ISSN 2789 - 4843

مجلة دراسات الجغرافية الليبية

مجلة علمية محكمة تصدر عن الجمعية الجغرافية الليبية فرع المنطقة الوسطى

العدد الثاني يناير 2022 م

www.lfgs.ly

2

مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
تصدر عن الجمعية الجغرافية الليبية – فرع المنطقة الوسطى

العدد الثاني يناير 2022 م

رئيس التحرير

د. حسين مسعود أبومدينة

أعضاء هيئة التحرير

د. عبدالسلام أحمد الحاج
د. عمر امحمد عنيبه
د. سليمان يحيى السبيعي
د. محمود أحمد زاقوب

المراجعة اللغوية

د. فوزية أحمد عبدالحفيظ الواسع

مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

مجلة علمية محكمة نصف سنوية

تصدر عن الجمعية الجغرافية الليبية – فرع المنطقة الوسطى.

العدد الثاني: يناير 2022م

العنوان:

الجمعية الجغرافية الليبية / فرع المنطقة الوسطى

مدينة سرت -ليبيا

الموقع الالكتروني للمجلة: www.lfgs.ly

البريد الالكتروني:

رئيس التحرير: Email: editor@lfgs.ly

لإرسال البحوث : Email: research@lfgs.ly

دار الكتب الوطنية
بنغازي- ليبيا

رقم الإيداع القانوني 557 / 2021م

حقوق الطبع والنشر محفوظة لمجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

جميع البحوث والآراء التي تنشر في المجلة لا تعبر إلا عن وجهة نظر أصحابها ، ولا تعكس بالضرورة رأي هيئة تحرير المجلة.

أعضاء الهيئة الاستشارية للمجلة:

أ. د. منصور محمد الكيخيا	جامعة بنغازي
أ. د. مفتاح علي دخيل	جامعة طرابلس
أ. د. سعد خليل القزيري	جامعة بنغازي
أ. د. محمود عبدالله نجم	جامعة بنغازي
أ. د. عوض يوسف الحداد	جامعة بنغازي
أ. د. ابوالقاسم محمد العزابي	جامعة طرابلس
أ. د. منصور محمد البابور	جامعة بنغازي
أ. د. عبدالحميد صالح بن خيال	جامعة بنغازي
أ. د. امحمد عياد امقيلي	جامعة طرابلس
أ. د. سميرة محمد العياطي	جامعة طرابلس
أ. د. ناجي عبدالله الزناتي	جامعة طرابلس
أ. د. علي محمد محمد صالح	جامعة سبها
د. عبدالصادق حمد صويدق	جامعة طبرق
د. خالد محمد غومة	جامعة طرابلس
د. مفيدة أبوعجيلة بلق	جامعة الزاوية
د. بشير عبدالله بشير	الارصاد الجوية
د. عبدالقادر علي الغول	جامعة بني وليد
د. علي مصطفى سليم	جامعة مصراتة
د. جمال سالم النعاس	جامعة عمر المختار
د. آمال جمعة النكب	جامعة الزاوية
د. رجب فرج اقنيبر	جامعة المرقب
د. علي عطية أبوحمرة	الجامعة الاسمرية

(إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِن مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِن كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيَاحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ)

[سورة البقرة آية 163]

شروط النشر بالمجلة

- تقبل المجلة البحوث بإحدى اللغتين العربية أو الإنجليزية.
- تنشر المجلة البحوث العلمية الأصيلة والمبتكرة .
- إقرار من الباحث بأن بحثه لم سبق نشره أو الدفع به لأية مطبوعة أخرى أو مؤتمر علمي. وأنه غير مستل من رسالة علمية (ماجستير أو دكتوراه) قام بإعدادها الباحث، وأن يتعهد الباحث بعدم إرسال بحثة إلى أية جهة أخرى.
- تقدم البحوث عن طريق البريد الالكتروني للمجلة ***Research@LFGS.LY*** على أن يلتزم الباحث بالضوابط الآتية:

1. يقدم البحث مطبوع الكترونيا بصيغة (Word) على ورق حجم (A4) وتكون هوامش الصفحة (3 سم) لجميع الاتجاهات.
2. تكتب البحوث العربية بخط (Traditional Arabic)، وبحجم (14) وتكون المسافة بين السطور (1)، وتكتب العناوين الرئيسية والفرعية بنفس الخط وبحجم (16) وبشكل غامق (Bold). أما البحوث المكتوبة باللغة الانجليزية فتكون المسافة بين السطور (1)، بخط (Time New Roman) وبحجم (12)، وتكتب العناوين الرئيسية والفرعية بنفس الخط وبحجم (14) مع (Bold).
3. يكتب عنوان البحث كاملاً واسم الباحث (الباحثين)، وجهة عمله، وعنوانه الالكتروني في الصفحة الأولى من البحث.
4. يرفق مع البحث ملخصان، باللغتين العربية والإنجليزية، بما لا يزيد على 300 كلمة لكل منهما، وأن يتبع كل ملخص كلمات مفتاحية لا تزيد عن ست كلمات.
5. يترك في كل فقرة جديدة مسافة بادئة للسطر الأول بمقدار (1سم).
6. أن لا تزيد عدد الصفحات البحث بما فيها الأشكال والرسوم والجداول والملاحق على (30) صفحة.
7. تعطى صفحات البحث بما فيه صفحات الخرائط والاشكال والملاحق أرقاماً متسلسلة في أسفل الصفحة من أول البحث إلى آخره.

8. أن تكون للبحث مقدمة واطار منهجي تثار فيه الإشكالية التي يرغب الباحث في تناولها بالدراسة والتحليل، وكذلك يحتوي على أهمية البحث وأهدافه وفروضه وحدوده والمناهج المتبعة في البحث والدراسات السابقة.
9. أن ينتهي البحث بخاتمة تتضمن أهم النتائج والتوصيات.
10. تقسم عناوين البحث كما يلي:

- العنا وين الرئيسية (أولاً، ثانياً، ثالثاً،.....).
- العناوين الفرعية المنبثقة عن الرئيسية (1 ، 2 ، 3، .....).
- الاقسام الفرعية المنبثقة عن عنوان فرعي (أ، ب، ج، د،.....).
- الاقسام الفرعية المنبثقة عن فرع الفرع (أ/1، أ/2، أ3،.....).

(ب/1، ب2، ب/3،.....).

تطبق قواعد الإشارة إلى المراجع والمصادر وفقا لما يأتي:

الهوامش:

يستخدم نظام APA، ويقتضي ذلك الإشارة إلى مصدر المعلومة في المتن بين قوسين بلقب المؤلف متبوعا بالتاريخ ورقم الصفحة، مثال: (القزيري، 2007م، ص21).

قائمة المراجع:

يستوجب ترتيبها هجائياً حسب نوعية المراجع كما يلي:

الكتب:

يبدأ المرجع بالاسم الأخير للمؤلف، ثم الأسماء الأولى، سنة النشر، ثم عنوان الكتاب بخط غامق (Bold)، ثم دار النشر، مكان النشر، ثم طبعة الكتاب (لا تذكر الطبعة رقم 1 إذا كان للكتاب طبعة واحدة)، كما في الأمثلة الآتية:

- القزيري، سعد خليل، (2007)، **دراسات حضرية**، دار النهضة العربية، بيروت.
- دخيل، مفتاح علي، سيالة، انور عبدالله، (2001)، **مقدمة علم المساحة**، المكتب الجامعي الحديث، الاسكندرية.
- صفي الدين، محمد، وآخرون، (1992)، **الموارد الاقتصادية**، دار النهضة العربية، القاهرة.

الكتب المحررة :

إذا كان المرجع عبارة عن كتاب يضم مجموعة من الابحاث لمؤلفين مختلفين فيكتب الاسم الاخير للمؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر، ثم عنوان الفصل بخط غامق (Bold)، ثم كلمة (في) ثم عنوان الكتاب، ثم اسم محرر الكتاب مع إضافة كلمة تحرير مختصرة (تح) قبله، ثم دار النشر، مكان النشر.

- العزابي، بالقاسم محمد، **الموانئ والنقل البحري**، (1997)، في كتاب الساحل الليبي، (تح) الهادي ابولقمة و سعد القزيري، مركز البحوث والاستشارات جامعة قاريونس، بنغازي.

الدوريات العلمية والنشرات :

يذكر الاسم الاخير للمؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم عنوان البحث بخط غامق (Bold)، ثم اسم الدورية والجهة التي تصدرها، ثم مكان النشر، رقم المجلد إن وجد، ثم رقم العدد ثم سنة النشر.

- بالحسن، عادل ابريك، **تدهور البيئة النباتية في حوض وادي الخبيري بهضبة الدفنة في ليبيا**، مجلة أبحاث، مجلة نصف سنوية تصدر عن كلية الآداب جامعة سرت، سرت، العدد (12)، سبتمبر 2018م.

الرسائل العلمية :

يذكر الاسم الاخير للمؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، السنة، ثم عنوان الرسالة بخط غامق (Bold)، ثم يحدد نوع الرسالة (ماجستير/دكتوراه) متبوعة بغير منشورة بين قوسين، ثم القسم والكلية واسم الجامعة والمدينة التي تقع فيها.

- جهان، مصطفى منصور، (2012)، الصناعات الغذائية في منطقة مصراتة، رسالة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة طرابلس، طرابلس.

المصادر والوثائق الحكومية:

إذ كان المرجع عبارة عن تقرير أو وثيقة حكومية فيدون الهامش على النحو التالي:-

- أمانة اللجنة الشعبية العامة للاقتصاد والتخطيط، (1984)، النتائج النهائية للتعداد العام للسكان في ليبيا سنة 1984م، مصلحة الاحصاء والتعداد، طرابلس.

المحتويات

عنوان البحث	الصفحة
تحديد أنسب المواقع لحصاد مياه السيول في حوض وادي الضباب جنوب غرب مدينة تعز باستخدام نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير د. ابراهيم عبدالله قائد درويش	32 - 1
تقدير حجم الجريان السطحي بحوض وادي تلال باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية د. سليمان يحيى السبيعي أ. جمعة محمد الغناي	64 - 33
تحليل أثر التغير المناخي في تغير اتجاهات معدلات التبخر بمنطقة مصراتة للفترة 1963- 2018م د. علي مصطفى سليم د. فاطمة عبده مفلح الطراونة أ. عادل أحمد حويل م. عبدالباسط محمد الترجمان	88 - 65
التباين المناخي في منطقة درنة بتطبيق تصنيف بيلي (Bailey) د. محمود محمد محمود سليمان	112 - 89
أثر التغير المناخي في المعدلات الفصلية والسنوية لدرجة الحرارة بمحطة غدامس للفترة من 1971-2020م. أ. آمال البشير المريمي. أ. إيمان أبو القاسم شلغوم	128 - 113
التمثيل الخرائطي لعناصر المناخ في منطقة مصراتة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية أ. آمنة على بن حليم	156 - 129
دور نظم المعلومات الجغرافية في استنباط الخصائص الطبوغرافية للسطح في الفرع البلدي الزروق من نماذج الارتفاعات الرقمية د. مصطفى منصور جهان	184 - 157
التباين المكاني للتركيب العمري والنوعي للسكان ومؤشراته في قطاع غزة د. حسام سليمان عيد	232 - 185

المحتويات

عنوان البحث	الصفحة
استخدامات الأرض في مدينة البيضاء دراسة جغرافية باستخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد د. أحمد محمد جعودة د. عبدالسلام عبدالمولى الحداد د. منى عطية منصور	264 - 233
التحليل الجغرافي لنفوذ الخدمات الصحية داخل بلدية زليتن د. علي محمد التير د. أسماء محمد الشيخي	290 - 265
التحليل المكاني لدور الإيواء السياحية في منطقة مصراتة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية أ. فاطمة عبد الله المنقوش د. محمد المهدي الأسطى أ. الصادق مصطفى سوالم	322 - 291
آليات التخطيط والتنفيذ للاستيطان الزراعي الايطالي في ليبيا 1911-1940م دراسة في الجغرافية التاريخية د. محمد حميميد محمد	338 - 323
إكراهات تدبير الماء المنزلي بالوسط القروي لواحات الجنوب الشرقي المغربي حالة الوسط القروي لواحة مزكيطة د. عبد الجليل أيت علي أحمد	360 - 339
تقييم مدى صلاحية المياه الجوفية لأغراض الشرب في محلة بئر بن شعيب ببلدية الزاوية المركز – ليبيا د. مصطفى عبدالسلام الشيباني خلف الله	400 - 361
WADIS EVOLUTION IN THE NORTHERN PART OF THE GEBEL AL AKHDAR - NORTH-EASTERN LIBYA Dr. ABED M.T.HASAN	430 - 401

الافتتاحية

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على خاتم الانبياء والمرسلين سيدنا محمد الهادي الأمين، وعلى آله وصحبه ومن تبعه بإحسان إلى يوم الدين،... أما بعد.

يسر هيئة تحرير مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية أن يصدر عددها الثاني في موعده المحدد، وهي نتيجة تضافر جهود وتعاون زملائنا أعضاء هيئة التدريس في الجامعات الليبية الذين تفضلوا بتقييم البحوث وتقويمها، باعتباره واجب وطني أولاً قبل أن يكون واجب مهني.

تضمن هذا العدد مجموعة من البحوث المهمة والمتنوعة في فروع الجغرافيا المختلفة، كالجيمورفولوجيا، وجغرافية المناخ، وجغرافية الخدمات، وجغرافية العمران، والجغرافية التاريخية، بالإضافة إلى الخرائط ونظم المعلومات الجغرافية. وقد شارك في إعدادها كوكبة من الجغرافيين من مشرق الوطن العربي (فلسطين، الأردن، اليمن) ومن مغربه (ليبيا والمغرب). وهو مؤشر على انتشار المجلة عربياً، وعلى ثقة الجغرافيين في هيئة تحريرها وإداراتها.

وبهذه المناسبة، تتقدم هيئة تحرير المجلة بجزيل الشكر للسادة الباحثين المشاركين في هذا العدد، والسادة أعضاء هيئة التدريس بالجامعات الليبية على وقتهم الثمين الذي خصصوه لتقييم هذه الورقات العلمية ، متمنين منهم مزيداً من العطاء والإنتاج العلمي، وتجدّد أسرة المجلّة دعوتها لكل الباحثين بالالتفاف حول هذا المجلة الناشئة بإسهاماتكم العلمية؛ حتى تضمن بإذن الله استمرار صدورها في موعدها المحدد.

و أخيراً.. نرجو من قرائنا الأعزَّاء، أن يلتمسوا لنا العذر في أي هفوات أو أخطاء غير مقصودة، فالكمال لله وحده، ويسرنا أن نتلقَّى أرائكم، واقتراحاتكم عبر ألبريد الالكتروني الخاص بالمجلة، حول هذا العدد؛ بما يسهم في تحسين وتطوير المجلة شكلاً ومضموناً.

والله ولي التوفيق

د. حسين مسعود أبومدينة

رئيس التحرير

سرت، 15 يناير 2022م

تحديد أنسب المواقع لحصاد مياه السيول في حوض وادي الضباب جنوب غرب مدينة تعز باستخدام نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير

د. ابراهيم عبدالله قائد درويش
قسم الجغرافيا/ كلية الآداب/ جامعة إب – اليمن
ibra.qads@gmail.com

الملخص:

يعدُّ حوض وادي الضباب الذي يبعد نحو 3 كم من مدينة تعز، ثالث أكبر المدن اليمنية من حيث السكان السلة الغذائية لسكان المدينة، ويعتبر الحوض حالياً من أهم المناطق التي تزود سكان المدينة بالمياه بعد نضوب المياه في أحواض الحيمة والحوبان والحوجلة، لذا لابد من سياسية تمكن من الاستفادة القصوى من مياه الأمطار وحصادها بما يضمن تغذية المياه الجوفية والسطحية واستدامة الإنتاج الزراعي في الحوض. وبذلك يهدف البحث لبناء نموذج ملاءمة مكاني، يحدد أنسب المناطق لحصاد مياه الأمطار في الحوض من خلال دمج عدة معايير كالتركيب الجيولوجي والخصائص الجيومورفولوجية والانحدار والتربة وشبكة التصريف والأمطار وعمق الجريان السطحي وأغطية واستعمالات الأرض والبعد من التجمعات السكنية والطرق باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وتتمثل مخرجات بناء هذا النموذج بالحصول على طبقة معلوماتية تبين أنسب المناطق لحصاد مياه الأمطار بالاعتماد على كل هذه المعايير، ويعقب ذلك تحديد نوعية منشآت حصاد المياه في الحوض بالاعتماد على طريقة (IMSD). وعليه أظهرت نتائج البحث أن مساحة المنطقة الملائمة لحصاد المياه 2.84 كم^2، بنسبة 1.9%، وبلغت مساحة المنطقة متوسطة الملاءمة 109.8 كم^2، بنسبة 74%، في حين بلغت مساحة المنطقة التي تتصف بضعف ملاءمتها لحصاد المياه 35.8 كم^2، بنسبة 24.09% من إجمالي مساحة الحوض.

الكلمات المفتاحية: حصاد المياه، حوض وادي الضباب، مدينة تعز، نظم المعلومات الجغرافية.

most suitable sites Identification for runoff water harvesting in wadi Al-Dhabab basin, southwest Taiz city using multi-criteria GIS

brahim Abdullah Qaid Darwish
Department of Geography / Faculty of Arts / Ibb University
ibra.qads@gmail.com

Abstract :

Wadi Al-Dhabab basin, which is about 3 km from Taiz city, is the third most populated city in Yemen, the food basket of the city's population. The basin is now considered one of the most important areas providing water for people after the water depletion that took place in the basins of Al-Hayba, Al-Hawban and Al-Hojala; Therefore, must there be a policy to enable the utmost benefit possible from harvesting rainwater; hence, ensuring ground and surface water sustenance and maintaining agricultural production in the basin.

Thus, the research aims to build a spatial, fitting model that determines the most suitable locations for rainwater harvesting in the basin, by merging several criteria such as geological structure, geomorphological characteristics, slope, soil, drainage system, rainwater, depth of runoff, covers and land uses, and distance from residential areas and roads using GIS. Applying the mentioned criteria, the outcome of this model aims to obtain an informatics layer demonstrating the most suitable areas for rainwater harvesting; in addition, determining the quality of water harvesting systems in the basin using IMSD method is subsequently administrated. Accordingly the results showed that the area for suitable water harvesting location is 2.84 km^2, rate 1.9%, and the area of an average suitable location is 109.8 km^2, rate 74%, meanwhile, the area of a less suitable water harvesting location is 35.8 km^2, rate 24.8% total of the basin.

***Keywords*:** Water harvesting, Wadi Al-Dhabab Basin, Taiz City, GIS.

مقدمة:

تُعدُّ الموارد المائية من أثمن الموارد فهي أساس الحياه، وللمحافظة عليها لأبد من إدارة مختلف مصادر المياه عن طريق الحصاد والتخزين، والاستفادة منها بصورة مستدامة في الأحواض المائية بالبيئات الجافة وشبة الجافة، وتعتبر طرق حصاد مياه الأمطار من المصادر البديلة للمياه في المناطق الجافة وشبة الجافة، وتحديد المواقع المحتملة لحصاد المياه من خلال تقييم المعايير المكانية خطوة مهمة نحو تحقيق أقصى قدر ممكن من المياه، وإستمرار إنتاج الأراضي في المناطق الجافة وشبة الجافة، وبالتالي فإن حصاد مياه الأمطار لا يمكن الاستغناء عنه في اليمن التي تمتلك من الشواهد التاريخية والحضارية الكثير عن مشاريع حصاد المياه، وأهمها سد مأرب الذي يرجع تاريخه إلى القرن الثامن قبل الميلاد، وتظهر الآثار أن السبئيين قاموا بتخزين المياه والاستفادة منها منذ الألفية الرابعة قبل الميلاد، وفي الوقت الحالي قام عدد من الباحثيين والمنظمات الدولية بتطوير عدة منهجيات ومعايير؛ لتحديد أفضل المواقع وأنسب التقنيات لحصاد مياه الأمطار، بما يعزز من استدامة وفعالية استغلال الموارد المائية، وحاولت الدراسة الاستفادة من كل ما سبق من دراسات في اختيار المعايير التي بموجبها تم تحديد أنسب الموقع لحصاد المياه بما يتناسب مع طبيعية الحوض.

وبذلك يثير توفير المياه في المستقبل القريب قلقاً بالغاً لدى سكان مدينة تعز والمزارعين في حوض وادي الضباب، وبالتالي تعد آلية حصاد وتخزين المياه الطريقة الأمثل لتأمينها في ظل تقلب هطول الأمطار من سنة إلى أخرى، وتعتبر السدود والخزانات عناصر مهمة لتنمية الموارد المائية في الحوض. وهذا يتطلب استثماراً كبيراً واتخاذ القرار والتخطيط حول البنية التحتية للخزانات التي سوف يتم انشائها، لذا أصبح من المهم تحديد المواقع المناسبة للخزانات بتقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، من أجل الاستفادة من المياه المخزنة بطريقة فعالة.(Ahmad & Veram, 2016, p.4155).

وتكمن مشكلة الدراسة في أن حوض وادي الضباب يقع ضمن المنطقة شبة الجافة التي يقل فيها متوسط كمية الأمطار الموسمية خلال فصلي الربيع والصيف عن 500 ملم سنوياً، ويتصف بمحدودية الموارد المائية، فضلاً عن النمو السكاني والعمراني المتسارع لمدينة تعز، حيث بدأت المنشآت العمرانية تصل إلى المنطقة الجنوبية من الحوض، مما إلى تزايد

الضغوطات على الخزان الجوفي في حوض وادي الضباب، لاسيما في ظل جفاف مياه الآبار في أحواض الحوبان والحوجلة والحيمة، ويعاني الحوض من ندرة الأمطار في فصلي الشتاء والخريف، وتؤدي الخصائص الطبيعية للحوض كالتضاريس والانحدار الشديد في أعالي الحوض إلى سرعة تولد وحركة الجريان، مما يعني أن غالبية مياه الأمطار تجري على السطح وتخرج من الحوض دون الاستفادة منها، ولمواجهة المتطلبات المتزايدة للسكان من المياه في المدينة والمحافظة على النظام البيئي بما يضمن استدامة مظاهر الحياة؛ ينبغي البدء بحصاد وإدارة مياه الأمطار التي تخرج من الحوض دون الاستفادة منها عن طريق الحصاد والتخزين، واستخدام مياه الجريان السيلي بكفاءة؛ بما يساعد على تغذية المياه الجوفية وديمومة الزراعة، وبالتالي لابد من البدء بتحديد أفضل المواقع لحصاد مياه الأمطار في الحوض، وتحاول هذه الدراسة تحديد المواقع الملائمة لحصاد مياه الأمطار في الحوض، ونوعية البنية اللأزمة للحصاد.

الدراسات السابقة:

حدد (Mbilinyi, et al, 2007) مواقع حصاد مياه الأمطار بمرتفعات كلمنجارو باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، واعتمد على معايير الأمطار والانحدار ونسيج وعمق التربة، وشبكة التصريف، واستخدام الأرض. واستخدم (Bakir & Xingnan 2008) نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لحصاد مياه الأمطار في البادية السورية، واعتمد البحث على معايير التضاريس والتربة والنبات والهيدرولوجيا والمناخ. واستخدم (Munyao, 2010) بيانات الأقمار الصناعية لتقييم مناطق حصاد المياه المحتملة في المناطق النائية من إفريقيا دراسة حالة جزيرة اونغوجا (زنجبار)، واعتمد البحث على معايير خصائص التربة واستعمالات الأرض لتقدير الجريان بطريقة (SCS). وقيم (Weerasinghe, et al, 2011) مواقع حصاد وتخزين المياه باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد دراسة حالة أحواض ساو فرانسيسكو ونيل واستخدم طريقة (SCS) لتقدير الجريان. وحدد (Aslinejad, et al, 2014) المناطق الملائمة لحصاد مياه الأمطار بالاعتماد على معايير استعمال الأرض والتربة والأمطار والانحدار مطبقاً طريقة (SCS) لتقدير الجريان. وقام (Prasad, et al, 2014) بتحليل مدى ملاءمة مواقع حصاد المياه باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

دراسة أحواض بيسانغان بمنطقة اجمبر راجستان، واعتمد البحث على معايير نسيج التربة والانحدار والأمطار واستخدام الأرض والجيومورفولوجيا والصخور وشبكة وعمق الجريان الذي تم تقدير بطريقة (SCS). وتطرق (Elhag & Bahrawi, 2014) لإمكانية تحسين حصاد الأمطار باستخدام الاستشعار عن بعد، وهدف هذا البحث لرسم خريطة محتوى رطوبة التربة باستخدام مرئيات لاندسات (8)، ورسم خريطة لمتوسط توزيع السحب بين 2006 - 2011، وأظهرت النتائج تطابق توزيع السحب مع الرطوبة العالية، واعتبر تراكب الخريطتين مع الخريطة الجيولوجية مهم في تحديد المواقع المناسبة لتحسين حصاد مياه الأمطار.

واستخدم (Kaikwad, 2015) الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتحديد مناطق حصاد الأمطار دراسة حالة جوا (الهند)، واعتمد البحث على تحليل التضاريس وتدفق الجريان واستخدام الأرض والتربة والنبات والتبخر وغيرها. وتناول (Mahmoud, et al, 2015) طريقة حصاد مياه الأمطار في المناطق الجافة وشبة الجافة، وكان هدف البحث تحديد مواقع حصاد مياه الأمطار المحتملة لإدارة الجفاف الزراعي، واسترجاع الغطاء النباتي المصاحب لذلك بمنطقة البحيرة (مصر). وحدد (Naseef & Thomas, 2015) الموقع الملائمة لهياكل حصاد المياه في حوض نهر كيشري، واعتمد على الخرائط الموضوعية لاستخدام الارض والتربة والانحدار وامكانية الجريان ونفاذية التربة والرتب النهرية. وتطرق (Rashash & El-Nahry, 2015) لحصاد مياه الأمطار للتنمية الزراعية في الساحل الشمالي الغربي لمصر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، وكان هدف البحث وضع توصيات لتطوير المياه السطحية باختيار أفضل المواقع من خلال تطبيق نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير.

وحدد (Adham, et al, 2016) المواقع المناسبة لحصاد مياه الأمطار في المناطق الجافة وشبة الجافة، وكان هدف البحث تصنيف ومقارنة أربع منهجيات رئيسة لإختيار أفضل المواقع من 48 دراسة منشورة في مجلات علمية، وتقارير منظمات دولية، ومن أهم المعايير التي طبقها البحث الانحدار واستعمال الأرض والتربة والأمطار والمسافة من المستقرات البشرية والتكلفة. ووضع (Ahmad & Veram, 2016) مخطط ملاءمة لهياكل مواقع

تخزين المياه باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لحوض شيونات بولاية تشاتيسغاره (الهند)، ومن المعايير التي اعتمدها البحث المجموعات الهيدرولوجية للتربة واستخدام الأرض والانحدار ورتب المجاري والصدوع والمستقرات البشرية.

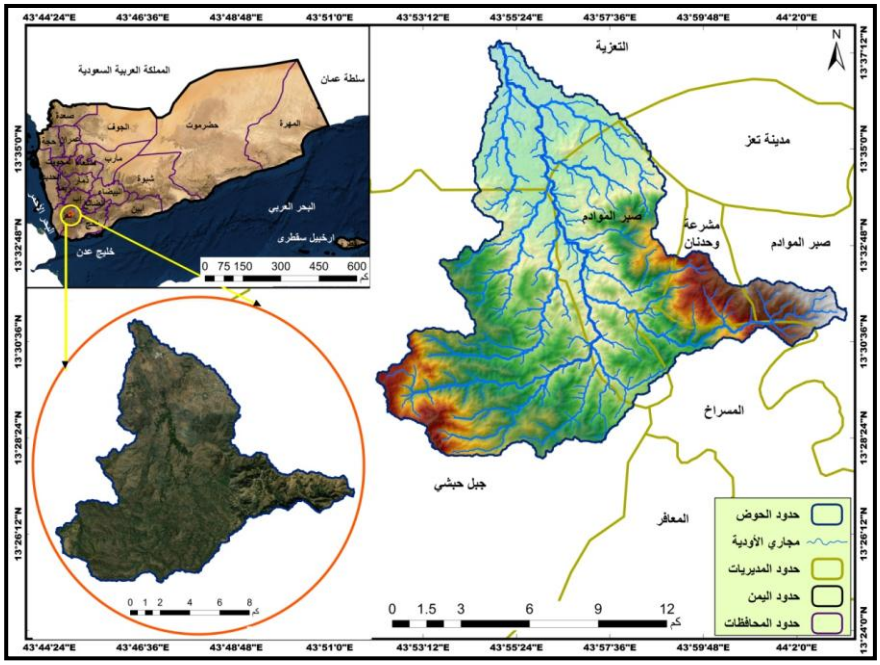
وحدد (Alwan, et al, 2020) المناطق المحتملة لحصاد المياه في محافظة ميسان (العراق) باستخدام التقييم المكاني متعدد المعايير المستند إلى نظم المعلومات الجغرافية، واعتمد على سبعة معايير الانحدار والرتب النهرية والتربة والأمطار والتبخر والطرق والغطاء النباتي في تحديد انسب مواقع حصاد السيول. كما حدد (Khudhair, et al, 2020) مواقع بنية حصاد مياه الأمطار باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في حوض وادي المحمدي وسط (العراق)، واعتمد على معايير التربة والانحدار وكثافة التصريف والغطاء النباتي والبعد من الطرق وعمق الجريان السطحي، وأظهرت النتائج أن 12٪ من إجمالي المساحة ملاءمة، 42٪ متوسطة الملاءمة، و 46٪ غير ملائمة لحصاد مياه الأمطار. ودمج (Al-Ghobari & Dewidar, 2021) معطيات MCDA القائمة على نظم المعلومات الجغرافية وطريقة SCS-CN لتحديد المناطق المحتملة لحصاد مياه الأمطار في حوض وادي نعمان (السعودية)، وحدد البحث المناطق المحتملة لحصاد مياه الأمطار وبنية حصاد مياه الأمطار باستخدام نظم المعلومات الجغرافية المكانية متعددة المعايير مثل كثافة التصريف، الانحدار، واستخدام واغطية الأرض، والجريان السطحي، وصنفت الدراسة مناطق الملاءمة لحصاد المياه الى منخفضة ومتوسطة وعالية. وتطرق (Sayl, et al, 2021) لاهمية حصاد مياه الأمطار في التخفيف من آثار ظاهرة التصحر في الصحراء الغربية من العراق من خلال تكامل نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، وحدد البحث المناطق ذات الأولوية أوالمناسبة لحصاد حسب تغيرات مؤشري الغطاء النباتي (NDVI)، وتدهور الأراضي (LDI).

موقع منطقة البحث:

يقع حوض وادي الضباب على بعد 3 كم عند المدخل الجنوبي الغربي لمدينة تعز ضمن عدد من الوحدات الإدارية (جبل حبشي والتعزية وصبر الموادم والمسراخ ومشرعة وحدنان والمظفر)، ويقع الحوض فلكياً بين دائرتي عرض 55": 27': 13° -

25": 37ˈ: 13° شمالاً، وخطي طول 30": 51ˈ: 43° – 33": 02ˈ: 44° شرقاً، ويعد أحد الأحواض الفرعية لحوض وادي رسيان أحد الأودية الرئيسة في اليمن، والذي يصب في البحر الأحمر، ويعاني الحوض من استنزاف المياه الجوفية بسبب تعرض أحواض الحيمة والحوبان والحوجلة للجفاف، وزيادة السكان في مدينة تعز، ويعتبر الحوض من المنتجعات السياحة لسكان المدينة، ويزود أعداداً كبيرة من سكان المدينة بالمياه والعديد من المنتجات الزراعية كالبن والذرة الشامية والطماطم والبطاطس والملفوف وغيرها.

شكل (1) موقع منطقة البحث.



المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي دقة 12.5م.

هدف البحث:

يهدف إلى تحديد أنسب المواقع المحتملة لحصاد مياه السيول في حوض وادي الضباب بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية متعدد المعايير، وتحديد نوعية المشآت اللازمة لحصاد المياه في الحوض بالاعتماد على طريقة (IMSD).

منهجية البحث:

لتحقيق أهداف البحث اُتُّبعت المنهجية الآتية:

أولاً: جمع البيانات:

1) مرئية (Landsat 8) بتاريخ (2021/7/18) تم الحصول عليها من موقع المساحة الجيولوجية الامريكية.

2) مرئية (Google Earth) تم الحصول عليها باستخدام برنامج (*SAS Planet*).

3) نموذج ارتفاع رقمي دقة 12.5م تم الحصول عليه من موقع جامعة الاسكا فيربانكس (UAF).

3) خريطة طبوغرافية مقياس 1: 50000 تم الحصول عليها من الهيئة العامة للمساحة.

4) خريطة جيولوجية مقياس 1: 250000 تم الحصول عليها من الهيئة العامة للمساحة الجيولوجية.

5) خريطة التربة مقياس 1: 250000 تم الحصول عليها من وزارة الزراعة والري.

6) بيانات الأمطار تم الحصول عليها بصيغة (Shapefile) تم الحصول عليها من الهيئة العامة للارصاد الجوية.

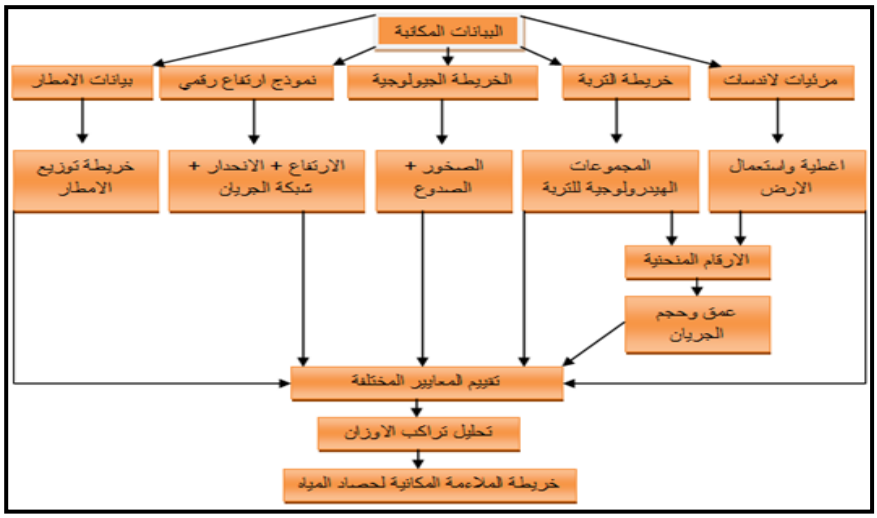
7) بيانات (Shapefile) للقرى في الحوض تم الحصول عليها من الجهاز المركزي للاحصاء.

ثانياً: معالجة البيانات واشتقاق الطبقات المعلوماتية:

تم معالجة مرئيات لاندسات (LandSat) ونموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، وتحويل البيانات الورقية للخرائط إلى بيانات رقمية لاشتقاق الطبقات المعلوماتية للمعايير المختلفة الداخلة في بناء نموذج تحديد أنسب المواقع المحتملة لحصاد مياه الأمطار، ولبناء النموذج كان لابد من تجهيز جميع طبقات النموذج لجميع المعايير على شكل طبقات (Raster)، ومن ثم أُعيدَ تصنيف كل طبقة وفقاً لمقياس يتراوح بين 1 – 3 درجات حيث يمثل الرقم 1 المناطق الاقل ملاءمة لتشييد المنشآت الخاصة بحصاد المياه، في حين يمثل الرقم 2 المناطق المتوسطة الملاءمة لمواقع حصاد المياه، ويمثل الرقم 3 المناطق الملائمة لتشييد المنشآت الخاصة بحصاد المياه في الحوض. وبالتالي تم إعطاء كل طبقة (متغير) وزن معين

حسب درجة تأثيره، ودمج جميع المتغيرات حسب أوزانها باستخدام (Raster calculator) لبرنامج (Arc Map 10.5) بالمعادلة(*) المبينة ادناه لنحصل على الخريطة النهائية لتوزيع أنسب المواقع لحصاد مياه السيول في حوض وادي الضباب، وتم تحديد المواقع المناسبة لتشييد المنشآت المائية في الحوض بغض النظر عن نوعها وفقاً للتسلسل المبين في الشكل رقم (2). وبعد تحديد المواقع الملائمة لحصاد المياه بغض النظر عن نوعها كان لابد من تطبيق نموذج (IMSD) لتحديد نوعية المنشآت المائية المفترض تنفيذها طبقاً لمعايير هذا النموذج، وهي السدود تحت السطحية والبرك الزراعية والسدود وبرك الترشيح.

شكل (2) مخطط انسيابي لتحديد انسب المواقع لحصاد المياه في الحوض.



أولاً: متغيرات بناء نموذج الملاءمة:

1) البنية والتركيب الجيولوجي:

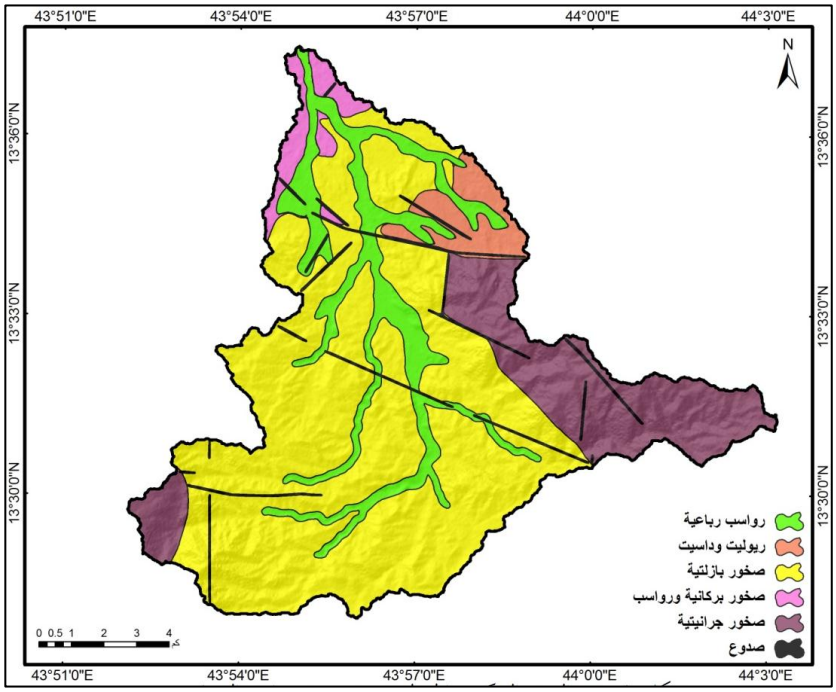
عادة ما يتم دراسة البنية والتركيب الجيولوجية لتحديد مدى ملاءمة الموقع لحصاد المياه، ويلعب كل منهما دوراً مهماً في تحديد تكاليف ونوعية المنشآت المائية وحجم المياه التي سوف يتم حصادها وتخزينها، ويفضل أن تكون منشآت الحصاد المائي بمناطق تتصف

(*) [Deepflow]* 0.10+[Fault] * 0.05 + [Geomorphology]* 0.10 +[Groupsoil] *] 0.10 +[Landues] * 0.09 + [Rain] * 0.10 + [Road] * 0.03+[Rocks] * 0.10+ [Slope] * 0.13 + [Streamorder] * 0.15+ [Village] * 0.05

بتماسك الصخور ونعومة الرواسب. ويوضح شكل رقم (3) انتشار الصدوع في حوض وادي الضباب فبعضها تأخذ اتجاه جنوبي شرقي شمالي غربي، وبعضها تأخذ اتجاه شرقي غربي، وأخرى تأخذ اتجاه شمالي جنوبي.

وفيما يتعلق بالتركيب الجيولوجية يوضح شكل (3) وجود خمسة أنواع من الصخور، ويغلب على الحوض الصخور البازلتية بمساحة 91.8 كم^2، بنسبة 61% من إجمالي مساحة الحوض، وتأتي في المرتبة الثانية الصخور الجرانيتية بمساحة 26.36 كم^2، بنسبة 17.7% من إجمالي مساحة الحوض، ومن ثم جاءت الرواسب الرباعية بمساحة 19.5 كم^2، بنسبة 13.1% من إجمالي مساحة الحوض، وبعدها جاءت صخور الرايوليت والانداسيت بمساحة 6.14 كم^2، بنسبة 4.13% من إجمالي مساحة الحوض، وأخيراً جاءت المقذوفات البركانية المختلطة بمساحة بلغت 4.9 كم^2، بنسبة 3.3% من إجمالي مساحة الحوض.

شكل (3) البنية والتركيب الجيولوجي في حوض وادي الضباب.

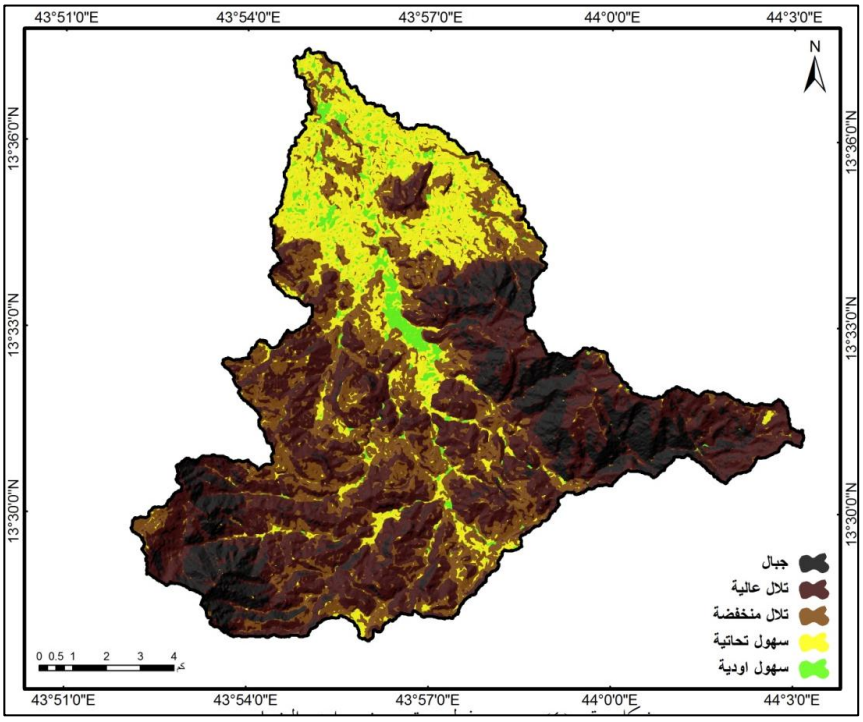


المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على وزارة النفط والمعادن، الخريطة الجيولوجية لمحافظة تعز، لوحة رقم 13.

2) الخصائص الجيومورفولوجية للحوض:

تلعب الخصائص الجيومورفولوجية دوراً كبيراً ليس فقط في تحديد أنسب المواقع المحتملة لحصاد مياه الأمطار؛ حيث تؤثر بشكل كبير في تحديد حجم الجريان عقب كل عاصفة مطرية، ولكن تؤثر في تحديد نوعية وحجم المشآت والتكاليف اللازمة لتشييدها. وبذلك بلغت مساحة 148.3كم^2، وبلغ طول الحوض 17.7 كم، وعرض الحوض 10 كم، ومحيط الحوض 103 كم، ومعامل شكل الحوض 0.47، ونسبة الاستدارة 0.18، ونسبة الاستطالة 0.39، وبلغت نسبة التضرس 1.2م/م، كما بلغت التضاريس النسبية 19.5م/كم، وبلغت نسبة النسيج الطبوغرافي 6.3 مجرى/كم.

شكل (4) جيومورفولوجية وادي الضباب.



المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي دقة 12.5م.

ويوضح شكل رقم (4) أشكال سطح الأرض في الحوض حسب تصنيف (Zink)، حيث جاءت التلال العالية في المرتبة الأولى بمساحة 51.47 كم^2، بنسبة

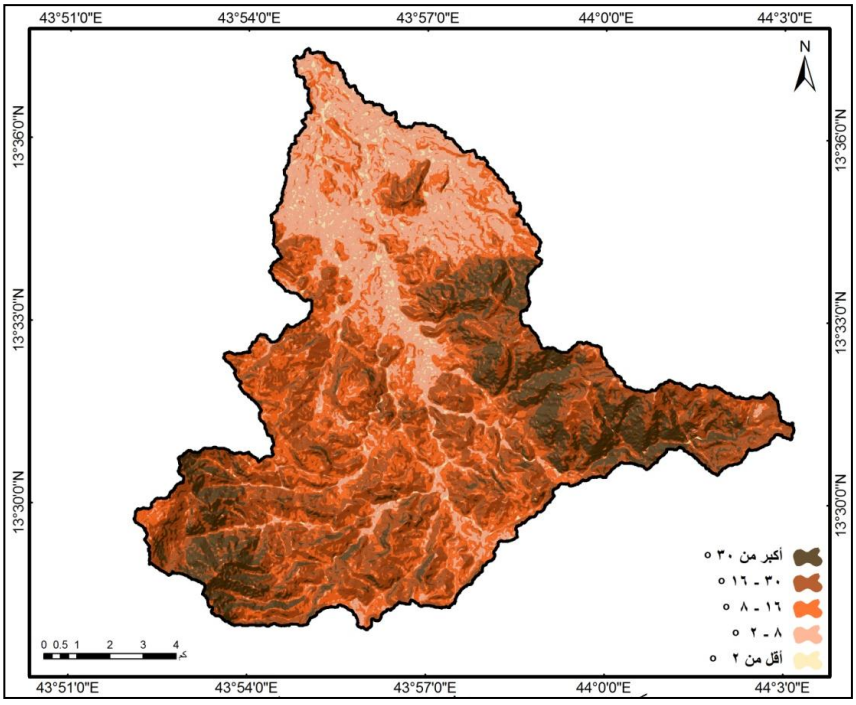
34.7% من إجمالي مساحة الحوض، وجاءت في المرتبة الثانية التلال المنخفضة بمساحة 37.73 كم^2، بنسبة 25.44% من إجمالي مساحة الحوض، ومن ثم جاءت السهول التحاتية (أقدام الجبال) في المرتبة الثالثة بمساحة 24.24 كم^2، بنسبة 16.35% من إجمالي مساحة الحوض، وبعدها جاءت الجبال بمساحة 24 كم^2، بنسبة 16.2% من إجمالي مساحة الحوض، وأخيراً جاءت سهول الأودية بمساحة 10.8 كم^2، بنسبة 7.3% من إجمالي مساحة الحوض.

3) الانحدار:

يعتبر معيار الانحدار من أهم المعايير التي يتم الاعتماد عليها في تحديد مواقع الحصاد المائي كون الانحدار يحدد مواقع تجمع المياه السطحية، وكمية المياه السطحية المتسربة لتغذية المياه الجوفية، حيث ترتبط كمية المترشحة نحو المياه الجوفية عكسياً بالانحدار، وتكاليف وحجم ونوعية المنشآت المائية، وبالتالي تعتبر المناطق المستوية أو القليلة الميل من أفضل المواقع لحصاد المياه وأقلها كلفة.

يوضح شكل (5) أن أطراف الحوض العليا جنوب شرق وجنوب غرب الحوض تتصف بشدة الانحدار، وتقل درجات الانحدار بالتدريج كلما اتجهنا نحو مخرج الحوض، وبذلك تأتي درجات الانحدار التي تتراوح بين 16 – 30° في المرتبة الاولى بمساحة 51.47 كم^2، بنسبة 34.7% من إجمالي مساحة الحوض، ومن ثم جاءت المناطق التي تتراوح درجات انحدارها بين 8 – 16° بمساحة 37.73 كم^2، بنسبة 25.44% من إجمالي مساحة الحوض، وبعدها جاءت المناطق التي تتراوح درجات انحدارها بين 2 – 8° بمساحة بلغت 29.18 كم^2، بنسبة 19.67% من إجمالي مساحة الحوض، وتلتها المنطقة التي تتجاوز درجات انحدارها 30° بمساحة 24 كم^2، بنسبة 16.2% من إجمالي مساحة الحوض، وأخيراً جاءت المناطق التي تقل درجات انحدارها عن 2° بمساحة 5.87 كم^2، بنسبة 3.95% من إجمالي مساحة الحوض.

شكل (5) درجات الانحدار في حوض وادي الضباب.



المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي دقة 12.5م.

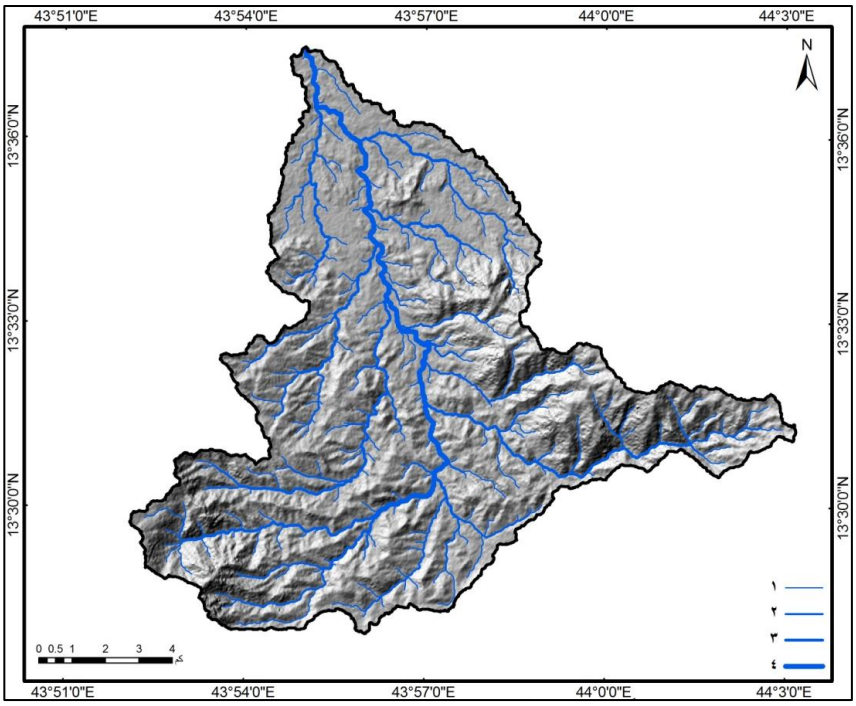
4) خصائص شبكة التصريف:

تعد خصائص الشبكة المائية من أهم محددات اختيار المواقع المناسبة لحصاد المياه سواء من خلال تأثير هذه الخصائص في تحديد سرعة وحجم الجريان التي تختلف من حوض لآخر باختلاف هذه الخصائص، كما أن خصائص الشبكة من حيث الرتبة تحدد حجم المنشآت المائية فالمنشآت الكبيرة الحجم عادة ما تقام على مجاري من الرتب العليا والعكس.

وبذلك بلغ إجمالي عدد المجاري في الحوض نحو 652 مجرى، وتتباين أعداد المجاري المائية كما يوضح شكل رقم (6) من رتبة إلى أخرى، حيث بلغ إجمالي عدد المجاري في الرتبة الأولى 434 مجرى، بنسبة 66.56% من إجمالي عدد المجاري، وبلغ عدد مجاري الرتبة الثانية 120 مجرى، بنسبة 18.4% من إجمالي عدد المجاري، كما بلغ عدد مجاري الرتبة الثالثة 97 مجرى، بنسبة 14.87% من إجمالي عدد المجاري، وبلغ عدد مجاري الرتبة الرابعة

مجرى واحد، بنسبة 0.001 من إجمالي عدد المجاري، وبلغ مجموع اطوال المجاري من مختلف الرتب 264.3 كم، وبلغت نسبة التشعب 3.8، وكثافة التصريف 1.8 كم/كم^2، وتكرارية المجاري 4.4 مجرى/كم^2، ومعامل التعرج 1.3 كم/كم.

شكل (6) الرتب النهرية في حوض وادي الضباب.



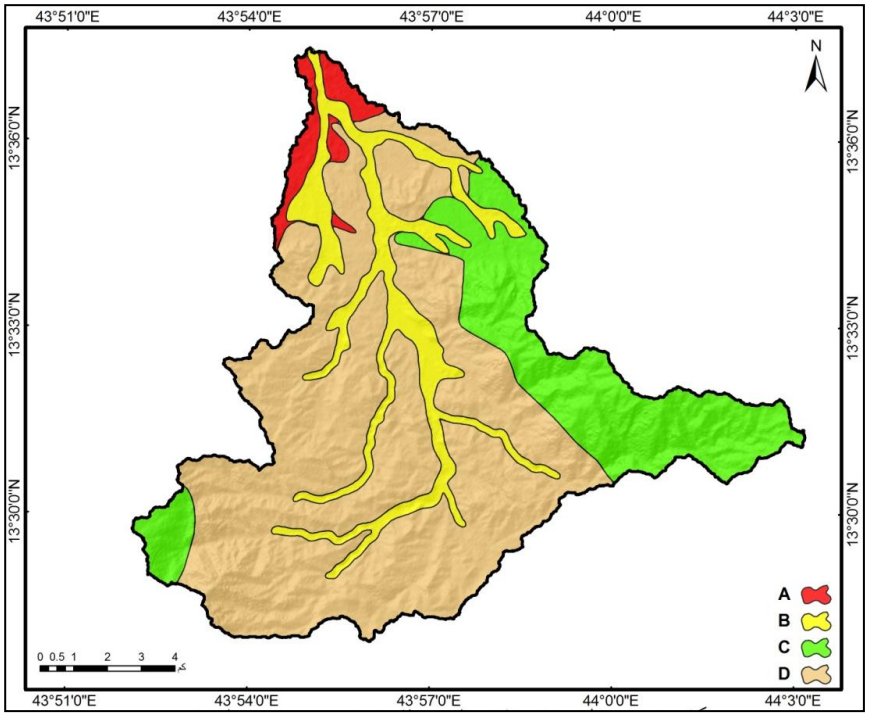
المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي دقة 12.5م.

5) المجموعات الهيدرولوجية للتربة:

تؤثر خصائص التربة من حيث القوام والسمك والبنية في تحديد نوعية ومواقع المنشآت اللازمة لحصاد المياه، فالتربة التي تتصف بخشونة القوام لا تساعد على تولد الجريان، وهذه تعد بحد ذاتها من المصائد المهمة لتغذية المياه الجوفية، والعكس بالنسبة للترب ذات النسيج الناعم الذي يساعد على سرعة تولد الجريان بما يمكن من الاستفادة منها في حصاد المياه الجارية على السطح، والاستفادة منها في مختلف الاستخدامات، كما تؤثر التربة في تكاليف تشييد المنشآت المائية.

يغطي حوض وادي الضباب كما يوضح شكل رقم (7) بأربع انواع من المجموعات الهيدرولوجية للتربة، تأتي المجموعة الهيدرولوجية للتربة (D) في المرتبة الأولى بمساحة بلغت 91.82 كم^2، بنسبة 61.95 % من إجمالي مساحة الحوض، وهي أكثر المجموعات توليداً للجريان، واقلها قدرة في تسريب مياه الأمطار، وجاءت المجموعة الهيدرولوجية للتربة (C) في المرتبة الثانية، بمساحة بلغت 32.43 كم^2، بنسبة 21.9% من إجمالي مساحة الحوض، وتتصف بارتفاع معدل الجريان مقارنة بالتسرب، ثم تأتي المجموعة الهيدرولوجية للتربة (B)، بمساحة بلغت 19.36 كم^2، بنسبة 13.06 % من إجمالي مساحة الحوض، وتتصف تقريباً بتساوي معدل التسرب مع الجريان السطحي، وجاءت المجموعة الهيدرولوجية للتربة (A) التي تتصف بارتفاع معدل التسرب، وتأخر تولد الجريان في المرتبة الأخيرة بمساحة بلغت 4.69 كم^2، بنسبة 3.2% من إجمالي مساحة الحوض.

شكل (7) المجموعات الهيدرولوجية للتربة في حوض وادي الضباب.



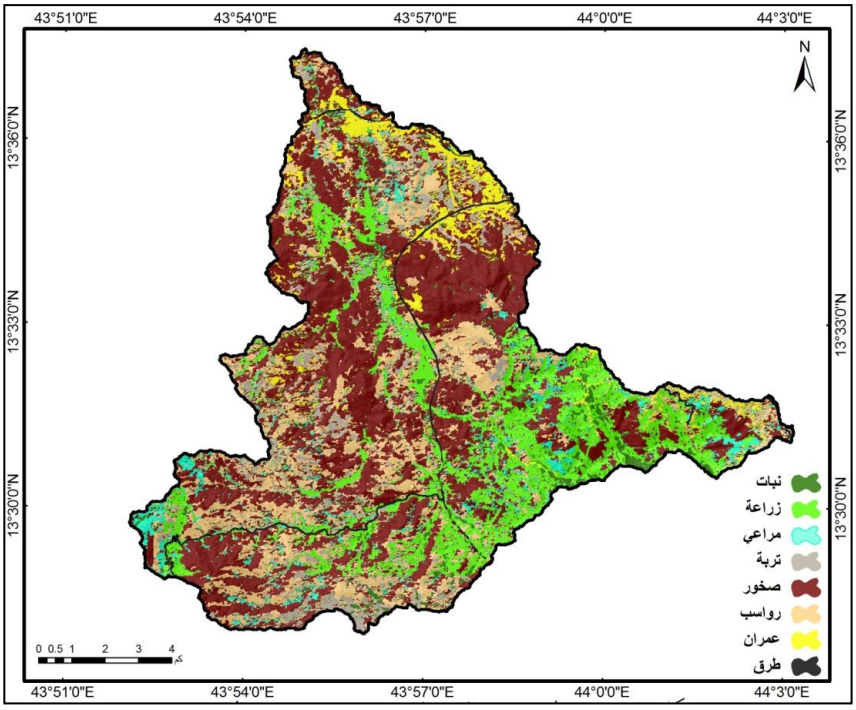
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على وزارة النفط والمعادن، الخريطة الجيولوجية لمحافظة تعز، خريطة التربة.

6) أغطية واستعمال الأرض:

إنَّ الغرض من تحديد المواقع المناسبة لحصاد المياه هو توفير المياه البديلة لمختلف الاستعمالات السكنية والزراعية وغيرها، وبالتالي تعتبر الأراضي الفضاء والمراعي المتوسطة البعد من التجمعات السكانية، بالإضافة إلى المناطق الزراعية من أفضل مواقع حصاد مياه الأمطار، كما تعتبر مجاري الأودية من المواضع المناسبة لحصاد المياه بغرض تغذية المياه الجوفية.

ومن خلال التصنيف الموجه لمرئية لاندسات (Landsat 8)، والتحقق من دقة نتائج التصنيف من خلال مرئية (Google Earth) حيث بلغت الدقة الإجمالية للتصنيف 90%، يوضح شكل رقم (8) ثمانية أنواع من أغطية واستعمالات الأرض في الحوض، جاءت الصخور المكشوفة في المرتبة الأولى بمساحة بلغت 51.1 كم^2، بنسبة 34.5% من إجمالي مساحة الحوض، ومن ثم غطاء الرواسب في المرتبة الثانية بمساحة بلغت 29.23 كم^2، بنسبة 19.7% من إجمالي مساحة الحوض، وبعدها جاءت المناطق الزراعية في المرتبة الثالثة بمساحة بلغت 23.7 كم^2، بنسبة 16% من إجمالي مساحة الحوض، وجاءت المراعي في المرتبة الرابعة بمساحة بلغت 15.1 كم^2، بنسبة 20.2% من إجمالي مساحة الحوض، ومن ثم جاءت التربة المفتوحة في المرتبة الخامسة بمساحة بلغت 10.5 كم^2، بنسبة 7% من إجمالي مساحة الحوض، وتلاها في المرتبة السادسة الغطاء العمراني بمساحة بلغت 9.2 كم^2، بنسبة 6.2% من إجمالي مساحة الحوض، وأعقبها في المرتبة السابعة الغطاء النباتي بمساحة بلغت 8.7 كم^2، بنسبة 5.9% من إجمالي مساحة الحوض، وأخيراً جاءت الطرق المسفلتة بمساحة بلغت 0.64كم^2، بنسبة 0.43% من إجمالي مساحة الحوض.

شكل (8) أغطية واستعمالات الأرض في حوض وادي الضباب.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئيتي جوجل إرث ولاندسات 8.

7) توزيع الأمطار:

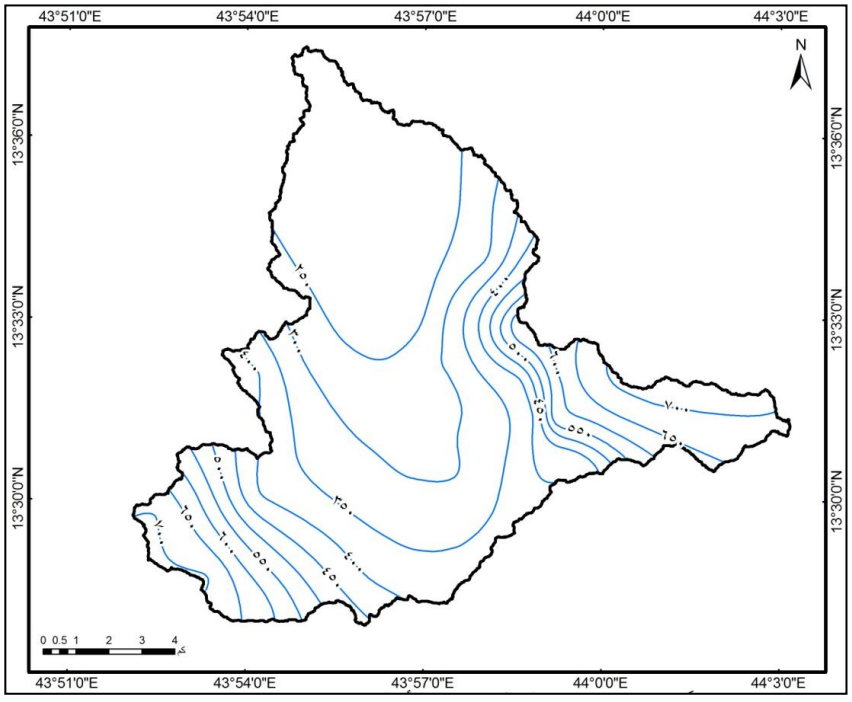
تتصف الأمطار في البيئات الجافة وشبة الجافة بهطولها على شكل زخات قوية غزيرة خلال مدة قصيرة، مما يؤدي إلى سرعة تولد وحركة الجريان، وتفاقم خطره على منشآت حصاد المياه، ويعكس تباين كمية الأمطار تباين حجم الجريان وإمكانيات حصاده، وبالتالي تعد خصائص الأمطار ممثلة بديناميكية العاصفة المطرية وكثافة وتركز ومدة هطول الأمطار من أهم محددات الجريان السطحي ومخاطره في أي منطقة، كما تعتبر من المعايير المهمة في تحديد مواقع حصاد المياه؛ ونوعية وحجم المنشآت المائية، والمواد المستخدمة في تشيدها.

يقصد بديناميكية العاصفة حركة واتجاه وامتداد العاصفة المطرية، وتحدد مع شكل الحوض كمية الأمطار التي يتلقاها، وبالتالي تحدد حجم الجريان الذي يمكن حصاده، وتؤثر العاصفة حسب نوعها مدة هطول الأمطار، وكمية الفاقد بالتبخر والتسرب، وانعكاساته على الجريان السيلي، وتتصف أمطار الحوض بعدم انتظامها مكانياً وزمانياً، وتهطل على

شكل زخات قوية مركزة في مدة قصيرة تختلف مساحة تغطيتها باختلاف أسباب العاصفة، والعوامل المؤثرة فيها، وتعرف في الغالب بغزارتها وقصر مدتها، واختلاف كميتها في العاصفة الواحدة بين مدة وأخرى، وبين مكان وأخر بفعل حركة العاصفة، واختلاف درجة كثافة المطر بين أجزاءها.

وتتصف أمطار الحوض بأنها ناتجة عن الرياح الموسمية الجنوبية الغربية تبدأ مع بداية فصل الربيع، وتستمر حتى نهاية فصل الصيف، وتتباين أمطار الحوض زمانياً من عام الى آخر، ومكانياً من منطقة إلى أخرى داخل حدود الحوض كما يوضح الشكل رقم (9)، حيث ترتفع كمية الأمطار السنوية في الأجزاء العليا الأكثر ارتفاعاً جنوب شرق وجنوب غرب الحوض لتصل الى 700 ملم، وتنخفض كمية الأمطار تدريجياً كلما اتجهنا نحو مخرج الحوض حيث يقل ارتفاع التضاريس؛ لتصل كمية الأمطار عند مخرج الحوض إلى 250 ملم سنوياً.

شكل (9) توزيع المعدل السنوي للأمطار في حوض وادي الضباب



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للطيران المدني والارصاد، صنعاء.

8) عمق الجريان السطحي:

يؤثر عمق الجريان السطحي وحجم التصريف في تحديد أنسب المواقع لحصاد مياه السيول في الأحواض المائية، وهذا يرتبط إلى جانب تباين توزيع الأمطار بالخصائص المورفومومترية، وأغطية واستعمالات الأرض، ونوعية التربة، والرطوبة المسبقة لها، وبالتالي تعتبر المناطق التي تتصف بعمق أكبر للجريان السطحي من أنسب المواقع لحصاد مياه السيول في الأحواض المائية، وتقل هذه الأهمية مع تراجع عمق الجريان السطحي.

قام البحث بحساب عمق الجريان في الحوض بالاعتماد على طريقة الأرقام المنحنية (CN) لمصلحة صيانة التربة الامريكية (SCS)، واتبع البحث خطوات هذه الطريقة بداية بدمج طبقتي أغطية واستعمالات الأرض، والمجموعات الهيدرولوجية للتربة في الحوض باستخدام اداة (Combine) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، وبموجب هذه الخطوة تم استخلاص قيم (CN) من جداول خاصة بمصلحة صيانة التربة الأمريكية كما يوضح جدول رقم (1)، ومن ثم تم تطبيق معادلة معامل احتفاظ التربة بالماء بعد بدء الجريان بالمعادلة(*)، ويعتبر هذا المعامل إحدى أهم مدخلات حساب عمق الجريان، وأعقبه تطبيق معادلة(**) عمق الجريان.

وبذلك يرجع التباين المكاني لعمق الجريان السطحي السنوي في حوض وادي الضباب كما يوضح شكل رقم (10) إلى تباين توزيع الأمطار من جهة، وتباين توزيع قيم الأرقام المنحنية المرتبطة في الأساس بتباين توزيع متغيري أغطية واستعمالات الأرض والمجموعات الهيدرولوجية للتربة من جهة أخرى.

(*) $\frac{1000}{CN} - 10$. حيث S معامل احتفاظ التربة بالماء بعد بدء الجريان، CN قيمة الارقام المنحنية (USDA, TR-55, 2-1).

(**) $(P-0.2)^2/(P+0.8)$. حيث Q عمق الجريان، P كمية الامطار، S معامل احتفاظ التربة بالماء بعد بدء الجريان (USDA, TR-55, 2-1).

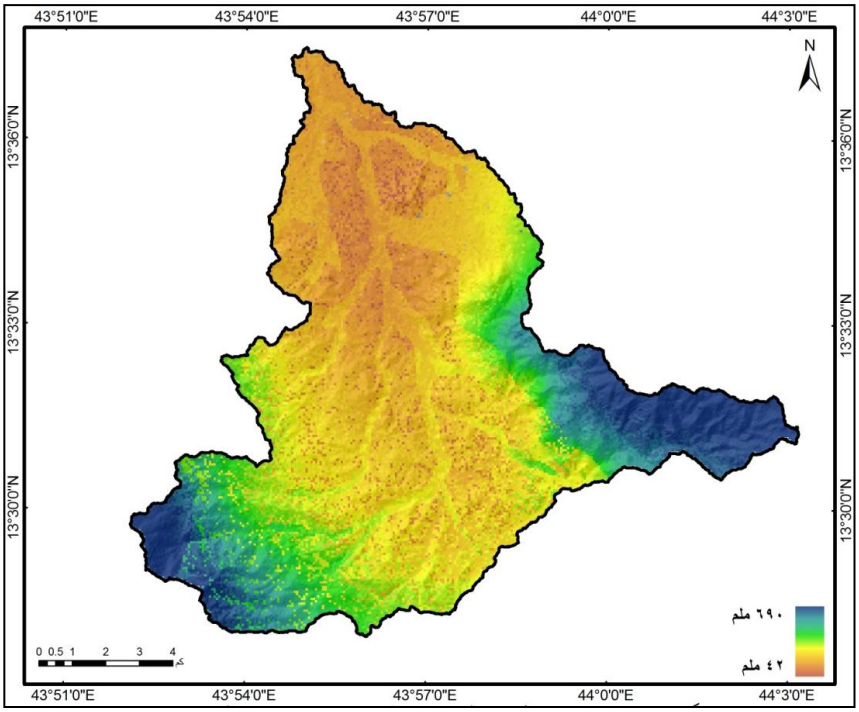
جدول (1) قيم الأرقام المنحنية بعد مطابقة أغطية واستعمالات الأرض
مع المجموعات الهيدرولوجية للتربة في الحوض.

المجموعة الهيدرولوجية للتربة				SCS TR55 Table	نوع أغطية واستعمالات الأرض
D	C	B	A		
89	86	79	68	Pasture, grassland, or range-poor condition	غطاء نباتي
82	80	74	66	Row crop, contoured and terraced	زراعة
84	79	68	49	palo verde, mesquite, and cactus	مراعي
94	91	86	77	Fallow bare soils	تربة جرداء
91	89	85	76	Gravel(including right-of-way)	رواسب مفككة
93	92	89	83	Paved Open Ditches	صخور مكشوفة (جبال)
92	90	85	77	1-8 acre residential	عمرانية
98	98	98	98	Streets and roads	طرق

المصدر: USDA, 1986 (Tables-2-a-b-d)

ويوضح الشكل رقم (10) ارتفاع عمق الجريان السطحي جنوب شرق وجنوب غرب الحوض ليصل إلى 690 ملم سنوياً، وهذا يرجع إلى ارتفاع كمية الأمطار في هذه المنطقة إلى 700 ملم، وسيادة المجموعات الهيدرولوجية للتربة (D, C)، وكلاهما تتصف بسرعة تولد الجريان السطحي، وقلة كمية فاقد الأمطار بالتسرب. ويقل عمق الجريان السطحي في الحوض ليصل الى أدنى مستوياته 42 ملم سنوياً في المناطق التي تقل فيها كمية الأمطار عن 300 ملم، وتنتشر المجموعات الهيدرولوجية للتربة (A, B)، وكلاهما تتصف بتأخر تولد الجريان السطحي؛ بسبب تسريب غالبية مياه الأمطار عبر التربة.

شكل (10) عمق الجريان السنوي (ملم) في حوض وادي الضباب.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الاشكال 7 و 8 و9.

9) البعد عن المناطق السكنية:

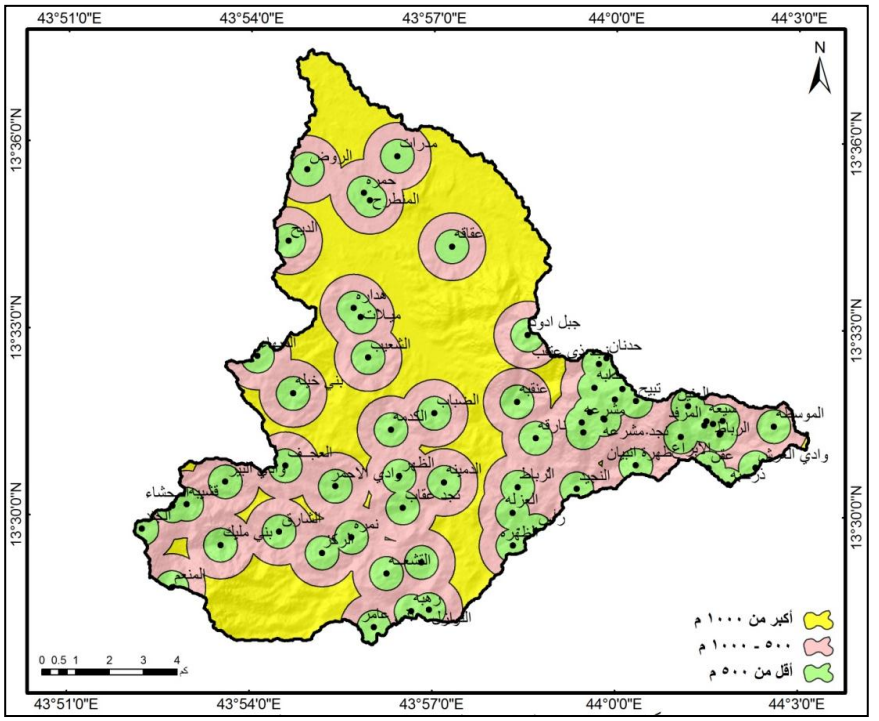
يعد هذا المعيار مهم عند تحديد المواقع المناسبة لحصاد المياه الأمطار، فقرب التجمعات السكنية أيًّا كانت من مواقع حصاد المياه مهمة، وتقلل من تكاليف نقل المياه للاستفادة منها في هذه التجمعات، في الوقت نفسه كلما اقتربت التجمعات من مواقع حصاد المياه بصورة كبيرة قد يشكل تهديدات بيئية على السكان، وبذلك لابد أن تكون التجمعات السكانية ليست قريبة ولا بعيدة جداً، وإنما يفضل أن تكون على مسافة متوسطة.

وبذلك ينتشر العمران الحضري شمال شرق وجنوب حوض وادي الضباب، حيث بدأت المنشآت العمرانية لمدينة تعز تتوسع باتجاه الحوض، وبالتالي تعتبر هذه المناطق غير ملائمة لاقامة المنشآت الخاصة بحصاد المياه، اما فيما يتعلق بالقرى يوضح شكل رقم (11)

أن إجمالي عددها 64 قرية، تقع خمسة منها في مديرية التعزية عند مخرج الحوض، وستة قرى تتبع مديرية المسراخ، وأربعة وعشرون قرية تتبع مديرية جبل حبشي، وثمانية عشرة قرية تتبع مديرية صبر الموادم، وإحدى عشر قرية تتبع مديرية مشرعة وحدتان.

وفيما يتعلق بنمط توزيع القرى حسب معامل الجار الأقرب يتصف بأنه طبيعي ليس متجمع ولا متبعثر، حيث بلغت قيمة متوسط المسافة المتوقعة 1.03، وبلغت قيمة الانحراف المعياري 0.45، ويرتبط توزيع القرى كما يوضح الشكل رقم (11) بتوزيع عدد من الخصائص الطبيعية في الحوض؛ لاسيما الأمطار والتربة الخصبة، وعليه تتركز غالبية القرى في الأطراف العليا من الحوض بالذات جنوب شرق الحوض في مديريتي صبر الموادم والمسراخ ومشرعة وحدتان، وجنوب غرب الحوض بمديرية جبل حبشي.

شكل (11) البعد من القرى في حوض وادي الضباب.



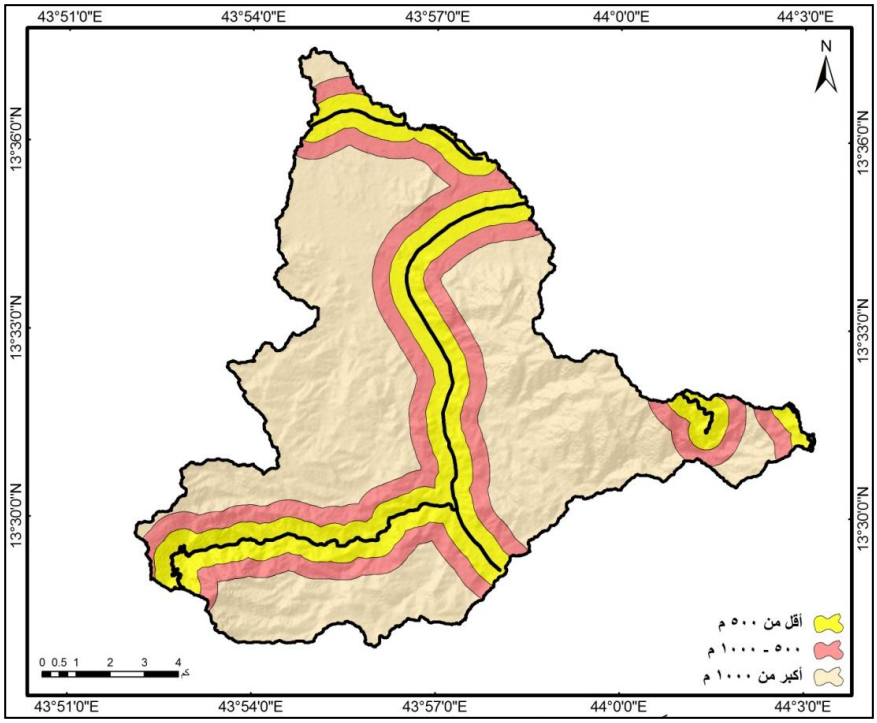
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات توزيع القرى، الجهاز الركزي للاحصاء، صنعاء.

10) البعد من الطرق:

عادة أن القيام بتشييد منشآت الحصاد المائي في أي منطقة مراعاة سهولة الوصول لأنسب المواقع لحصاد المياه، لذلك يفضل إقامة المنشآت المائية بالقرب من الطرق بالذات المسلفتة، لأنها تساعد على تقليل الكلفة الاقتصادية لإقامة هذه المنشآت من جهة، وتقليل تكاليف نقل المياه للمزارع والتجمعات السكانية.

وعليه يظهر شكل رقم (12) افتقار الحوض لشبكة طرق مسفلتة تربط بين التجمعات السكانية القروية، وبالتالي بلغ إجمالي أطوال الطرق المسفلتة في الحوض 34.55 كم، منها طريق تعز – التربة بطول 14 كم، وطريق تعز – الحديدة 4.8 كم، وطريق الضباب– جبل حبشي 12.57 كم، وطريق تعز– مشرعة وحدنان 2.2 كم، وطريق تعز – صبر الموادم 1 كم.

شكل (12) البعد من الطرق في حوض وادي الضباب.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئية جوجل إرث.

ثانياً: بناء نموذج الملاءمة المكانية لحصاد مياه الأمطار:

اعتمد الباحث على المتغيرات المكانية السابقة في تحديد انسب المواقع المحتملة لحصاد مياه الأمطار، سواء كان ذلك لغرض الاستفادة منها في التنمية الزراعية، أو لتغذية المياه الجوفية في حوض وادي الضباب، وبما أن هناك اختلاف في المعايير المكانية المستخدمة لحصاد مياه الأمطار والاستفادة منها، ومن أهمها ما وضعته البعثة المتكاملة للتنمية المستدامة (IMSD)، والتي اعتمدت على متغيرات استخدام الأرض والانحدار والمجموعات الهيدرولوجية للتربة ورتب المجاري المائية والصدوع والمستقرات البشرية لتحديد مواقع حصاد المياه. (Ahmed, & Verma, 2016, P.4156).

واعتمد (Sinha, et al, 2015, P.227) إلى جانب الانحدار والتربة على متغيري الجيولوجيا والجيومورفولوجيا. في حين اعتمد (Prasad, et al, 2014, P.1477) على الصدوع والجيومورفولوجيا والصخور والتربة والانحدار واستعمال الأرض لتحديد المواقع المناسبة لحصاد مياه الامطار. واعتمد (Mosate, 2016, P.68) على الطبوغرافيا والانحدار ونسيج التربة والجيولوجيا وكثافة التصريف والأمطار ومعامل الجريان وعمق التربة. واعتمدت (الدعدي، 2014، ص 85) على متغيرات الانحدار والأمطار والبعد من التجمعات السكنية والطرق والتربة واستعمال الأرض وشبكة الجريان، وبذلك استفادت الدراسة من كل ما سبق في اختيار معايير تحديد أنسب المواقع المحتملة لحصاد مياه الأمطار في الحوض كما في الجدول رقم (2).

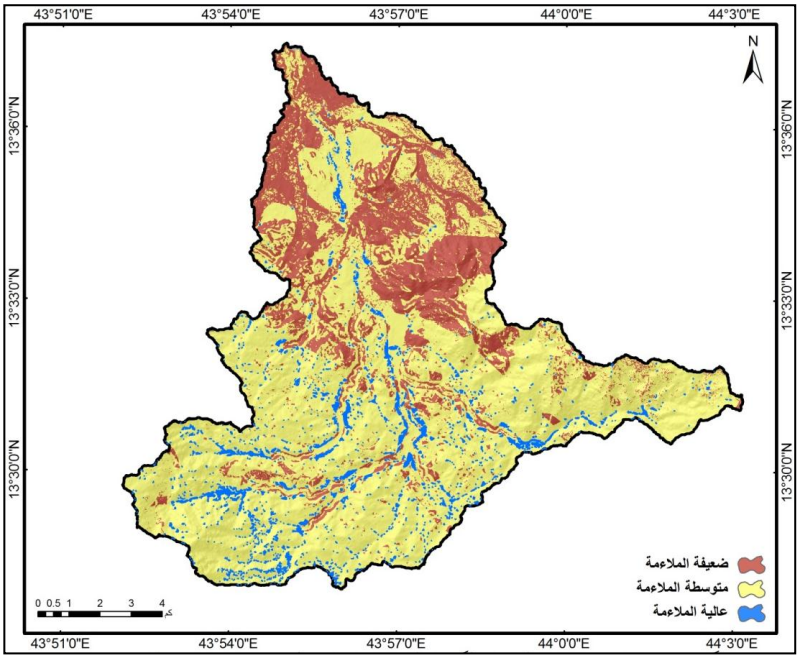
جدول (2) معايير نموذج الملاءمة المكانية لمواقع حصاد المياه في الحوض

المتغير	درجة الملاءمة	وزن الفئة	وزن المتغير %
الأشكال الجيومورفولوجيا	جبال، تلال مرتفعة	1	10
	تلال منخفضة، سهول تحاتية	2	
	سهول وديان	3	
درجات الانحدار	انحدار عالي اكبر من 16°	1	13
	انحدار متوسط 16 – 2°	2	
	خيف جدا اقل من 2°	3	
نوعية الصخور	صخور بازلتية	1	10
	صخور جرانيتية	2	
	رواسب	3	
البعد من الصدوع	أقل من 200 م	1	5
	200 – 500 م	2	
	أكبر من 500 م	3	
المجموعة الهيدرولوجية للتربة	المجموعة الهيدرولوجية A, B	1	10
	المجموعة الهيدرولوجية C	2	
	المجموعة الهيدرولوجية D	3	
الرتب النهرية	الرتبة (1، 2)	1	15
	الرتبة (3)	2	
	الرتبة (4)	3	
كمية الأمطار السنوية	أقل من 250 ملم	1	10
	250 – 500 ملم	2	
	أكبر من 500 ملم	3	
عمق الجريان ملم	أقل من 200 ملم	1	10
	200 – 400 ملم	2	
	أكبر من 400 ملم	3	
أغطية واستعمال الأرض	منشآت سكنية	1	9
	غطاء نباتي، أرض فضاء	2	
	مناطق زراعية	3	
البعد من القرى	اقل من 500 م	1	5
	500 – 1000 م	3	
	أكبر من 1000 م	2	
البعد من الطرق	أقل من 500 م	3	3
	500 – 1000 م	2	
	أكبر من 1000 م	1	

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الاشكال من 3 – 12.

تراوحت درجات الملاءمة المكانية لتحديد أنسب المناطق المحتملة لحصاد مياه الأمطار وتشييد منشآتها في الحوض بين درجة واحدة لأقل المناطق ملاءمة لحصاد مياه الأمطار وتشييد منشآتها، وتقع غالبية هذه المناطق كما يوضح شكل رقم (13) في الجزء الأدنى من الحوض، إلى ثلاث درجات لأكثر المناطق ملاءمة لحصاد مياه الأمطار وتشييد منشآتها في الحوض، وتقع غالبية هذه المناطق ذات الملائمة العالية لحصاد مياه الأمطار وتشييد منشآتها في الأطراف العليا بالذات جنوب غرب الحوض ووسطه. وبالتالي بلغت مساحة المنطقة التي تتصف بضعف ملاءمتها لحصاد مياه الأمطار وتشييد منشآتها حيث تقل الملاءمة عن (1.8) درجة 35.8 كم^2، بنسبة 24.09% من إجمالي مساحة الحوض، وبلغت مساحة المنطقة التي تتصف بملاءمة متوسطة لحصاد مياه السيول بين (1.8 – 2.3) نحو 109.8 كم^2، بنسبة 74% من إجمالي مساحة الحوض، وبلغت مساحة المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية لحصاد مياه السيول أكبر من 2.3 نحو 2.84 كم^2، بنسبة 1.9% من إجمالي مساحة الحوض.

شكل (13) مستويات الملائمة المكانية لحصاد مياه السيول في حوض وادي الضباب.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الاشكال من 3 – 12.

ثالثاً: بنية حصاد مياه السيول حسب طريقة (IMSD):

يوضح جدول رقم (3) إن البعثة المتكاملة للتنمية المستدامة الهندية اعتمدت على أربعة معايير في تحديد نوعية المنشآت المائية لحصاد مياه الأمطار سواء كان الهدف منها تغذية المياه الجوفية كبرك الترشيح، أو الاستفادة من مياه الحصاد لمختلف الاستعمالات بالذات الزراعية كالسدود والسدود تحت السطحية والبرك الزراعية، وتتمثل هذه المعايير التي تم الاعتماد عليها في تحديد نوع المنشآت المائية بدرجة الانحدار ونفاذية التربة والصخور وعمق الجريان ورتب المجاري المائية.

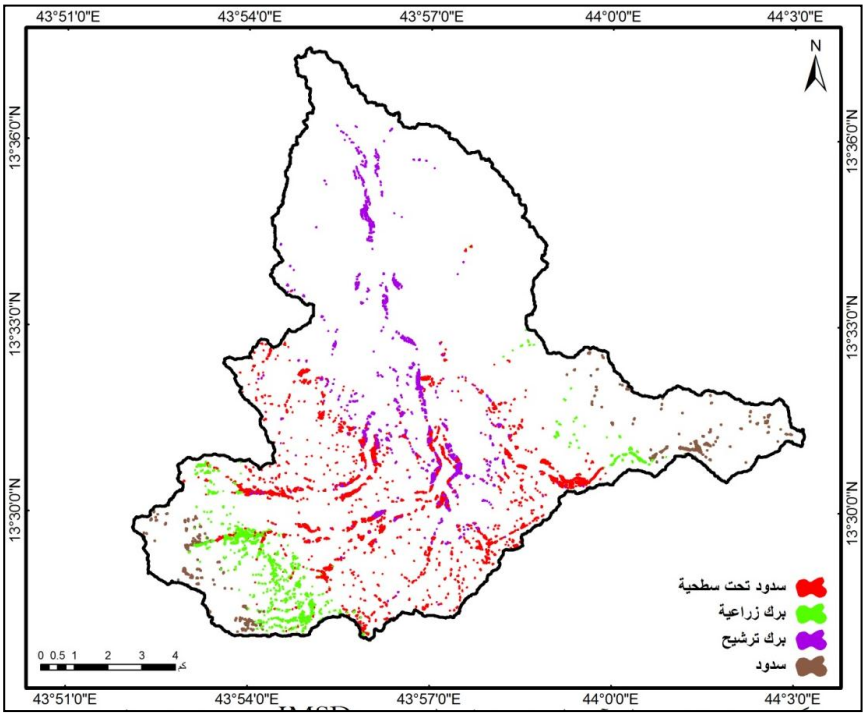
جدول (3) معايير البعثة المتكاملة للتنمية المستدامة (IMSD)
لتحديد نوعية بنية حصاد المياه.

نوعية المنشآة المائية	درجة الانحدار	النفاذية	الجريان	رتب المجاري
برك زراعية	0 – 5	منخفضة	متوسط – عالي	1
سدود	اقل من 15	منخفضة	متوسط – عالي	1 – 4
سد تحت سطحي	0 – 3	عالية	متوسط – منخفض	اكبر من 4
بركة ترشيح	اقل من 10	عالية	منخفض	1 – 4

المصدر: (Naseef, et al,2015,p12)

وبالاعتماد على المعايير السابقة التي تم تجهيزها في بيئة نظم المعلومات الجغرافية فقد بلغ إجمالي مساحة المنطقة الملائمة لتشييد المنشآت المائية بمختلف أنواعها برك أو سدود أو سدود تحت سطحية أو برك ترشيح وفقاً لهذا النموذج نحو 2.8 كم^2، بلغت مساحة المنطقة الملائمة لتشييد منشآت السدود تحت السطحية نحو 1.37 كم^2، بنسبة 48.9% من إجمالي المساحة الملائمة لشييد المنشآت المائية بمختلف أنواعها في الحوض، وتقع هذه المنطقة كما يوضح شكل رقم (14) في كل أجزاء الحوض بالذات في المنطقة الجنوبية والوسطى من الحوض.

شكل (14) نوعية المنشآت لحصاد مياه السيول حسب (IMSD) في حوض وادي الضباب.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الاشكال 5 و 6 و 7 و 10.

وبلغت مساحة المنطقة الملائمة لتشييد منشآت البرك الزراعية 0.5 كم^2، بنسبة 17.9% من إجمالي مساحة المنطقة الملائمة لحصاد المياه المياه في الحوض، وتقع هذه المنطقة الملائمة لهذه النوع من المنشآت كما يوضح الشكل السابق رقم (14) جنوب شرق وجنوب غرب الحوض. وبلغت مساحة المنطقة الملائمة لتشييد برك الترشيح 0.75 كم^2، بنسبة 26.9% من إجمالي مساحة المنطقة الملائمة لحصاد المياه المياه في الحوض، وتقع المناطق الملائمة لهذا النوع من المشآت في الجزء الأوسط والأدنى من الحوض. وبلغت مساحة المنطقة الملائمة لتشييد السدود المائية في الحوض 0.18 كم^2، بنسبة 6.35 من إجمالي مساحة المنطقة الملائمة لحصاد المياه المياه في الحوض، وتقع المناطق الملائمة لهذا النوع من المنشآت المائية جنوب شرق وجنوب غرب الحوض.

النتائج:

1) اتساع مساحة المنطقة المولد للجريان في الحوض، وهذا الأمر يشجع على تشييد المنشآت المائية بمختلف أنواعها، حيث بلغت المساحة 124.5 كم^2، بنسبة 83.8% من إجمالي مساحة الحوض، مما يعني وجود جدوى لاقامة منشآت لحصاد مياه الأمطار والاستفادة منها لمختلف الاستعمالات في حوض وادي الضباب.

2) إمكانية التدهور السريع للمياه الجوفية في الحوض، بسبب تزايد الطلب على المياه من قبل المزراعين والسكان في مدينة تعز من جهة، وقلة مساحة المنطقة المنفذة لمياه الأمطار التي بلغت 23.8 كم^2، بنسبة 16.2% من إجمالي مساحة الحوض، وهذا يعني محدودية المياه المتسربة في تغذية المياه الجوفية.

3) بلغت مساحة المنطقة التي تتصف بضعف الملاءمة لتشييد المنشآت المائية نحو 35.8كم^2، بنسبة 24.09% من إجمالي مساحة الحوض، وبلغت مساحة المنطقة التي تتصف بانها متوسطة الملاءمة لحصاد المياه نحو 109.8 كم^2، بنسبة 74% من إجمالي مساحة الحوض، وبلغت مساحة المنطقة التي تتصف بأنها ملائمة لحصاد مياه الأمطار نحو 2.84كم^2، بنسبة 1.9% من إجمالي مساحة الحوض.

4) تتوزع مساحة المنطقة الملائمة لتشييد المنشآت المائية حسب نموذج (IMSD) على الخزانات تحت السطحية بنحو 1.37 كم2، بنسبة 48.9% من إجمالي مساحة المنطقة الملائمة لحصاد المياه المياه في الحوض، ونحو 0.5 كم^2، بنسبة 17.9% من إجمالي المساحة الملائمة للبرك الزراعية، ونحو 0.75 كم^2، بنسبة 26.9% من إجمالي المساحة الملائمة لبرك الترشيح، ونحو 0.18 كم^2، بنسبة 6.35 من إجمالي المساحة الملائمة لمنشآت السدود.

التوصيات:

1) نشر الوعي البيئي لدى السكان بمدى أهمية المياه بشكل عام والمياه الجوفية على نحو خاص كمورد طبيعي ينبغي الحفاظ عليه، وترشيد استهلاكه، وتنميته من خلال مشاريع الحصاد المائي.

2) ينبغي الاستفادة من المتغيرات المكانية لتشييد المنشآت المائية بمختلف أنواعها في الحوض؛ بغرض مواجهة الاحتياجات المتزايدة من المياه بين مدة وأخرى داخل حدود الحوض وخارجه.

3) ضرورة تشييد برك الترشيح للاستفادة من مياه الأمطار التي تخرج من الحوض لغرض تغذية المياه الجوفية ومواجهة الاحتياجات المستقبلية للمزراعين والسكان في مدينة تعز.

4) الاستثمار في مجال الحصاد المائي بما يسهم في تحسين المراعي، وتوفير مصادر مائية إضافية للري، وتأمين احتياجات السكان في الحوض خاصة ومدينة تعز بشكل عام.

5) إعداد قاعدة بيانات هيدرومناخية للأحواض المائية في اليمن بشكل عام، والأحواض الحضرية التي تتعرض لاستنزاف المياه الجوفية بشكل عام.

6) ينبغي على الهيئة العامة للمورد المائية الاعتماد على كافة المتغيرات المكانية عند تحديد مواقع حصاد المياه، وجعلها متاحة بين يدي السكان تجنباً للأخطار البيئية التي قد تنجم عند القيام بحصاد مياه الأمطار.

المصادر والمراجع:

الكتب:

- USDA, TRR-55, (1986): **Urban Hydrology for small watersheds**, June.

الدوريات:

- Adham.A, Riksen.M, Ouessar. M, Ritsema. C: (2016), **Identification of suitable sites for rainwater harvesting structures in arid and semi-arid regions**, International Soil and Water Conservation Research, PP108-120.
- Ahmad.I, Veram.M.K: (2016), **Site Suitability Mapping for Water Storage Structures using Remote Sensing & GIS for Sheonath Basin in Chhattisgarh State**, International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 11, Number 6, PP4155-4160.
- Al-Ghobari. H, Dewidar. A. Z: (2021), **Integrating GIS-Based MCDA Techniques and the SCS-CN Method for Identifying Potential Zones for Rainwater Harvesting in a Semi-Arid Area**, Water, Vol, 13(5), pp.1-16.
- Alwan. I. A, Aziz. N. A, Hamoodi. M. N: (2020), **Potential Water Harvesting Sites Identification Using Spatial Multi-Criteria Evaluation in Maysan Province, Iraq**, ISPRS Int. J. Geo-Inf., Vol, 9, pp.1-17.
- Sinha.D.D, Mohapatra.S.N, Pani.P: (2015), **Site selection for Suitability Water harvesting using Remote Sensing and GIS, Trans.Inst.Indian Geographers**, ISSN 0970-9851, PP.223-233.
- Aslinejad.N, Nasiri.A, Varnosfaderani.M.K, Alipur.H, Kharazimi.R: (2014), **Locating Suitable Areas for Rain Water Harvesting**, Elixir, ISSN:2229-712X, PP27616-27619.
- Bakir. M, Xingnan.Z: (2008), **GIS and Reote sensing applications for rainwater harvessting in the Syrian desert (AL-Badia)**, Twelfth International Water Technology Conference, IWTC12 2008 Alexandria, Egypt, pp1-9.
- Elhag. M, Bahrawi.J.A: (2014), **Potential Rainwater Harvesting Improvement Using Advanced Remote Sensing Applications**, The Scientific World Journal, http://dx.doi.org/ 10.1155/2014/806959, PP1-8.
- Gaikwad. S. D: (2015), **Application of Remote Sensing and GIS in Rainwater Harvesting: A Case from Goa, India**, International Journal Of Scientific & Engineering Research, Volume 6, Issue 1, January, ISSN 2229-5518, PP633-639.
- King, J.W. Abu Ghanem, A. (1983): **soil survey of the Yemen Arab Republic**, department of agronomy, Cornell University.
- Khudhair. M. A, Sayl. K. N, Darama. Y: (2020), **Locating Site Selection for Rainwater Harvesting Structure using Remote Sensing and GIS**, (ICSET 2020) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering , pp.1-9.
- Mahmoud.S.H, Adamowski.J, Alazba.A.A, El-Gindy.A.M: (2015), **Rainwater harvesting for the management of agriculturaldroughts in arid and semi-arid regions**, Paddy Water Environ, Doi 10.1007/s10333-015-0493-z.
- Mbilinyi. B.P, Tumbo. S. D, Mahoo.H.F, Mkiramwinyi. F.O: (2007), **GIS-based decision support system for identifying potential sites for rainwater**

harvesting, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, doi.org/10.1016/j.pce.2007.07.014.
- Naseef.T.A.U, Thomas.R: (2015), **Identification of Suitable Sites for Water Harvesting Structures in Kecheri River Basin**, International Conference on Emerging Trends in Engineering, Science and Technology(ICETEST- 2015), PP7-14.
- Prasad.H.C, Bhalla.P, Palria. S: (2014), **Site Suitability Analysis of Water Harvesting Structures Using Remote Sensing and GIS – A Case**, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-8, 2014, Hyderabad, India, PP1471-1482.
- Rashash. A, El-Nahry.A: (2015), **Rain Water Harvesting Using GIS and RS for Agriculture Development in Northern Western Coast**, Egypt, Geography & Natural Disasters, PP.1-7.
- Sayl. K, Sulaiman. S. O, Kamel. A. H, Muhammad. N. S, Abdullah. J, Al-Ansari. N: (2021), **Minimizing the Impacts of Desertification in an Arid Region: A Case Study of the West Desert of Iraq**, Advances in Civil Engineering, Research Article Open Access, Vol, 2021, pp. 1-12.
- Weerasinghe. H, Schneider.U.A, Low.A: (2011), **Water harvest- and storage- location assessment model using GIS and remote sensing**, Hydrology and Earth System Sciences Discussions, PP3353-3381.

الرسائل العلمية:

- الدعدي، ماجدة: (2014)، **استخدام تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لدراسة الحصاد المائي لمياه السيول في منطقة القصيم**، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة أم القرى.

- Kaikwad.J.N: (2010), **use of satellte products to assess water harvest potentail in remote area of Africa case study of unguja island Zanzibar**, Thesis submitted to the international institute of Geo-information science and earth observation in partial fulfiment of the requirements for the degree of master, University of Twente.
- Mosate. T: (2016) **Application of GIS to determine suitable sites for surface rainwater harvesting in a semi-arid catchment**, a dissertation submitted (partail) fulfilment of the requirements for the dagree of master in integrated water resources management (IWRM) of the University of dar es Salaam.

المواقع الالكترونية:

- https://earthexplorer.usgs.gov.
- https://vertex.daac.asf.alaska.edu/.