

استخدام تقانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحديد المواقع الملائمة لإنشاء حفائر حصاد مياه الأمطار في ناحية الصبورة، حماة

علي شاهين¹، أ. د. ايهاب جناد²، د. محمود عبد اللطيف³

¹ طالب ماجستير، قسم الهندسة الريفية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

² أستاذ مساعد في قسم الهندسة الريفية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

³ مدرس في قسم الهندسة الريفية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

الملخص:

نُفذت هذه الدراسة في ناحية الصبورة التابعة لمدينة السلمية بالاستعانة بمخابر كلية الزراعة قسم الهندسة الريفية وقسم علوم التربة جامعة دمشق، تم اختيار منطقة الدراسة كونها تعاني من شح في موارد المياه الجوفية، تهدف هذه الدراسة إلى تحديد أماكن لإنشاء (حفائر) لتجميع مياه الأمطار، حَصرت الدراسة الهيدرولوجية الأولية حوض مائي بمساحة 624 كم². أُجريت عمليات العرض و الرقمنة والتحليل والتفسير والحساب وإنتاج الخرائط على برنامج Arc Map 10.6.1 وأجري تمثيل ثلاثي الأبعاد لفهم تضاريس المنطقة باستخدام Arc Scene 10.6، بعد جمع البيانات تم إجراء تحليل (هيدرولوجي، طبوغرافي، جيولوجي، مناخي للهطول المطري اليومي خلال 22 عام)، وتم إنتاج خرائط (التربة، الغطاء الأرضي، Curve Number، الميل)، كما أُجري تدقيق حقلّي لتلك الخرائط، أُستعين ببيانات القمر الصناعي Sentinel-2 10 م بالإضافة لنموذج الارتفاع الرقمي (SRTM) DEM 30م وخرائط طبوغرافية بمقياس 1/25000 تحوي المعالم الأرضية والمسيلات، ثم وُضعت المعايير الملائمة لاختيار المواقع، بلغت مساحة المواقع الملائمة 119 كم² بنسبة 19% من المساحة الكلية، تم اختيار 58 موقع مناسب وفق خريطة الملاءمة و المعايير الموضوعية، ثم تمت معالجة بيانات المحطات المطرية وأجري حساب الجريان السطحي لكل موقع وفق الهطولات اليومية ورقم المنحني، تم التدقيق الحقلّي للأماكن المختارة، تشير النتائج النهائية إلى دور وأهمية نظم المعلومات الجغرافية في دراسات حصاد مياه الامطار ودعم متخذي القرار. **الكلمات المفتاحية:** حصاد مياه أمطار، نظام معلومات جغرافية، استشعار عن بعد، رقم المنحني، استعمالات الأراضي.

تاريخ الايداع: 2022/8/15

تاريخ القبول: 2022/10/19



حقوق النشر: جامعة دمشق - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

Using GIS/RS techniques to Determine Suitable Sites to Construct Water Harvesting Pits in the city of Sabouraa, Hama

Ail Shaheen¹, Prof. Ihab Jnad², Prof. Mahmoud Abdal Latif³

¹ M.Sc. Student, Rural Engineering Department, Faculty of Agriculture, Damascus.

² Professor, Rural Engineering Department, Faculty of Agriculture, Damascus University.

³ Professor, Rural Engineering Department, Faculty of Agriculture, Damascus University.

Abstract:

This study was conducted in district Sabouraa of the Salamiyah city, with the assistance of the laboratories of Rural Engineering and Soil Sciences Departments at Agriculture faculty, Damascus University, The reason for choosing the area is because of the scarcity of groundwater resources. The object of the study determine Suitable Sites to construct (Hafa'aer) Rainwater Harvest, The preliminary hydrological study identified an area of a watershed estimated at 624 km², The operations of the display, digitization, analysis, interpretation, and map product were done by Arc Map 10.6.1 and make a 3D design to understand the topography of the area using Arc Scene. After collecting the data, analysis has been done (hydrological, topographic, geologic, climatic daily rainfall for 22 years). Thematic Maps have been produced (soil, Land use, curve number, slope), a field checking of these maps was also conducted, Sentinel-2 10 m satellite data was used with DEM (SRTM) 30 m digital elevation model and topographic map 1/25000 scale contains features and water streams, and the appropriate standards for the sites were set. The area of suitable sites were 119 km², a percentage of 19% of the total area, 58 suitable sites have been selected by the suitability map and certified Standards. Then the data of rain stations were processed, and the runoff was calculated for each site to the daily precipitation and the curve number. The field check of the selected places was done, results indicate to importance of (GIS) in rainwater harvesting studies and support decision-makers.

Keywords: Rain Water Harvesting, Remote Sensing, Curve Number, Land Use.

Received: 15/8/2022

Accepted: 19/10/2022



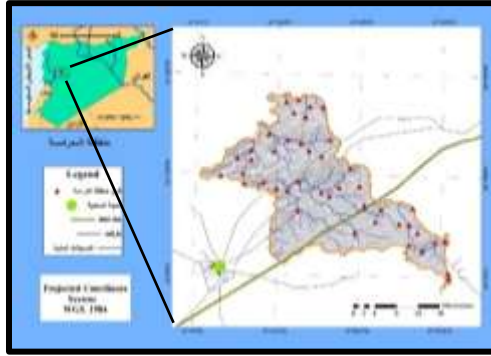
Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

1. المقدمة والدراسة المرجعية:

يُعد حصاد مياه الأمطار استراتيجية لمعالجة قضايا نقص كمية المياه وهو نهج متكامل من أجل ضمان استدامة المياه (Rockström, 2000, 277). تمّ تطبيق حصاد مياه الأمطار على مر القرون اعتماداً على الجريان السطحي للمياه في الأراضي الزراعية والوديان والأحواض المائية في أماكن كثيرة حول العالم، تمّ في الهند إجراء دراسة لحصاد مياه الأمطار من خلال الاعتماد على هطول الأمطار وتوزيعها، وعلى التضاريس والغطاء الأرضي (LULC) والتربة، تمّ تحديد 38 موقعاً مناسباً لإنشاء السدود (Gavit et al, 2019, 331) وفي محافظة دهوك في العراق أُجري بحث كان الهدف الرئيسي منه اختيار المواقع المناسبة لإنشاء السدود باستخدام GIS، تمّ إنتاج خرائط للعديد من المعايير وهي الانحدار واستعمالات الأراضي، وترتيب المسيلات المائية وقوام التربة بالإضافة للشروط الهيدرولوجية، وتمّ اختيار تسع أماكن مناسبة ومن بعدها تمّ إقامة تسعة سدود (Ibrahim et al, 2019, 1). في المناطق الصحراوية في البادية السورية تمّ تطبيق تقنية الاستشعار عن بعد و GIS لاختيار الأماكن المناسبة لمواقع حصاد مياه الأمطار، تمّ الجمع بين مجموعات رقمية من صور الأقمار الصناعية والمعلومات الطبوغرافية وأنواع التربة والغطاء النباتي والهيدرولوجيا والأرصاد الجوية في ودمجت جميعها في نظام GIS (Bakir et al, 2008, 81). وقد بينت العديد من الأبحاث أن استخدام حصاد مياه الأمطار يعتبر استراتيجية تكيفية لمواجهة التحديات الناجمة عن نقص المياه والجفاف في معظم المناطق التي تتسم بالهطول غير المنتظم للأمطار بسبب التقلبات المناخية، وأشار العديد من الباحثين إلى ضرورة زيادة المعرفة والتقييم للأراضي المنتجة في المناطق التي تتوافر فيها المياه لتطبيق حصاد مياه الأمطار بالشكل الأمثل (CDE, 2019, 1). إن عدم انتظام توزع الهطول المطري يعيق الزراعة رغم توافر كل الشروط الأخرى المواتية، فيعمل حصاد مياه الأمطار على إصلاح هذه المشكلة ويجعل الزراعة ممكنة (حاجم وآخرون، 2005، 50). حددت منظمة الأغذية والزراعة العالمية عوامل رئيسية يتم أخذها في الاعتبار عند تحديد مواقع حصاد مياه الأمطار، ويمكن تلخيص هذه العوامل كالتالي، ميل الأرض (التضاريس) slope، استعمالات الأراضي land use، الهطول المطري (المناخ) rainfall، الهيدرولوجيا rainfall-runoff (علاقات الجريان السطحي للأمطار)، التربة soil (القوام)، القضايا الاجتماعية والاقتصادية من إمكانية الوصول للمنطقة و تكلفة تنفيذ المشروع و عدد السكان، وقوانين المياه في المنطقة، وبذلك يمكن تطوير نموذج ناجح لجمع مياه الأمطار (FAO, 2014, 4). في دراسة أُخرى في الهند أكد باحث أن نظام المعلومات الجغرافي (GIS) مهم لمساعدة صناع القرار في تحديد المناطق المناسبة لحصاد مياه الأمطار بناءً على الخصائص الفيزيائية والهيدرولوجية لمنطقة حوض الدراسة (Prasad et al, 2014, 1471).

2. مواد البحث وطرائقه:

1-2-منطقة الدراسة: نُفذ البحث في ناحية صبورة في مدينة السلمية التابعة لمحافظة حماة في سورية (الشكل 1)، تقع المنطقة شمال شرق حوض العاصي ويحدها من الشرق حوض البادية، تعتمد جميع قرى الصبورة على إنتاجها الزراعي، تقدر مساحة ناحية صبورة بـ 463 Km^2 وتضم 28 قرية وبعد تحديد الحوض الساكن المؤثر بمنطقة الدراسة امتدت منطقة الدراسة شرقاً لتصبح المساحة المدروسة 624 Km^2 لتضم 44 قرية، بالنسبة لمتوسط الهطول السنوي للمنطقة بلغ 278.2 مم. متوسط ارتفاع المنطقة عن سطح البحر 581 متر، يصل ارتفاعها في الجنوب الشرقي إلى 774 متر وينخفض الارتفاع تدريجياً نحو الأراضي الشمالية الغربية من الحوض ليصل إلى 389 متر عن سطح البحر.



الشكل(1): موقع الدراسة

يصل معدل التبخر اليومي صيفا إلى 9.2 مم/يوم بمتوسط سنوي 4.3 مم/يوم، لايوجد أنهار دائمة الجريان في منطقة الدراسة بل يوجد أودية سيلية تتشكل فيها جريانات بعد الهطول المطري، بالنسبة للآبار يرتبط نظام المياه الجوفية ارتباطاً وثيقاً مع الهطول المطري وهي مياه غير مضغوطة.

2-2- جمع البيانات:

تم الحصول على البيانات المطلوبة من الجهات المعنية (هيئة الاستشعار عن بعد، مديرية الأرصاد الجوية، مديرية عقارات حماه، وزارة الزراعة، مديرية الموارد المائية)، وهي خرائط طبوغرافية بمقياس 1/25000 تحوي المعالم الأرضية والمسيلات المائية بالإضافة لبيانات القمر الصناعي Sentinel-2 10م ونموذج الارتفاع الرقمي DEM ASTER 30م. تم الحصول على مجموعة رقع لصور فضائية بدقة عالية من هيئة الاستشعار عن بعد، بالإضافة لبيانات الهطول المطري اليومية لمدة 22 عاماً (2000-2021) ، وتم جمع عينات تربة حقلية من أجل تحليلها.

2-3- طرائق الدراسة:

أجري العمل الميداني والتحليلات المخبرية والتدقيق الحقلية خلال أعوام 2020-2021، وأجريت التحليلات المخبرية في مخابر كلية الزراعة جامعة دمشق. فُسم العمل الى جزء مكتبي وجزء حقلية، تم إتباع المراحل التالية في العمل:

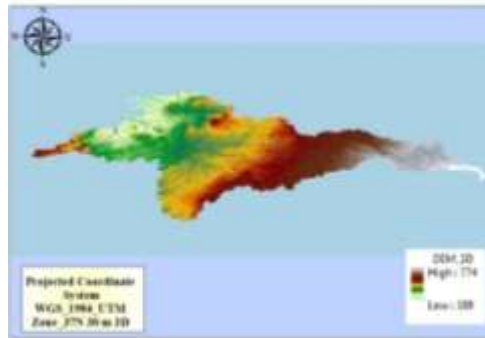
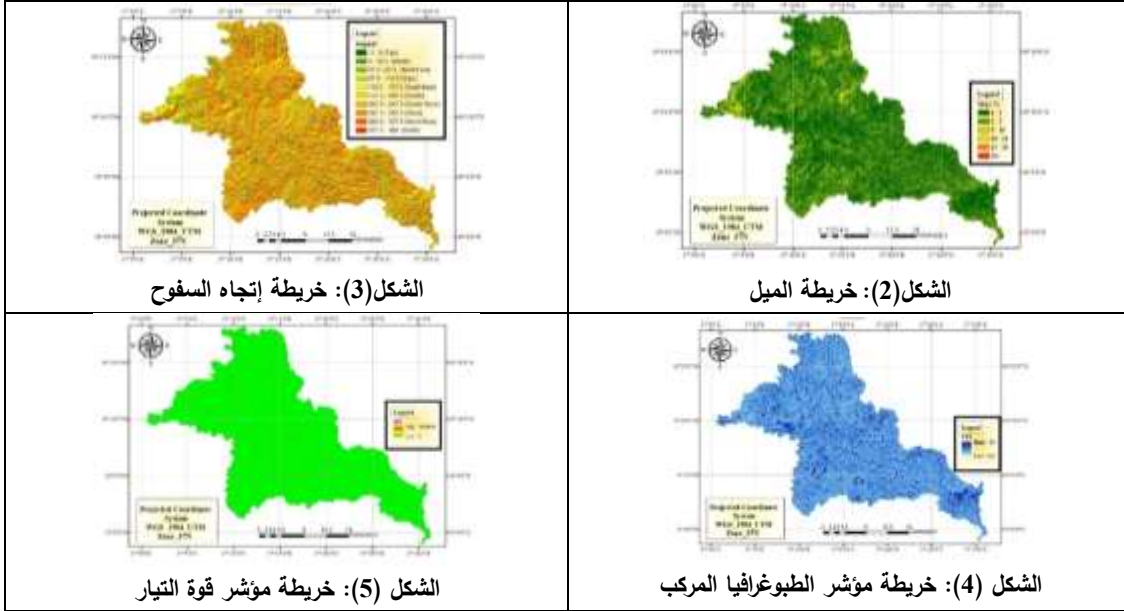
1-3-2. الدراسة الهيدرولوجية الأولية: تمت الدراسة الهيدرولوجية باستخدام النموذج الارتفاع الرقمي DEM من نوع ASTER بدقة 30 m و باستخدام الأداة Arc Hydro tool من برنامج ArcGIS، وذلك من أجل حصر منطقة الدراسة بحدود هيدرولوجية بعيداً عن الحدود الإدارية كونها لا تستند لتقسيمات حسب الأحواض لتصبح المساحة المدروسة 624 Km^2 .

2-3-2. تحليل ورقمنة البيانات وإخراج الخرائط:

1.2-3-2. التحليل الطبوغرافي أعطى هذا التحليل الخرائط التالية:

- **خريطة الميل:** أوضحت خريطة الميل (الشكل 2) أن أعلى قيمة للإحدار توجد في الجزء الغربي من الحوض بنسبة صغيرة والمساحة الأكبر من الأرض عبارة عن أرض منبسطة
- **خريطة اتجاه السفوح:** تم اشتقاق خريطة اتجاه السفوح باستخدام الارتفاع الرقمي (الشكل 3)، حيث حاز اتجاه شمال غرب على أعلى مساحة، وهذا يشير على إتجاه ميل المنطقة من الجنوب الشرقي بإتجاه الشمال الغربي وهذا يعطي فهم أكثر لطبيعة المنطقة.
- **خريطة مؤشر الطبوغرافيا المركب (CTI):** تم تحديد مناطق تجمع المياه من خلال حساب مؤشر الطبوغرافيا المركب (CTI) Compound Topographic Index (الشكل 4).

- خريطة مؤشر قوة التيار (SPI): يمكن استخدام مؤشر قوة التيار لوصف التآكل المحتمل حدوثه عند نقطة معينة الحوض (الشكل 5)، ويمكن من خلاله تحديد الأماكن التي يكون فيها السيل أعظمي.
- تمثيل ثلاثي الأبعاد لمنطقة الدراسة: أُجري تمثيل ثلاثي الأبعاد باستخدام Arc Scene 10.6 لفهم أعمق لطبوغرافيا المنطقة (الشكل 6).



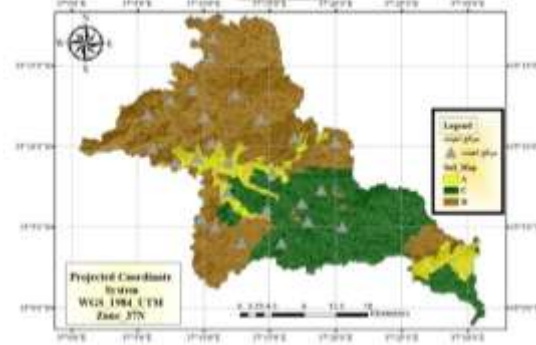
الشكل (6): تمثيل ثلاثي الأبعاد لمنطقة الدراسة

- 2.2-3-2. خريطة التربة Soil Map: تم تنفيذ دراسة التربة على ثلاث مراحل: 1- مرحلة مكتبية 2- مرحلة حقلية 3- مرحلة مخبرية
- المرحلة المكتبية: تم إنشاء خريطة فيزيوغرافية للتربة بالاعتماد على تقسيم منطقة الدراسة الى وحدات فيزيوغرافية، تُعرف الوحدة الفيزيوجرافية على أنها وحدة طبيعية ذات مساحة محددة من سطح الارض لها الخصائص الطبيعية نفسها، تمتلك نفس

الخواص من التكوين الجيولوجي ونفس استعمالات الأراضي ودرجة الانحدار ولون التربة والهطول المطري والعوامل الهيدرولوجية وعوامل أخرى حسب الهدف من الدراسة، ومن أجل إعداد خريطة التربة يجب إنشاء الخريطة الفيزيوجرافية للمنطقة، ومن ثم أخذ عينات من الوحدات الفيزيوجرافية المختلفة. وتمّ تعميم النتائج على الوحدات الفيزيوجرافية المتشابهة (EI- Hassan *et al*, 2020)، فُسمت المنطقة الى وحدات فيزيوجرافية بالاعتماد على طبيعة الصخور والمعادن التي تشكلت منها (الاساس الجيولوجي للصخور) حيث أعتد قوام التربة Soil Texture حسب التصنيف الأمريكي للترب الذي يستند في تقسيمه على حجم الحبيبات تم الحصول على الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة ثم تم إرجاعها، وتبين وجود 7 وحدات فيزيوجرافية، تم أخذ عينات من كل وحدة فيزيوجرافية وتحليلها مخبرياً، تسود التوضعات الجيولوجية العائدة لعمر النيوجين BN1 في الجزء الغربي والنيوجين باليوجين التي تحتوي البازلت في الجزء الاقصى الغربي و تتوات طبقات الباليوجين PG1 و PG2 و PG2p (أيوسين) في الجزء الشمالي والشمالي الغربي، وشوهدت الرسوبيات التي تعود للحقب الرابع الهولوسين Q2 في وسط الحوض، في الجنوب الشرقي تسود التوضعات الجيولوجية العائدة لعمر النيوجين (الباليوسين) BN2 الذي. بعد أخذ عينات من هذه الوحدات الفيزيوجرافية تم إجراء تحليل القوام مخبرياً.

- **المرحلة الحقلية:** تمّ أخذ 26 عينة تربة حقلية من الوحدات الفيزيوجرافية الـ7 موزعة بحيث تغطي كامل منطقة الدراسة (الشكل 7)، رُفعت الإحداثيات باستخدام جهاز GPS

- **المرحلة المخبرية:** تمّ إجراء تحليل القوام في مخبر قسم الهندسة الريفية وقسم علوم التربة بطريقة الهيدرومتر، وتم التقسيم حسب تصنيف الترب الهيدرولوجي الأمريكي (USDA,2009,2). بعد توزيع نتائج العينات على الوحدات الفيزيوجرافية تم إنتاج خريطة التربة (الشكل 7)، تبين أنه في الجزء الشمالي والجنوبي الغربي من الحوض كان تصنيف التربة D (طينية عميقة) هو الأكثر امتداداً تلاها في الجزء الجنوبي الشرقي تربة صنف C (طينية رملية لومية) في وسط الحوض كانت التربة صنف A (رملية).

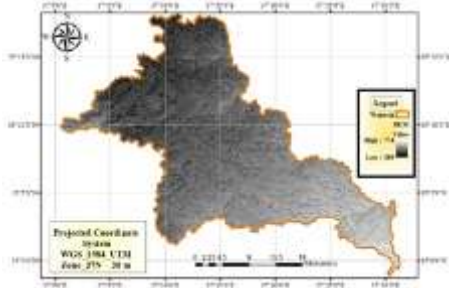


الشكل(7): خريطة التربة ونقاط اخذ العينات

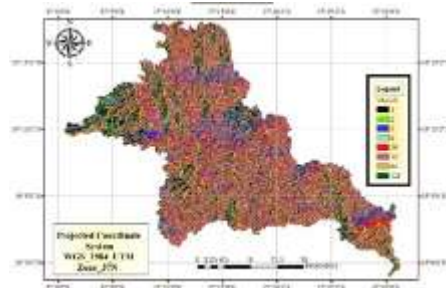
3-2-3.2. **التحليل الهيدرولوجي الثانوي:** أظهر نموذج الارتفاع الرقمي لمنطقة الدراسة أن أعلى ارتفاع 774 m تركز في الجزء الجنوبي الشرقي من الحوض وينخفض الارتفاع تدريجياً نحو الأراضي الشمالية الغربية من الحوض ليصل الى 389 m (الشكل 8) نتج عن هذا التحليل كل من الخرائط التالية:

- **خريطة الجريان Flow Direction:** تم استنباط خريطة الجريان (الشكل 9) وهي خطوة مهمة جداً لمعرفة ما يحصل على الأرض.

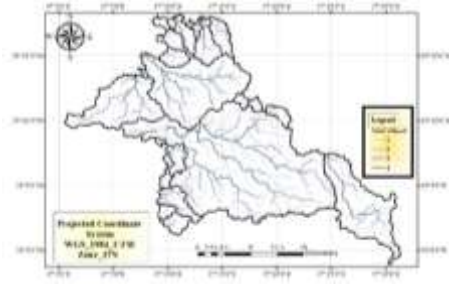
- **الأحواض الفرعية:** تبين لدينا 24 حوض، تم اختزالها حسب خريطة الملائمة وتبقى 11 حوض فرعي (الشكل 10)، ومن ثم تم تحديد نقاط التصريف pour points.
- **المسيلات المائية:** تم استخراج المسيلات المائية وتحديد رتبها حيث تبين وجود 4 رتب (الشكل 11)، وتم مقارنتها مع مسيلات الخارطة الورقية 1/25000 التي تم ارجاعها وتدقيقها على الـ ArcMap 10.6.1 وتم زيادة دقة المسيلات عبر الأداة Stream Definition.



الشكل (9): خريطة الجريان



الشكل (8): نموذج الارتفاع الرقمي



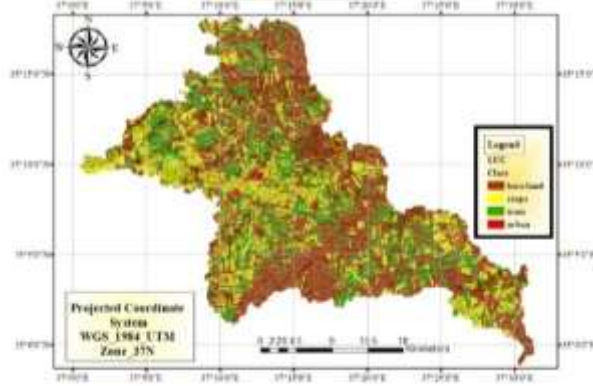
الشكل (11): المسيلات المائية



الشكل (10): الأحواض الفرعية

- 4.2-3-2. خريطة استعمالات الأراضي:** تفيد خريطة استعمالات الأراضي في انتاج خريطة رقم المنحني بالإضافة الى تحديد الموقع الأمثل لاستثمار المياه المجمعة، تم العمل على مرحلتين مرحلة مكتبية ومرحلة تدقيق حقلية:
- **المرحلة المكتبية:** إن إعداد خريطة استعمالات الأراضي يعتمد بشكل رئيس على الصور الفضائية والتدقيق الحقلية، تم تحميل مرئية من القمر الصناعي Sentinel-2 بدقة 10 m ملتقطه بتاريخ 23/3/2020 كما تم الحصول على مجموعة رقع لصور فضائية بدقة 40 cm من هيئة الاستشعار، تم عمل موزاييك لها ودمجها بخارطة طبوغرافية 1/25000، تم الحصول على Land Use بالاعتماد على طريقة التفسير البصري (Visual Interpretation) وهو أدق طريقة للتمييز بين المعالم الأرضية من أجل رسم استعمالات الأراضي، وذلك برسم المعالم الأرضية على شكل مضلعات في الـ ARC MAP ومن ثم إعطاء كل مضلع تصنيفه المناسب، وكانت هذه الطريقة الرئيسية في استخراج خارطة استعمالات الأراضي (الشكل 12) وتوزعت المساحات حسب الاستخدام كما في (الجدول 2).

- **مرحلة التدقيق الحقلية:** تم أخذ نقاط تدقيق حقلية (106 نقطة) ثم تم التوجه الى احداثيات تلك النقاط باصطحاب الكمبيوتر المحمول ليتم التعديل وأخذ الاحداثيات مباشرة والتحقق من التطابق في استخدام الأرض، تم استخدام جهاز GPS، تبين تطابق النقاط على أرض الواقع مع الخريطة ويعود ذلك لدقة الخريطة الفضائية المستخدمة و تاريخ التقاطها الحديث والإطلاع السابق على طبيعة أراضي وزراعات المنطقة.

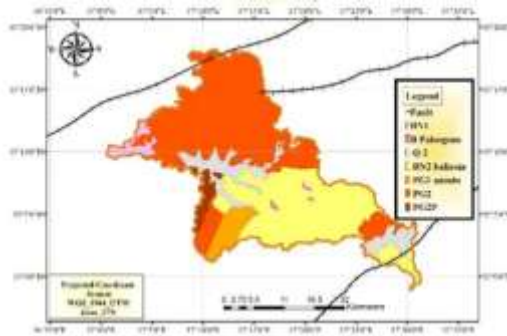


الشكل(12): خريطة استعمالات الأراضي

الجدول(2): توزيع المساحات حسب استعمالات الأراضي

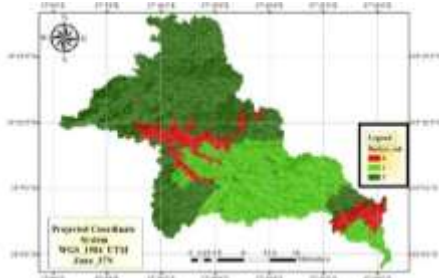
التصنيف	المساحة km ²	النسبة
أراضي بور	379.91	60.9%
حضري	8.01	1.2%
أشجار	71.00	11.3%
محاصيل	165.16	26.4%
∑	624.08	100%

5.2-3-2. دراسة الوضع التكتوني لمنطقة الدراسة: إن توضع الفوالق يشكل عتبة في تحديد الأماكن المناسبة لإنشاء الحفائر وهو أمر مهم جدا يجب أخذه في عين الاعتبار (Shatnawi, 2006)، تم وضع مسافة حرم للصدوع لأنها تمثل مناطق ضعف وتسرب مياه وليست مناسبة لبناء السدود (Forzieri et al, 2008)، تم تحديد موقع الفوالق (الشكل 13) من خلال ارجاع خريطة فوالق سوريا وتم أخذ حرم على جانبي الفالق بمسافة 1 كم² ستكون خارج منطقة الملائمة.

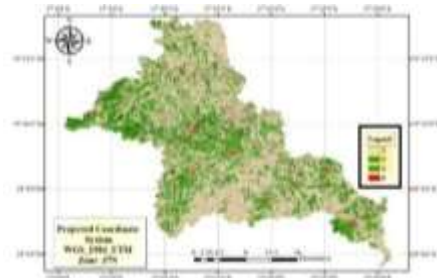


الشكل(13): الخريطة الجيولوجية والفوالق

6.2-3-2. وضع المعايير الملاعبة لاختيار المواقع المناسبة لحصاد مياه الأمطار: من أجل تحديد موقع إنشاء سد هناك معايير أساسية يجب الأخذ بها، ومن البديهي أنه قل ما يوجد موقع تتوفر فيه جميع هذه المعايير (الصندوق الدولي للتنمية الزراعية، 2013، 7)، وفي ظروف منطقة الدراسة أخذت المعايير التالية وهي (مناطق الاستثمار الأمثل لمياه السد (الشكل 14) - التربة (الشكل 15) - الميل (الشكل 16) - الموقع على مسيل مائي (الشكل 17) - الموقع بالنسبة للسدود القديمة (الشكل 18) - المسافة من الطرقات (الشكل 19) - المسافة من الأماكن السكنية (الشكل 20) - المسافة من خط النفط (الشكل 21) - المسافة من الفوالق (الشكل 22). وتم تصنيف المعايير التي تم أخذها كما في (الجدول 3).



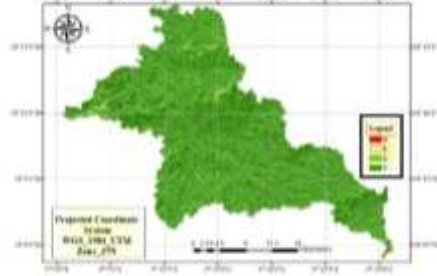
الشكل (15): خريطة الملاعبة حسب نوع التربة



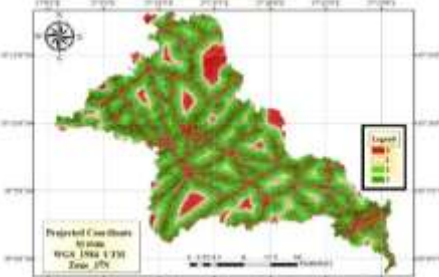
الشكل (14): خريطة الملاعبة لمناطق الاستثمار



الشكل (17): خريطة الموقع ضمن مسيل مائي



الشكل (16): خريطة الملاعبة لدرجة ميل الأرض



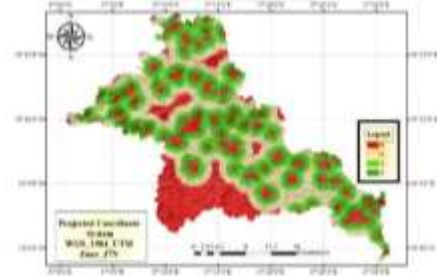
الشكل (19): خريطة الملاعبة للمسافة من الطرقات



الشكل (18): خريطة الملاعبة للمسافة عن السدود



الشكل (21): خريطة الملاعبة للمسافة من خط النفط



الشكل (20): خريطة الملاعبة للأماكن السكنية



الشكل (22): خريطة الملاحة للمسافة من الفوالق

الجدول (3) درجات الملاحة لمعايير اختيار موقع الحفير

درجات الملاحة للمسافة عن السدود (كم)		درجات الملاحة لميل الأرض (%)		الملاحة حسب نوع التربة		الملاحة لمناطق الاستثمار الأمثل		درجات الملاحة	
الوصف	القيمة	الوصف	القيمة	الوصف	القيمة	الوصف	الوصف	القيمة	الوصف
0	0 – 0.500	0	24 – 20	0	A	1	bare land	0	غير ملائم
3	0.500 <	1	8 – 20	1	B	0	Urban	1	قليل الملاحة
يوجد سدان (رسم الأحمر – عقارب الصافية)		2	4 – 8	2	C	3	Crops	2	ملائم
		3	0 – 4	3	D	3	Trees	3	عالي الملاحة

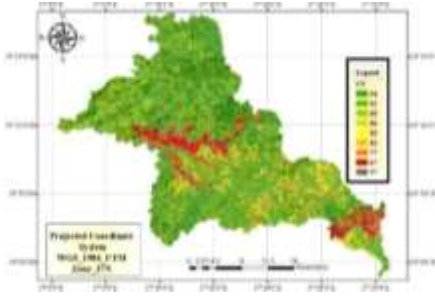
الجدول (4): درجات الملاحة لمعايير اختيار موقع الحفير

درجات الملاحة للموقع ضمن مسيل مائي (م)		الملاحة للمسافة من الفوالق (كم)		الملاحة للمسافة من خط النفط (كم)		الملاحة لمسافة الأماكن السكنية (كم)		الملاحة حسب المسافة من الطرقات (كم)	
الوصف	القيمة	الوصف	القيمة	الوصف	القيمة	الوصف	الوصف	الوصف	القيمة
0	خارج المسيل المائي < 150	0	على جانبي الفالق (1) على كل جانب	0	على جانبي خط النفط 0.500 على كل جانب	0	2.25 <	0	1.6 <
						1	1.250 – 2.250	1	1.1 – 1.6
3	على جانبي المسيل المائي (150) على كل جانب	3	1 < على كل جانب	3	0.500 < على كل جانب	2	0.750 – 1.250	2	0.6 – 1.1
						3	0.250 - 0.750	3	0.1 – 0.6
يجب أن يكون السد على		(0 – 1)		(0 – 0.500)		(0- 0.250)		(0 – 0.100)	

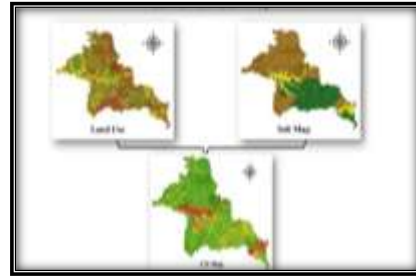
تؤخذ كحرم (buffer)	تؤخذ كحرم (buffer)	تؤخذ كحرم (buffer)	تؤخذ كحرم (buffer)	مسيل مائي
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	-----------

7.2-3-2. اعداد نموذج Soil Conservation Service (SCS-CN): يعتمد النموذج على حساب الجريان السطحي بناءً على خريطة رقم المنحني (Curve Number) وعلى بيانات هطول مطرية يومية، تم العمل على ثلاث مراحل:

- اعداد خريطة رقم المنحني: تم اخراج خريطة رقم المنحني في برمجية ArcGIS بدمج قيم كل من خريطة استخدام الأراضي و خريطة التربة حسب التقسيم الهيدرولوجي، وأخذت القيم من جداول منشورة من قبل (USDA) وزارة الزراعة الأميركية (Jabri et al, 2020, 6)، تمت العمليات باستخدام شريط أدوات HECGeoHMS حيث أخذت خريطة التربة واستعملات الأرض وتم دمجهم (الشكل 23)، وتم اخراج خريطة ال CN (الشكل 24).



الشكل (24): خريطة رقم المنحني



الشكل (23): دمج خريطة التربة واستخدام الأراضي

- معالجة بيانات الهطول المطرية: تم الحصول على بيانات هطول مطري يومية لمد 22 عاماً (2000- 2021) لثلاث محطات تغطي منطقة الدراسة (المبعوجة، سلمية، أثريا)، تمّ حساب متوسط الأمطار حسب طريقة تايسون (الشكل 25) ليتم استخدامها لاحقاً في حساب الجريان السطحي لكل موقع، تم حساب احتمالية وفترة تكرار الأمطار السنوية (الشكل 26) (الجدول 4).

- حساب الجريان السطحي: تمّ حساب الجريان السطحي من المعادلات (1) و (2) و (3) وكان شرط تطبيق المعادلة $(P > Ia)$ ، وتمّ حساب CN2 و CN3 وتم الاختيار بناءً على رطوبة التربة قبل 5 أيام.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (1)$$

حيث P : هطول الأمطار اليومي (مم).

S: الحد الأقصى المُحتمل لاحتفاظ التربة بالماء.

Q: الجريان السطحي (مم).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

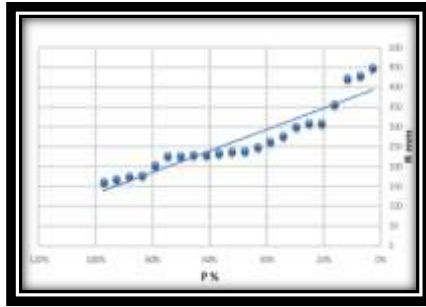
حيث: CN : رقم المنحني

$$Ia = 0.2 S \quad (3)$$

حيث: Ia: الاعتراض الأولي قبل بدء الجريان

الجدول(4): احتمالية وفترة تكرار الأمطار السنوية

السنة	الهطول R (mm)	ترتيب القيمة M	الاحتمالية P (%)	التكرار T	السنة	الهطول R(mm)	ترتيب القيمة M	الاحتمالية P (%)	التكرار T
2003	448.5	1	3%	35.60	2016	237.5	12	52%	1.91
2013	429.3	2	7%	13.69	2006	233	13	57%	1.76
2018	422	3	12%	8.48	2005	229.8	14	61%	1.63
2012	356.9	4	16%	6.14	2019	228.9	15	66%	1.52
2011	309.4	5	21%	4.81	2001	226.4	16	70%	1.42
2007	308.4	6	25%	3.96	2008	226	17	75%	1.34
2004	301.1	7	30%	3.36	2021	203	18	79%	1.26
2009	277.1	8	34%	2.92	2010	178.3	19	84%	1.19
2002	263.2	9	39%	2.58	2020	175.3	20	88%	1.13
2014	248.8	10	43%	2.31	2000	167.9	21	93%	1.08
2015	238.9	11	48%	2.09	2017	161.5	22	97%	1.03



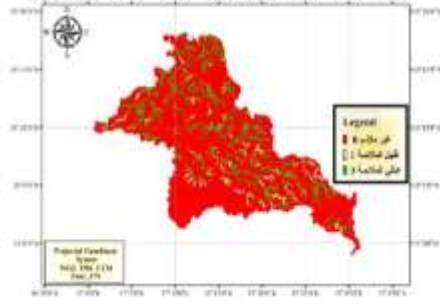
الشكل(26): احتمالية الأمطار السنوية



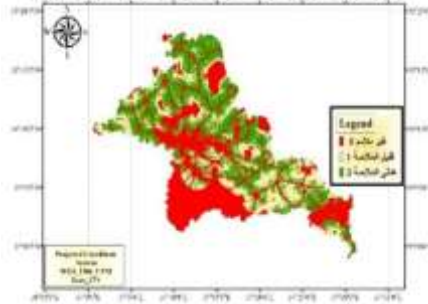
الشكل(25): توزيع المحطات حسب مضع تايسون

النتائج والمناقشة:

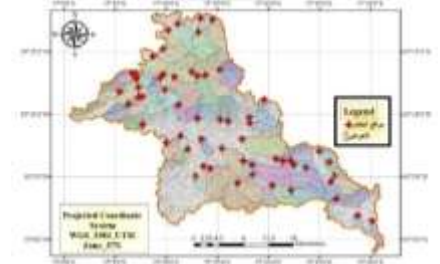
بعد وضع خرائط للمعايير التي تم أخذها بعين الاعتبار تم إخراج خريطة الملاءمة الأولية (الشكل 27)، حيث تم مقاطعة خرائط المعايير جميعها في برمجية نظم المعلومات الجغرافية باستخدام أداة weighted overlay على اعتبار أن جميع المعايير متساوية في الأهمية، بلغت مساحة المواقع الملائمة لحصاد مياه الأمطار 380 Km^2 بنسبة 61% وذلك قبل حصرها بأن يكون الموقع على مسيل مائي، وبعد حصر الموقع على مسيل مائي تم إخراج خريطة الملائمة النهائية (الشكل 28) حيث بلغت المساحة Km^2 119 بنسبة 19%، تم اختيار 58 موقع مناسب يقع على مسيل مائي وضمن خريطة الملائمة النهائية (الشكل 29) (الجدول 5)، وتحديد حوض كل موقع على حدة، بعد اختيار المواقع، تم تحديد الأحواض لكل موقع على حدة (الشكل 30)، ثم وفق نموذج طريقة SCS CN تم حساب متوسط رقم المنحني لكل حوض وحساب الجريان حسب الهطولات المطرية اليومية (جدول 5)، وبمعرفة قيمة الهطول السنوي وكمية الجريان تم حساب معامل الجريان السطحي لكل حوض (جدول 5)، وبلغ متوسط معامل الجريان السطحي 0.03 وهذا يتطابق مع البيانات المأخوذة من مديرية الموارد المائية عن منطقة الدراسة.



الشكل(28): خريطة الملاءمة النهائية



الشكل(27): خريطة الملاءمة الأولية



الشكل(30): أحواض المواقع المختارة



الشكل(29): المواقع المختارة

الجدول(5): جريان الأحواض حسب الهطولات المطرية اليومي

الحوض الفرعي	رقم الحوض N	مساحة الحوض A km ²	رقم المنحني CN	الجريان السطحي Q mm	حجم الجريان V m ³	معامل الجريان α	إحداثيات السد (X,Y)	
							X	Y
B1	1	2.89	81.9	0.44	1274.06	0.002	37.2244	35.1333
	3	5.45	92.1	10.28	56053.56	0.051	37.2680	35.1571
	4	26.99	88.4	3.57	96433.16	0.018	37.3570	35.1043
	5	7.97	89.0	4.34	34569.98	0.021	37.3697	35.1049
	8	7.19	89.0	4.26	30660.95	0.021	37.2186	35.1608
	20	6.70	88.6	3.85	25802.54	0.019	37.3947	35.0958
	21	10.89	88.4	3.58	39050.02	0.018	37.3747	35.0990
	22	28.85	88.4	3.58	103406.92	0.018	37.3460	35.1069
	23	6.97	88.0	3.23	22560.15	0.016	37.3705	35.0655
	24	15.64	88.8	4.08	63873.55	0.020	37.3404	35.0717
	25	11.38	88.5	3.73	42399.53	0.018	37.3072	35.0991
	26	24.79	88.9	4.14	102736.43	0.020	37.3076	35.0861
	27	40.50	88.8	4.14	167844.61	0.020	37.2935	35.1042
	28	9.15	88.4	3.57	32693.40	0.018	37.2838	35.0747
	29	19.53	89.1	4.40	85838.06	0.022	37.2906	35.1335
	30	5.00	92.3	10.97	54842.16	0.054	37.3031	35.1551
	31	6.13	88.0	3.19	19535.50	0.016	37.3027	35.1627
	33	2.31	92.2	10.53	24323.06	0.052	37.2554	35.1595
	34	50.15	88.6	3.84	192501.24	0.019	37.2574	35.1211
	35	41.01	89.6	5.15	211116.84	0.025	37.2384	35.0944
36	35.81	89.4	4.81	172401.74	0.024	37.2281	35.0977	
37	2.83	92.6	12.01	34000.33	0.059	37.2155	35.0840	
38	2.07	85.3	1.39	2872.93	0.007	37.2020	35.1200	
39	5.53	84.0	0.89	4931.34	0.004	37.1905	35.1379	
9	4.81	87.7	2.92	14075.86	0.014	37.1281	35.1527	

B2	40	6.53	92.6	11.99	78220.06	0.059	37.2310	35.2184
	41	4.05	91.5	8.75	35441.65	0.043	37.1576	35.2151
	42	6.61	85.9	1.68	11084.33	0.008	37.1873	35.1789
	43	14.52	89.3	4.76	69102.93	0.023	37.1653	35.1995
	44	21.73	90.1	5.91	128471.36	0.029	37.1623	35.2197
	45	13.04	91.6	9.09	118537.03	0.045	37.1802	35.2162
	46	38.50	92.4	11.24	432628.59	0.055	37.2088	35.2230
	47	8.75	91.9	9.77	85491.13	0.048	37.2178	35.2175
	48	10.27	92.0	10.14	104077.19	0.050	37.2539	35.2255
	49	94.93	91.6	9.05	858857.07	0.045	37.1449	35.2432
B3	10	6.27	90.3	6.32	39606.97	0.031	37.1055	35.1802
	11	6.11	90.0	5.77	35252.96	0.028	37.1223	35.1896
	12	6.91	90.8	7.22	49901.55	0.036	37.1277	35.1899
	54	16.67	90.2	6.19	103266.93	0.031	37.0912	35.1965
	50	15.18	90.5	6.70	101787.26	0.033	37.1215	35.2023
	51	48.49	90.3	6.32	306301.80	0.031	37.1181	35.2137
	52	3.67	91.0	7.56	27714.95	0.037	37.1186	35.2184
	53	4.45	89.5	4.93	21953.62	0.024	37.1117	35.2211
B4	6	7.46	88.2	3.40	25341.78	0.017	37.4167	35.1173
	7	6.24	88.4	3.63	22644.93	0.018	37.4418	35.0843
	6	7.46	88.2	3.40	25341.78	0.017	37.4167	35.1173
	7	6.24	88.4	3.63	22644.93	0.018	37.4418	35.0843
	15	2.77	88.6	3.77	10443.09	0.019	37.4796	35.0319
	16	4.23	90.6	6.81	28813.97	0.034	37.5030	35.0243
	17	8.26	78.1	0.06	535.55	0.001	37.4449	35.0540
	18	15.09	81.9	0.44	6655.61	0.002	37.4361	35.0767
	19	2.40	89.0	4.35	10435.38	0.021	37.4338	35.1030
B5	56	9.29	92.1	10.29	95568.19	0.051	37.2198	35.2759
B6	57	14.06	92.4	11.15	156663.03	0.055	37.2228	35.2946
B7	55	6.19	91.6	9.07	56151.53	0.045	37.1868	35.2832
B8	58	8.66	93.8	16.35	141572.40	0.081	37.2426	35.2924
B9	32	2.27	92.9	13.00	29551.54	0.064	37.3280	35.1746
B10	13	7.46	92.7	12.18	90863.15	0.060	37.1617	35.2537
B11	14	4.00	91.5	8.85	35402.46	0.044	37.1704	35.2785
B12	2	7.44	85.4	1.42	10564.14	0.007	37.1671	35.1283

المصدر: عمل الطالب

الاستنتاجات:

1. تم التوصل إلى 58 موقعاً (جدول 5) هذه المواقع تغطي منطقة الدراسة، مما يجعل من تقنيه حصاد مياه الأمطار الحل الأمثل لتعويض الفارق بين الموارد المائية المتاحة والاستهلاك.

2. طريقة SCS CN هي من أدق الطرق في حساب الجريان كونها تأخذ بالاعتبار رطوبة التربة اي مجموع هطولات الخمسة ايام قبل حدوث الجريان.
3. من خلال حساب معامل الجريان السطحي السنوي، تبين عدم إمكانيه تعميمه على كل السنوات بنفس القيمة ولا يمكن تعميمه على مساحه كبيرة.
4. من خلال تحليل قيم الهطول المطري اليومية والسنوية تبين أن كمية الجريان السطحي لا يمكن ربطها بكمية الهطول السنوي فقط بل هناك عامل أهم وهو توزيع الهطولات المطرية وشدتها، حيث تبين انه كلما كانت غزارة العاصفة المطرية أكثر كلما كان جريان أكبر وكلما كانت الهطولات اليومية متتالية ومتقاربة أيضاً كان الجريان بكميات أكبر.
5. بتقييم الحفائر القديمة تبين أنها ليست جميعها مقامة في أماكن مناسبة وهناك اختلاف بسيط فقط في حساب الجريانات لان سعة تخزين السد المأخوذة من الموارد المائية تعتمد على طريقة المعامل الجريان السطحي السنوي.
6. من الخصائص الطبوغرافية لمنطقة الدراسة تبين أنه إذا كانت مساحة الحوض كبيرة سيكون الجريان كبير بغض النظر عن الميل.
7. يمكن استغلال الجريان السطحي لتغذية المياه الجوفية ولكن بعد دراسة الأحواض المائية الجوفية في المنطقة وهذا سيؤدي لرفع منسوب المياه الجوفي شريطة الحدّ من الانتشار العشوائي للآبار.

التوصيات والمقترحات:

1. التعاون مع الجهات المختلفة الداعمة والمنفذة لتطبيق هذه الدراسة لمعرفة مدى نجاعتها وتوسيعها على مستوى منطقة أكبر.
2. التأكد من صحة النتائج حقليا وخصوصاً المواقع المقامة على مسيلات من الدرجة الأولى وإصلاح الخطأ ان وجد اي خلل ومقارنتها بخرائط ورقية مرجعة لان الحساسية العالية للبرامج في نظم المعلومات الجغرافية تؤدي الى زيادة في تشعب مسيلات الدرجة الأولى، وضرورة نشر تقانة نظم المعلومات الجغرافية في كافة المجالات.
3. يوصى في حال اختيار أماكن في الحوض الواحد أو على نفس المسيل مراعاة أن الجريان السطحي سيقفل في موقع على حساب الآخر لذلك يوصى بعدم اقامة سدود متتالية أو على نفس المسيل المالي.
4. ضرورة توعية اهالي المنطقة على استثمار المياه المجمعة في السدود بطرق ري حديثة او طرق تقليدية ولكن مدروسة هندسياً.

التمويل : هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

References:

1. الصندوق الدولي للتنمية الزراعية، (2013). السدود الفيضية الصغير بموريتانيا، المدينة: فرنسا عدد الصفحات: 42.
2. حاجم، أحمد و ذيب، العويس. (2005). حصاد المياه في المناطق الجافة، مجلة الاستثمار الزراعي. العدد الثالث. الصفحات: 49-58.
3. Bakir, M. and Xingnan, Z. (2008)Gis and Remote Sensing Applications For Rain Water Harvisting In The Syrian Desert (Al-Badea). Research gate. 4/6/2021 Link: <https://www.researchgate.net/publication/229035679>
4. CDE Centre for Development and Environment (2013). Water Harvesting Guidelinesto Good Practice (CDE). Rome Number of page:85.
5. El-Hassan, R. and Hamal, O. and Idris, Y. (2020) Use of remote sensing and geographic information systems in mapping Soil- physiography and land use of selected area of Hasakah. J. Saudi Soc. for Agric. Sci., Vol. 18, No. 1a; 2019 page 95-106
6. FAO, (2014). Compendium on Rainwater Harvesting for Agriculture in the Caribbean Sub-region. Rome. Number of pages: 72.
7. Forzieri,G.,Gardenti,M.,Caparrini,F.,Castelli,F.(2008).Amethodology for the pre-selection of suitable site for surface and underground small dams in arid areas: A case study in the region of Kida ,Mali. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 33(1), pages : 74–85.
8. Gavit, B K. and Purohit, R C. and Singh P K. and Kothari M. and. Jain, H K. (2019) Rainwater Harvesting Structure Site Suitability Using Remote Sensing and GIS. Research gate. 1/6/2022. Link: <https://www.researchgate.net/publication/322638580>
9. Ibrahim, G F. and Rasul, A. and Hamid, A. and Fattah, Z.and Dewana, A. (2019) Suitable Site Selection for Rainwater Harvesting and Storage Case Study Using Dohuk Governorate. International Journal of water. 5/5/2020 Link: <https://www.mdpi.com/451664>
10. ICRAF (2007). Mapping the Potential of Rainwater Harvesting Technologies in Africa, A GIS overview and atlas of development domains for the continent and tenselected countries,ICRAF and UNEP. Number of pages: 120
11. Jabri, B. Hessane, M. (2020). Production of a Curve Number map using GIS Techniques in the watershed of the high Sebou (Morocco) 13/6/2022 link: 10.1051/e3sconf/202015003003

12. Prasad, H C. and Bhalla, P. and Palria, S. (2014). Site Suitability Analysis of Water Harvesting Structures Using Remote Sensing and GIS – A Case Study of Pisangan Watershed, Ajmer District, Rajasthan. The International Archives of the Photogrammetry. VIII Symposium, 09 – 12 December 2014, India pages: 1471-1482.
13. Rockström, J. (2000). Water resources management in smallholder farms in east and southern Africa: An overview. *Physics and Chemistry of the Earth (B)* 25 (3), pages:275–283.
14. Shatnawi G (2006). Determine the best sites for water harvesting projects (Dams & Hafirs) in Northeastern Badia using GIS applications, Unpublished M.Sc. thesis, Al Al-Bayt University, Jordan.
15. USDA. (2009). National Engineering Handbook National Engineering Handbook. United States Department of Agriculture. Number of pages: 13
16. USDA. (1986). United States Department of Agriculture - Natural Resource Conservation Service (USDA-NRCS), Urban Hydrology for Small Watersheds TR-55 Number of pages: 5

