال الفترة ١٩٩٤-٢٠٢١، عمان، الأردن.
- زريقات، د. ٢٠١٨، التغير في الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي في حوض وادي ابن حمّاد/ الكرك، المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية، المجلد ١١، العدد ٢، الجامعة الأردنية، ص ص ٢٦١-٢٨٧.
- زريقات، د. زغول، م. ٢٠٢١، التنبؤ بتدهور التربة باستخدام المعادلة العالمية (RUSLE) ونظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد في حوض وادي ابن حمّاد/ محافظة الكرك، دراسات، العلوم الإنسانية والاجتماعية، المجلد، 48 العدد ١.
- الزغول، م. (٢٠١٦)، 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.
- الساكني، ع. ٢٠١١، تقنيات حصاد المياه ودورها في تنمية الموارد المائية العربي، مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية، العدد ٣٣، ص، ١٤٩-١٦٧.
- سلطة المصادر الطبيعية، ١٩٩٢، خريطة جيولوجية، نيبان، والربة، والكرك، وأدر، والحسا، والطفيلة، وسواقة، وعين المتزل مقياس ١:٢٥٠٠٠٠، عمان، الأردن.
- شحادة، ن. ١٩٩٠، مناخ الأردن، دار البشر، عمان، الطبعة الأولى.
- الصباغ، ن. (٢٠١٣)، 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.

- عابد، ع. ٢٠٠٠، جيولوجية الأردن وبيئته ومياهه، نقابة الجيولوجيين الأردنيين، سلسلة الكتب العلمية ١، عمان.
- عمار، ر. جبر، ر. الكفري، ع. ٢٠١٥، استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة في إدارة مياه الأمطار وتحديد المواقع المثلى لتطبيق نظم حصاد المياه في الجزء الجنوبي من السلسلة الساحلية، مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية . المجلد (٣١ . العدد الثاني).
- العنانزة، ع. ٢٠٠٥، مدى استغلال الموارد الطبيعية والبشرية لوادي ابن حمّاد في محافظة الكرك بالأردن، مجلة جامعة الملك عبد العزيز: الآداب والعلوم الإنسانية، مجلد ١٣، ص ١٨٥-٢١٣.
- غضية، ا. برفان، ع. ٢٠١٩، تحليل شبكة الأودية وتحديد أفضل مواقع إقامة السدود في السفح الغربي لهضبة الخليل بواسطة نظم المعلومات الجغرافية، دراسات، العلوم الاجتماعية والإنسانية، المجلد ٦٤، العدد ١، ص ص ١٨١-١٩٦.
- النواصرة، ع. ٢٠٠٦، أثر انخفاض مستوى سطح البحر الميت على جيومورفولوجية الأحواض الدنيا لأودية: الكرك، ابن حمّاد، الجرة، الشقيق، الموجب، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة مؤتة، الأردن.
- النوايسة، س. الزغول، م. ٢٠٢٢، اختيار المواقع المحتملة للحصاد المائي باستخدام النمذجة المكانية متعددة المعايير في حوض وادي الموجب، جنوبي الأردن، مجلة اتحاد الجامعات العربية للأداب، جامعة اليرموك، المملكة الأردنية الهاشمية.
- وزارة المياه والري، مديرية الحصاد المائي (٢٠٠٢)، منشورات وبيانات هيدرولوجية، عمان، الأردن.
- وزارة المياه و الري (٢٠١٥)، بيانات مناخية ومطرية غير منشورة، عمان، الأردن.

المراجع باللغة الإنجليزية:

- 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.

- Berwanger, H. Ghisi, E. (2014) Investment feasibility analysis of rainwater harvesting in the city of Itapiranga, Brazil. *International Journal of Sustainable Human Development*, 2(3), 104-114.
- Bhau.G, Ramesh.P, Mahesh. K, Jain. HK, Singh. P.k. 2018, Rainwater Harvesting Structure Site Suitability Using Remote Sensing and GIS, *Hydrologic Modeling* (pp.331-341)
- Ershadi.Ali and Khiabani, Hamid (2005), Application of Remote Sensing , GIS and River Basin Modeling in Integrated Water Resource management of Kabul River Basin , *ICID European Regional Conference*
- Gandhi. M, Parthiban. S, Nagaraj Th ,Christy. 2015, Ndvi: Vegetation change detection using remote sensing and gis – A case study of Vellore District, *Procedia Computer Science*, (57) pp1199 – 1210
- Ghodieh A, Burqan M, (2019), Wadis Network Analysis and Determining Optimal Dams Sites in the Western Slopes of Hebron Plateau Using GIS Techniques, *Humanities and Social Sciences*, Volume 64, No. 1, pp 181-196-
- Harshi W, Uwe A. Schneider.A, (2011), Water harvest-and storage-location assessment model using GIS and remote sensing, *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 8(8):3353-3381.
- Imzahim A. Alwan , Nadia A. Aziz, and Mustafa N. Hamoodi, (2020), Potential Water Harvesting Sites Identification Using Spatial Multi-Criteria Evaluation in Maysan Province, Iraq, *international journal of Geo-Information*,9,235
- Jennifer, A.(2007), Improving Crop production Through Rainwater Harvesting:Morto District Case Study (UGANDA), Unpublished Master Dissertation , University of Florence , Italy.
- 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.
- Al-Sakani, Abeer ,Water Harvest Technologies and their Role in the Development of Arab Water Resources, (2011), *Al-Mustansiriya Journal for Arab and International Studies*, Issue 33, pp. 149-167.
- Sekar, T.O. Randhir, (2007), Spatial assessment of conjunctive water

- harvesting potential in watershed systems, Journal of Hydrology, Volume 334, Issues 1–2, 2007, Pages 39-52.
- Sharma, B.R. (2003). Development of water resources and their efficient utilization in water scarce regions. Proceedings International Workshop on “Drought Management Strategies”, Iranian National Committee on Irrigations and Drainage, Tehran, Iran. pp 3-12.
 - United Nations Environment Programmer (UNEP). (2009), Rain Water Harvesting: A lifeline for Human Well Being , Division of Environmental Policy Implementation , [depiinfo.unep ,org](http://depiinfo.unep.org).
 - 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.
 - 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.

الملاحق

الملحق (١) الأراضي الزراعية:



الأراضي المبنية:



الأراضي غير المستغلة:

