حصاد مياه الأمطار دراسة حالة (منطقة البصيري) في بادية سورية

م. ربا إسماعيل الحمود

ملخص:

تعاني العديد من مناطق البادية من قلة المياه السطحية (الأمطار) وتذبذبها من عام لآخر، الأمر الذي يتطلب تنظيم أولويات استخدام المياه والتوسع في الأساليب والتقنيات المتطورة للمحافظة على المياه من خلال الاستفادة القصوى من مياه الأمطار بإقامة مشروعات الحصاد المائي.

ولأهمية هذا الموضوع تم اجراء دراسة تهدف الى تحديد أماكن المواقع الأكثر ملائمة للحصاد المائي بناءً على عدة معايير (طبوغرافية وجيولوجية وهيدرولوجية واستعمالات الأراضي) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد.

نتج عن هذه الدراسة تعيين 12 موقعاً ملائماً لإقامة سدات موزعة جغرافياً على كامل منطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: الحصاد المائي، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد.

Rainwater harvesting a case study (Al-Basiri Region) in Syrian Badia

Abstract:

Many regions in the Badia suffers from the lack of surface water and its' vacillate from year into year. And that matter needs to arrange the preferences of using water and wide the methods and developed techniques for saving water through highest using of rainwater by setting water harvesting projects.

Considering to the important significant of this subject, the study aims to identify suitable sites for Water harvesting based on many Standards (Topographic, Geological, Hydrological, Land uses), and that's by depending on applying geographical information systems and the remote sensing techniques.

This study resulted in identifying 12 suitable sites for the establishment of small dams distributed geographically over the entire study area.

Key words: Water harvesting, Geographic Information System, Remote Sensing.

1- مقدمة:

تشكل ندرة الموارد المائية في الدول العربية هاجساً كبيراً يحد من تنفيذ الخطط والبرامج المائية، الانمائية والخدمية، وقد أثر ذلك على رفاهية المواطن العربي وإنتاجيته وصحته وبيئته، إن مستوى استخدامات المياه أصبح معياراً حقيقياً لتحديد مدى تقدم المجتمع وتطوره. يزداد الاهتمام بوضع المياه في الوطن العربي نظراً لشحها والحاجة الماسة لها في مختلف مجالات التنمية، وتعتبر إدارة مياه الأمطار عن طريق ما يعرف بحصاد المياه من الوسائل المتاحة للتصدي لشح المياه بالدول العربية. [1]

تعتبر معدلات هطل الأمطار من أكثر الموارد الطبيعية أهمية في البيئات الجافة وشبه الجافة، وفي كثير من الدول العربية تشكل هذه المعدلات المصدر الوحيد لجريان المياه السطحية وتغذية المخزون الجوفي. وفي المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث تنعدم الأنهر دائمة الجريان وتصبح تقنية حصاد مياه الأمطار أكثر ملائمة لدعم الموارد المائية، ويقصد بحصاد مياه الأمطار تجميعها في عدة أشكال خلال فترة زمنية معينة من الدورة الهيدرولوجية التي تبدأ من وصول الأمطار الى أسطح المباني أو الأراضي وحتى مرحلة الجريان للمياه في شكل سيول أو بتحويل جزئي لتصريف الأودية والأنهار أو حجز مياه النهر أو الوادي عن طريق بناء سد في مجراه أو منشآت تحويلية بهدف التخزين والاستفادة من هذه المياه في أوقات انعدام هطل الأمطار أو أوقات الجفاف، حيث يقل تصريف أو يتوقف جريان الأودية. وتشكل الاستفادة من تجميع مياه الأمطار في المناطق الجافة وشبه الجافة، التي غالباً ما تهطل فيها الأمطار خلال أشهر قليلة من السنة، أهمية كبرى تفوق مثيلاتها في المناطق الرطبة، وتزداد أهميتها في المناطق التي تنعدم أو تقل فيها مصادر أخرى كالمياه الجوفية أو المياه المنقولة وتصبح في هذه الحالة الوسيلة الأكثر جدوى لتأمين حياة الانسان والحيوان والنبات. [1]

تنتشر في منطقة الدراسة شبكة من الأودية والمسيلات الموسمية متباينة في كثافتها تبعاً لطبوغرافية المنطقة ونوع التربة والبيئة التي تسود وكمية الهطول السنوي حيث تجري مياه هذه المسيلات عادة لفترات محدودة سنوياً تتراوح من بضع ساعات إلى عدة أيام وقد

تصل إلى أشهر وذلك تبعاً لظروف الهطول ونظراً لوجود إمكانيات فنية للاستفادة من الجريانات غير الدائمة ولافتقار المنطقة إلى مصادر مائية دائمة بحيث يتم اختيار أفضل المواقع من حيث المواصفات الليثولوجية والتكتونية والطبوغرافية لإنشاء سدود صغيرة وسدات لتحجز خلفها كميات لابأس بها من مياه الأمطار.

2- هدف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة حصاد مياه الأمطار في منطقة البصيري، باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

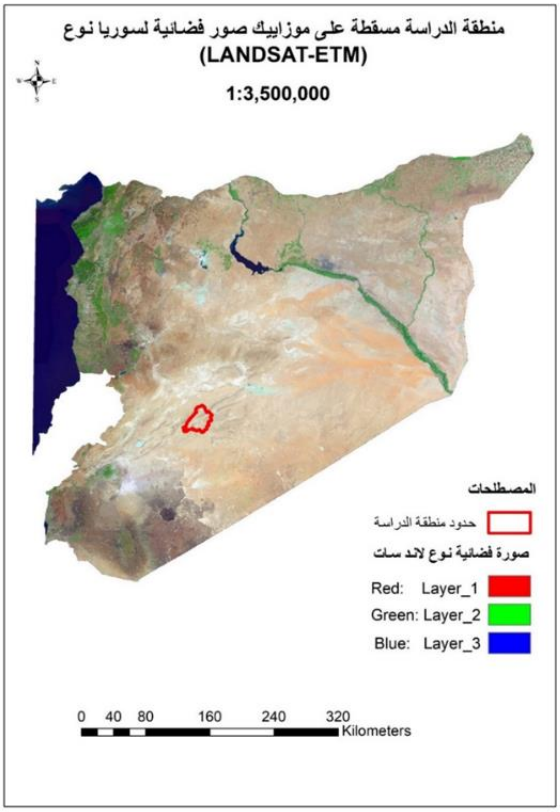
3- مواد وطرق البحث:

تعتمد منهجية العمل في تنفيذ البحث على الخطوات التالية:

- دراسة مرجعية.
- جمع البيانات المتعلقة بدراسة حصاد مياه الأمطار واجراء زيارات للموقع.
- إدخال البيانات على البرمجيات المتخصصة (GIS).
- تحليل النتائج بناء على المعايير.
- تحليل النتائج للوصول الى أفضل الأماكن لمنشآت حصاد المياه في منطقة الدراسة.

3-1 منطقة الدراسة:

واد في السلسلة التدمرية الجنوبية، منطقة تدمر، محافظة حمص، ضمن حوض البادية، يتشكل هذا الوادي من التقاء واديي البصيري ورماح عند خانق البصيري، وبعدها يتجه شمال – شرق نحو وادي الباردة (حيث أقيم سد خربقة) لينتهي في وادي خربقة، تبلغ مساحة منطقة الدراسة (661) كم^2، يبين الشكل (1) موقع منطقة الدراسة باللون الأحمر مسقط على موزاييك صور فضائية لسوريا.

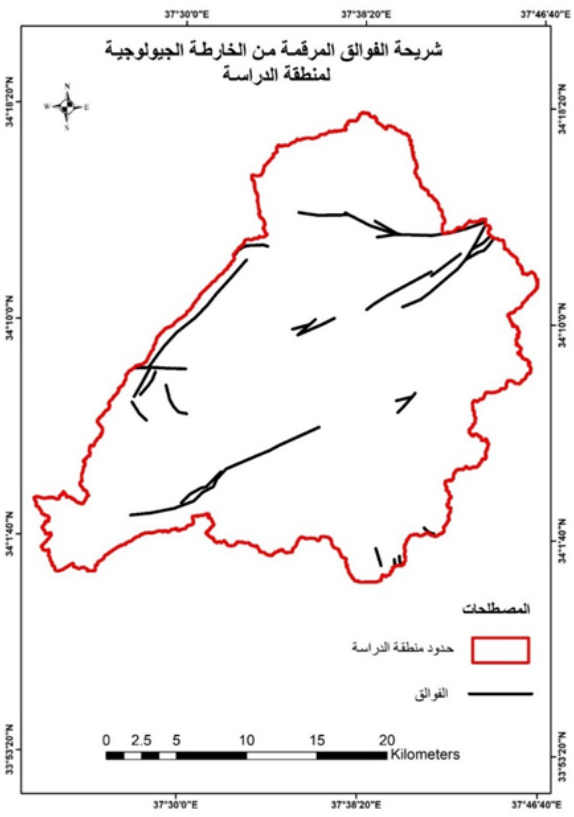


الشكل (1). منطقة الدراسة باللون الأحمر مسقطة على موزاييك صور فضائية لسوريا نوع لاندسات.

3-2 الخرائط والمخططات الغرضية الموضوعة:

3-2-1 الشريحة التكتونية:

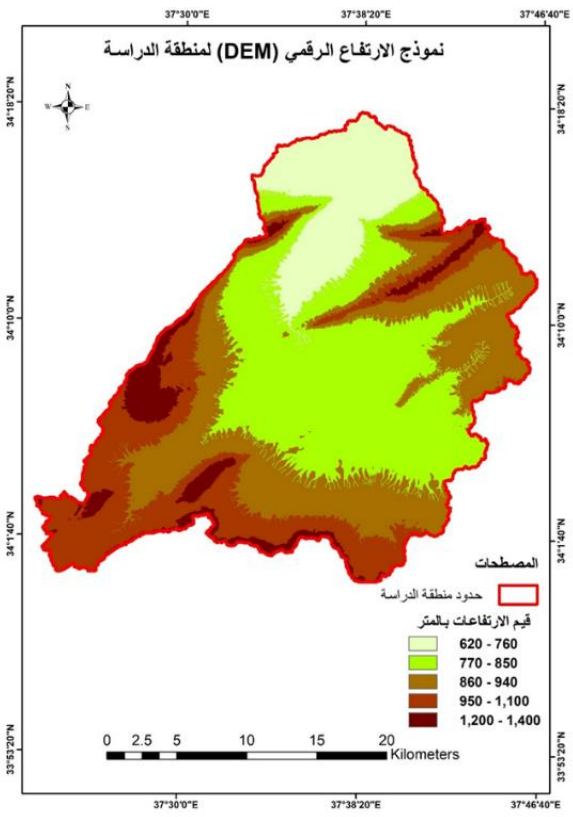
يلاحظ عدد من الفوالق القاطعة لمنطقة الدراسة ذات الاتجاهات شمال شرق – جنوب غرب وشرق – غرب الشكل (2)، تم ترقيم الفوالق من الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة.



الشكل (2). شريحة الفوالق من الخارطة الجيولوجية.

3-2-2 نموذج الارتفاع الرقمي (DEM):

تم إنتاج نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لمنطقة الدراسة من بيانات التابع الصنعي لاند سات (ETM) الشكل (3) والذي يشكل أساس للخطوات التالية، ويفيد هذا في استخلاص العديد من المعلومات المهمة بشكل آلي، مثل شبكة المسيلات المائية، حدود الحوضات الصبابة، مما يسهل تحديد مناطق التغذية وتحديد الحوض النهري واتجاهات الجريان، وبالتالي تحديد المواقع الأولية المناسبة لإقامة أنظمة حصاد المياه.



الشكل (3). نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لمنطقة الدراسة.

3-2-3 الشرائح والبيانات المستخلصة من (DEM):

انطلاقاً من نموذج الارتفاع الرقمي ال DEM تم استخدام أدوات (النمذجة الرقمية) Arc-Hydro ضمن بيئة برنامج نظام المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد العناصر التي تتحكم في حركة مياه الأمطار واتجاه جريانها وتجمعها بالمسيلات المائية وتحديد الحوضات الصبابة وذلك بإتباع الخطوات التالية: [15]

أ- تصحيح السطح التضريسي وإنتاج مخطط ملء الحفر (FILL SINKS):

عند إنتاج نموذج الارتفاعات الرقمي فقد تأخذ بعض خلاياه قيم شاذة ذات منسوب منخفض جداً وغير منطقي مقارنة بالخلايا المحيطة فتشكل نقاط صرف كاذبة تؤدي إلى

تجمع المياه فيها وتمنعها من الجريان بالاتجاه الصحيح. لذا يتم العمل على تصحيح هذه النقاط بإعطائها قيم ارتفاع مناسبة لما حولها، وانتاج ملف معدل خالي من مثل هذه الأخطاء والذي سيستخدم كأساس للخطوات اللاحقة.

ب – إنتاج شريحة اتجاه الجريان واتجاه التدفق Flow Direction (Fdr):

يتم تحديد اتجاه الجريان لكل حوض صباب بالاعتماد عل قيم الميل الناتجة من فرق إرتفاع الخلايا الممثلة لسطح الأرض في منطقة الدراسة، حيث يقوم Arc Hydro بإنشاء ملف شبكي Raster تأخذ كل خلية فيه قيمة تعبر عن اتجاه الجريان.

ج – إنتاج شريحة حساب تجميع الجريان Flow Accumulation (Fac):

وهنا يتم إنشاء ملف شبكي تحتوي كل خلية فيه على عدد الخلايا التي ستتدفق منها المياه إلى هذه الخلية، وبالتالي يمكن تحديد شكل المجاري الرئيسية لمنطقة الدراسة.

هـ– إنتاج شريحة المجاري المائية (Drainage Line Processing):

بعد تحديد المجاري المائية بشكل يتناسب مع الهدف من الدراسة باستخدام عملية Stream Definition (Str) كملف Raster يتم تنفيذ خطوة تقسيم المجاري المائية Strem Segmentation والتي تحتاج إلى ملفين شبكيين سبق إنشاؤهم وهما: ملف اتجاه الجريان (Fdr) وملف تحديد المجرى المائي (Str) وسوف يعطي الملف الناتج تقسيمات للمجاري المائية كملف Raster أيضاً.

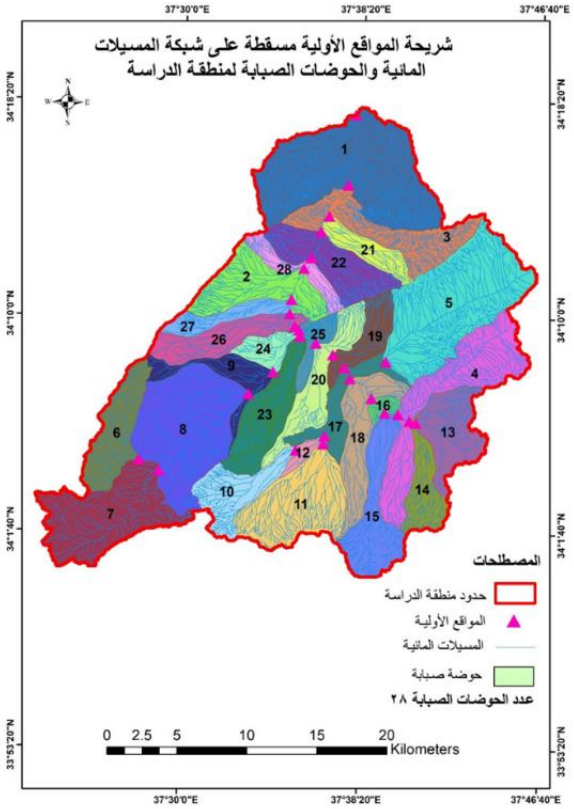
بعد ذلك يتم تحويل ملف المجاري المائية من ملف شبكي Raster إلى ملف خطي Vector يحتوي على خطوط المجاري المائية.

و– تحديد الأحواض المائية (Catchment Grid Delineation):

يتم إنشاء حدود الأحواض المائية باستخدام بيانات اتجاه الجريان وبيانات تجميع الجريان لرسم حدود الحوض آلياً، حيث يتم تحديد كل خلايا الشبكة المتجهة إلى نقطة تصريف ما، ورسم مضلع يحيط بتلك الخلايا. يمثل المضلع الناتج حدود حوض التصريف، يتم تحويل ملف الأحواض المائية المحددة من ملف شبكي Raster إلى ملف خطي مضلعات Vector وفقاً لعملية (Catchment Polygon Processing).

ز– شريحة المواقع الأولية (Drainage Point Processing):

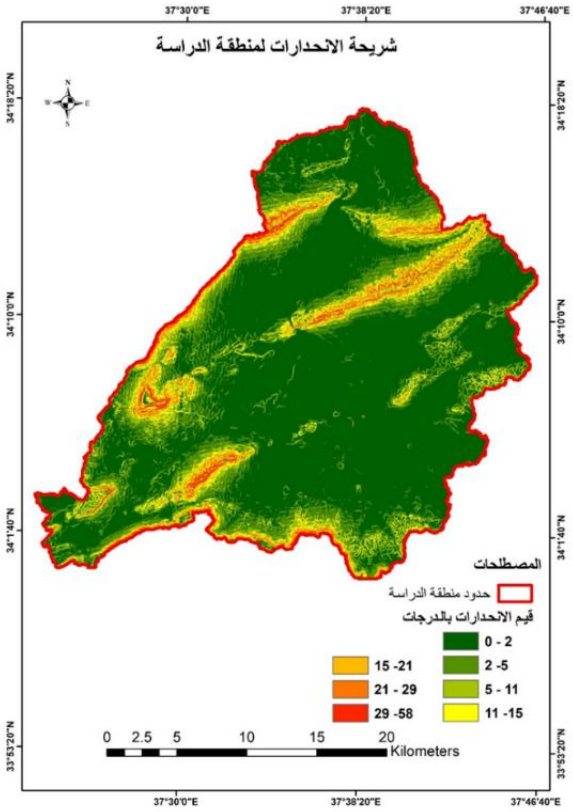
تم وضع شريحة المواقع الأولية من خلال عملية (Drainage Point Processing) استناداً إلى الخطوات السابقة وفقاً لأداة (Arc Hydro) ضمن بيئة برنامج المعلومات الجغرافي (GIS)، يبين الشكل (4) المواقع الأولية لحصاد المياه مسقطة على شريحة شبكة المسيلات المائية وعلى شريحة الحوضات الصبابة لمنطقة الدراسة.



الشكل (4). شريحة المواقع الأولية مسقطة على شريحتي شبكة المسيلات المائية والحوضات الصبابة لمنطقة الدراسة.

4-2-3 استنباط خريطة ميل الانحدارات (Slope):

يقصد بالانحدار ميل سطح الأرض عن خط الأفق، ويوضح الشكل(5) مخطط الانحدارات المنتجة بالاعتماد على نموذج الإرتفاع الرقمي، وتفيد معرفة الإنحدار عند تصميم السدات.

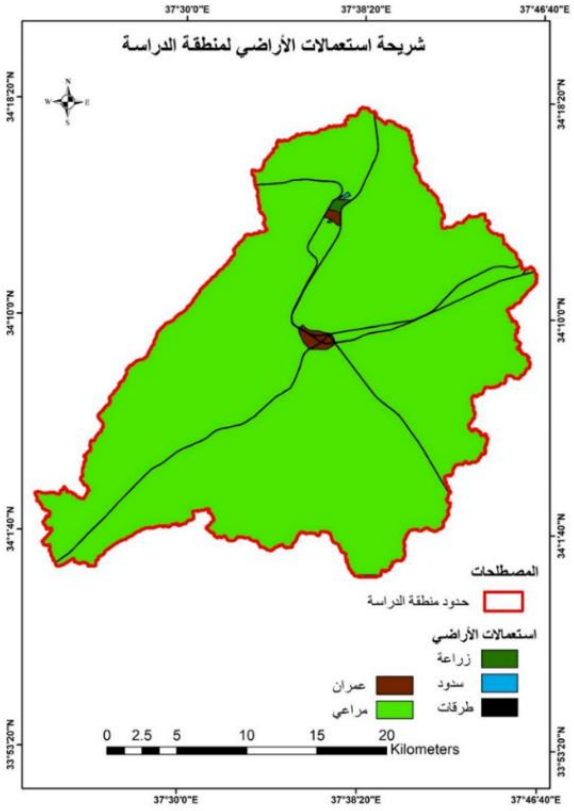


الشكل (5). شريحة الانحدارات لمنطقة الدراسة.

3-2-5 شريحة استعمالات الأراضي:

تم إعداد شريحة استعمالات الأراضي لمنطقة الدراسة من خلال تفسير الصورة الفضائية الشكل (6) كون الصور الفضائية تحتوي على بيانات غنية في هذا المجال وذلك بهدف إظهار إشغال الأرض وإبراز النشاط الزراعي وتمييز الأهداف ذات الأهمية الخاصة التي

لا يجوز إقامة منشآت هندسية أو صناعية عليها أو بالقرب منها وفقاً للمعايير المطبقة لهذا الغرض.



الشكل (6). شريحة استعمالات الأراضي لمنطقة الدراسة.

3-3 وضع المعايير المستخدمة في الدراسة:

تم اعتماد معايير محددة وذلك بما يتلاءم والمسألة العلمية المطروحة ألا وهي تحديد المواقع المثلى لإقامة السدّات عليها.

3-3-1 المعايير الطبوغرافية:

تم تطبيق المعايير الطبوغرافية على شريحة مخطط الانحدارات حيث اعتمد أن يكون المعيار للميول المقبولة لسطح الأراضي التي تقع ضمنها السدّات هي من (0 حتى 11) درجة وفقاً للمعايير العالمية.

3-3-2 المعايير الجيولوجية:

تم تطبيق المعايير الجيولوجية على شريحة الفوالق حيث يجب أن تكون المواقع المختارة واقعة على أرض ذات أساس متين، تم تحديد حرم على أطراف الفوالق المحددة من خلال الخارطة الجيولوجية بأبعاد (200 م) بحيث لاتكون المواقع ضمن هذا الحرم.

3-3-3 معايير استعمالات الأراضي:

يبين الجدول التالي تصنيف استعمالات الأراضي والمعايير المطبقة:

الجدول رقم (1). تصنيف استعمالات الأراضي الذي تم اعتماده والمعايير المطبقة.

رقم	التفاصيل	المعايير
1	أراضي زراعية	مقبول
2	عمران وتجمعات سكنية	مرفوض
3	مراعي	مقبول
4	سدود	مرفوض
5	طرقات	مرفوض

3-4 مقاطعة الخرائط الغرضية باستخدام نظام المعلومات الجغرافي:

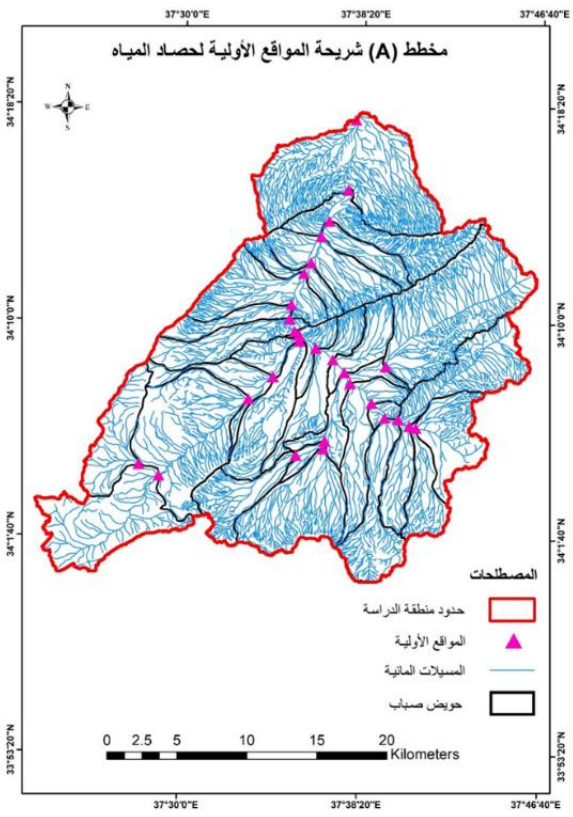
تنفيذ عملية تقاطع للمعلومات والمخططات الناتجة والمؤثرة في تحديد المواقع المناسبة لنظم حصاد المياه، إذ عُدّت كل المعايير المستخدمة متساوية التأثير في تحديد الموقع دون مفاضلة بينها، فقد قُوطع كل مخططين على حدة باستخدام العملية المنطقية

(AND)، والحصول على مخطط جديد يحقق المعايير المطبقة بمخططات الدخل، ثم قُوطع المخطط الناتج مع مخطط آخر وهكذا، حيث تم اتباع المنهجية الآتية في التحليل المكاني للخرائط المستخدمة في الدراسة: [14]

- استخدام المعايير الملائمة لتحديد المواقع المناسبة لإنشاء سدات لتجميع الأمطار.
- تحديد العامل المؤثر في كل مخطط وإعطاؤه القيمة (0) مرفوض، أو (1) مقبول.
- تنفيذ تعليمة AND بين جداول مخططي الدخل.
- تنفيذ دمج بين المضلعات المتجاورة ذات الخصائص المتشابهة في المخطط الناتج.

3-5 تحديد المواقع الملائمة لإقامة السدات:

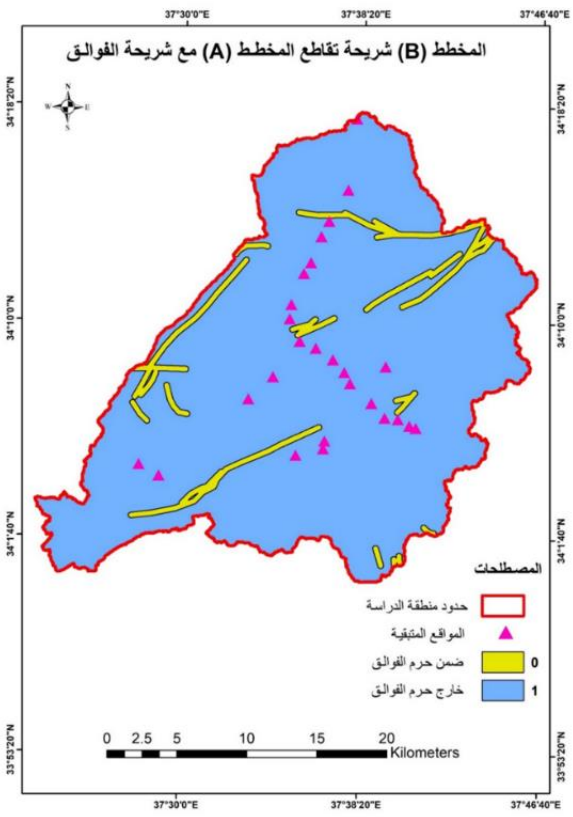
3-5-1 وضع المخطط الأولي للمواقع: وعددها (28 موقعاً) وهو المخطط الناتج سابقاً في الفقرة 4-2-3 وتسميته بالمخطط (A) الشكل (7).



الشكل (7). مخطط المواقع الأولية المخطط (A).

3-5-2 مقاطعة المخطط الأولي للمواقع المخطط (A) مع شريحة الفوالق:

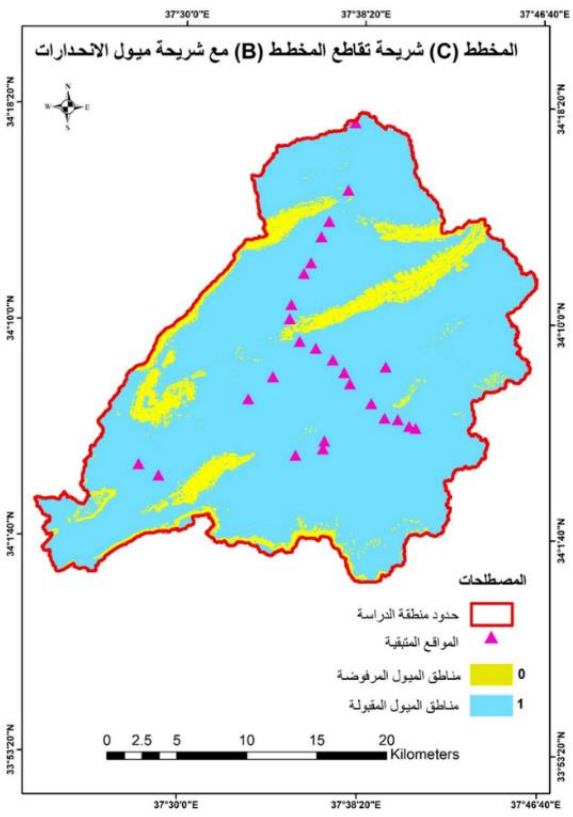
وفقاً للمعيار الموضوع للفوالق وبنتيجة عملية التقاطع تم رفض (موقعين) وقبول (26 موقعاً) ونتج عن عملية التقاطع هذه المخطط (B) الشكل (8).



الشكل (8). المخطط (B) المواقع الناتجة عن تقاطع الشريحة (A) مع شريحة الفوالق.

3-5-3 مقاطعة المخطط (B) مع شريحة الانحدارات:

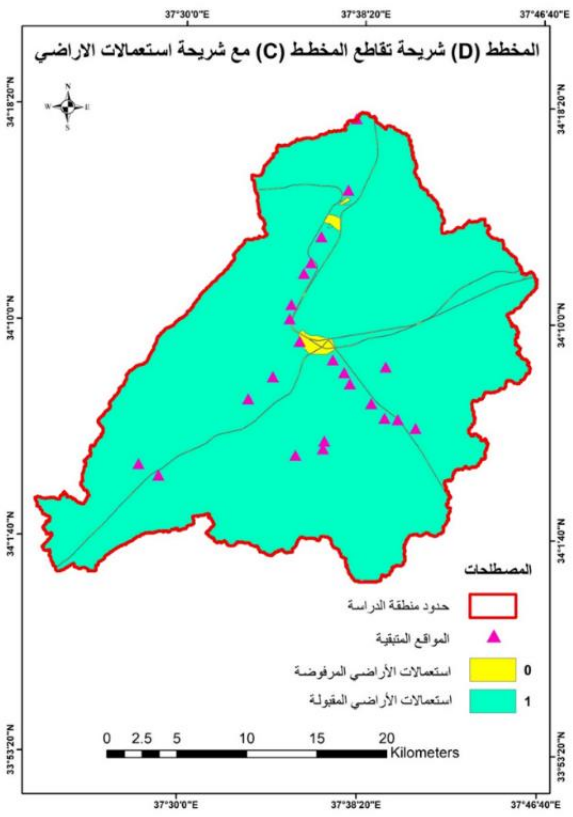
وذلك حسب الشروط والمعايير المحددة بحيث تقبل كل المواقع التي تقع ضمن ميول من (0-11) درجة وترفض المواقع التي تقع فوق ذلك وبنتيجة عملية هذا التقاطع تم قبول جميع المواقع (26 موقعاً) وينتج عن هذه العملية المخطط (C) الشكل (9).



الشكل (9). المخطط (C) المواقع الناتجة عن تقاطع المخطط (B) مع شريحة الانحدارات.

3-5-4 مقاطعة المخطط (C) مع شريحة استعمالات الأراضي:

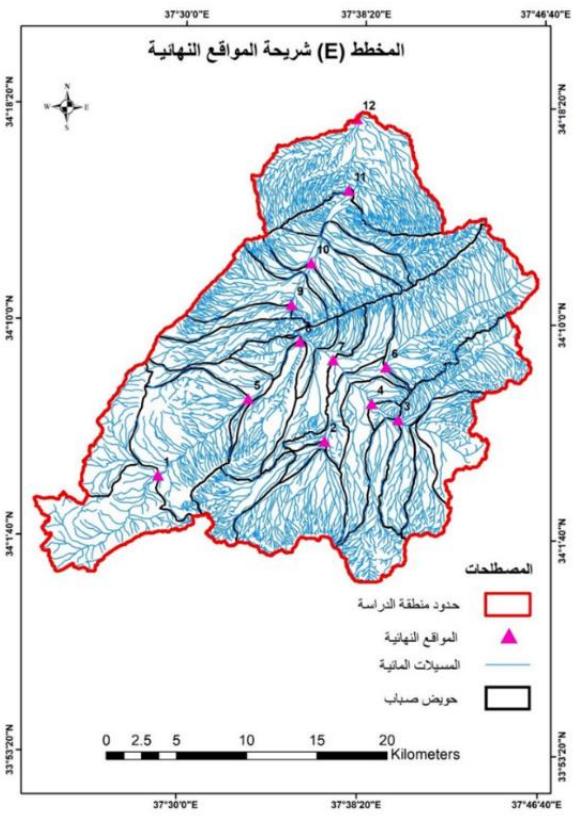
وذلك حسب الشروط والمعايير المحددة لهذا الغرض حيث تقبل المواقع التي تحقق هذه المعايير وترفض المواقع التي لاتحققها وبنتيجة عملية هذا التقاطع تم رفض (3 مواقع) وقبول (23 موقعاً) ونتج عن هذه العملية المخطط (D) الشكل (10).



الشكل (10). المخطط (D) المواقع الناتجة عن تقاطع المخطط (C) مع شريحة استعمالات الأراضي.

3-5-5 المواقع النهائية:

بنتيجة مقاطعة كافة الشرائح المستخدمة في هذا البحث وفق المعايير الموضوعة باستخدام نظام المعلومات الجغرافية (GIS) تم استنتاج 23 موقعاً مقترحاً وبناءً على الهطولات المطرية القليلة في المنطقة وتقارب مواقع بعض السدات تم حذف المواقع القريبة من بعضها ليبقى عدد المواقع المقترحة (12) موقعاً وهي موضحة في المخطط (E) الشكل (11).



الشكل (11). المخطط (E) المواقع النهائية.

4- النتائج ومناقشتها:

1- تعتبر نظم المعلومات الجغرافية من أفضل الأدوات المستخدمة في تحديد أفضل المواقع لمشاريع الحصاد المائي، وتطبيق المعايير المتعددة يزيد من دقة النتائج ويحصر المناطق الملائمة في مواقع مختارة بدقة.

2- تم من خلال هذه الدراسة تحديد 12 موقعاً مثالياً ومناسباً للحصاد المائي.

3- يحدد مناخ المنطقة بدرجة كبيرة نوعية الأساليب المستخدمة في خزن مياه الأمطار والسيول ففي الأقاليم المطيرة تستخدم البرك المعدة من الإسمنت أو البلاستيك المقوى أو الفيبر جلاس أو الإسفلت وهي مكلفة ولكنها ذات جدوى

اقتصادية حيث كمية مياه الأمطار وطول فترة هطولها يبرر استخدامها على الرغم من ارتفاع تكاليفها، أما في الأقاليم الجافة قليلة الأمطار والتي في الغالب مواعيد الهطول وكمية الأمطار وطول وقت هطولها غير ثابتة، بل في بعض الأحيان تمر سنة أو أكثر دون هطول مطر يذكر، يتم استخدام أسلوب حصاد المياه في التربة، والمدرجات وهي أقدم المنشآت المائية التي شُيدت على المرتفعات، أما الحفائر فقد عرفت من زمن بعيد وبصورة خاصة في المجتمعات التي تعيش في البيئة شبه الجافة، وتعتبر الحفائر خزانات اصطناعية ودائماً ما يتم حفرها تحت سطح الأرض وفي تربة تكون في معظم الأحوال لا تسمح بتسرب المياه أو يتم معالجتها لتكون صلدة أو صلبة، وهناك طريقة الخزانات الصغيرة حيث يمكن للمزارعين الذين يمر واد في أرضهم أن يقيموا سداً صغيراً لجمع مياه الأمطار لتُستخدم هذه المياه لري المحاصيل أو استهلاكها من قبل الأسرة أو الحيوانات وتعتبر هذه الخزانات الصغيرة على قدر كبير من الفاعلية في البيئات الجافة وشبه الجافة وذلك لأنها تزود المحاصيل بالمياه وتزيد من القدرة الإنتاجية واستقرارها، ويعتبر عمل السدود لجمع المياه أكثرها حداثة وأعظمها فائدة وديمومة إلا أنها أعلاها تكلفة.

4- أظهرت الدراسة أن نظم المعلومات الجغرافية تفتح المجال أمام إدخال معايير جديدة تساهم في تحديد أماكن مشاريع الحصاد المائي مما يسهل من اتخاذ قرار تنفيذ هذه المشاريع بعد أن يحدد نظام المعلومات الجغرافية المناطق الملائمة من غير الملائمة.

5- تساعد نظم المعلومات الجغرافية على توفير الوقت والجهد والمال في دراسة تحديد أماكن الحصاد المائي.

5- الاستنتاجات والتوصيات:

1- توصي هذه الدراسة بضرورة إدراك أهمية موضوع الحصاد المائي لمياه الأمطار والسيول والتوسع في الدراسات البحثية والتطبيقية عن طريق تبادل الخبرات مع الدول العربية ودول العالم الأخرى التي لها نشاط في هذا المجال من خلال

ورشات العمل وفي هذا المجال يبرز دور المنظمات العربية والمنظمات الدولية في إقامة المؤتمرات بشكل دوري.

2- إن مجال العمل في الحصاد المائي يمكن اعتباره من السهل الممتنع لذلك توصي الدراسة بضرورة توفير المعطيات والدراسات والخبرات المناسبة في هذا المجال ليصبح تنفيذ مشاريع الحصاد المائي أمراً سهلاً.

3- نشر الوعي المائي والبيئي بين قطاعات المجتمع وتوسيع نطاق استخدام تقنيات حصاد المياه البسيطة والتي يمكن للأهالي إنشائها.

4- إن ترشيد استثمار مايتوفر من الموارد المائية السطحية بطريقة علمية وعملية وبكفاءة عالية سوف يعمل على تحسين المراعي وتوفير مصدر إضافي يمكن أن يُستخدم في الري وتأمين مياه الشرب للإنسان والحيوان.

المراجع:

1. المنظمة العربية للتنمية الزراعية (2002): دراسة تعزيز استخدام تقانات حصاد المياه في الدول العربية، الخرطوم، السودان.

2. الجبارين، عامر (٢٠٠٦)، استخدام تحليل المنافع والتكاليف في تقييم مشاريع الحصاد المائي في المناطق الجافة في المملكة الأردنية الهاشمية، حلقة نقاشية على هامش اجتماع الجمعية العمومية للمجلس العربي للمياه – القاهرة.

3. الداغستاني، حكمت صبحي، وحميد، بسمان يونس. (2011). العلاقة بين المظاهر الجيومورفولوجية واستخدامات الأرض ونظام التصريف السطحي والاستفادة منها في حصاد المياه لحوض وداي بادوش شمال العراق. المجلة العراقية الوطنية لعلوم الأرض، 11(2)، 15-32.

4. زيدان، حسين، وجبار، دلال. (2011، آب). اختيار مواقع لإنشاء سدود صغيرة في منخفض الكعرة باستخدام تقنيات التحسس النائي والتحليل المكاني. مجلة الهندسة،17(4)، 192-211.

5. محمد، محمد عز الدين، والسليم، رشا محمد سامي. (2012). تقدير حجم الجريان السطحي والترسبات لجابيه شمال العراق لأغراض حصاد المياه باستخدام نظام المعلومات الجغرافية. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، 28(1)، 25-37.

6. آل سليمان، فايز بن محمد: استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تقييم مواضع السدود لتنمية حصاد المياه في منطقة عسير بالمملكة العربية السعودية، قسم الجغرافيا، جامعة الملك خالد، المملكة العربية السعودية.

7. الجبوري، عبد الحق خلف حمادة. (2011، أيلول). تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحديد أفضل المواقع لإنشاء سد على وادي الملح في ناحية العلم. مجلة آداب الفراهيدي، (8)، 315-343.

8. أطلس الاشعاع الشمسي للجمهورية العربية السورية، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد،2007.

9. الأطلس المناخي لسورية، المديرية العامة للأرصاد الجوية 1977.

10. حسن، عبير منلا، إسماعيل، إسكندر، وشديد، كامل. (2009). الجدوى المالية لتقنيات حصاد المياه في البادية السورية. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 25(2)، 361-405.

11. الغامدي، محمد بن حامد: إدارة مياه الأمطار واستثمارها: إستراتيجية لتعزيز الأمن المائي العربي، كلية العلوم الزراعية والأغذية، جامعة الملك فيصل.

12. الغزاوي، علي عبد عباس، والجبوري، زكريا يحى خلف. (2012). النمذجة الهيدرولوجية لحصاد مياه السيح السطحي لوادي تارو باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS. المجلة العربية الدولية للمعلوماتية، 1(2)، 69-75.

13. فردوس، عبد النبي، والشريف، وائل، ومزاهره، نعيم (1997): تقنيات حصاد مياه الأمطار وحفظ الرطوبة، المملكة الأردنية الهاشمية، وزارة الزراعة، المركز الوطني للبحوث الزراعية ونقل التكنولوجيا، مديرية نقل التكنولوجيا والتدريب، نشرة رقم 1997/106.

14. JILL MC.COY and Kevin Johnston, 2002 -Using Arc GIS Spatial Analyst.

15.MAIDMENT David, 2006 – Center for Research in Water Resources University of Texas at Austin- Arc Hydro Toolset Application to the Upper Pearl.

16.Wifag, Hassan Mahmoud, Jachson Roerhrig and Ettayeb Ganawa. 2007. Assessing the potential of Floodwater Harvesting in Seleit Area Wadis, Sudan – using Remote Sensing and GIS. Conference on International Agricultural Research for Development, University of Kassel – Witzenhausen and University of Gottingen.

17. Sorman, A. 1993. Application of the TR-55 Model to Storms in Arid Climate Case Study: Upper Tabalah, The Kingdom of Saudi Arabia. JKAU, Mete..Ennvi.., Vo4, pp101-109, Jeddah.

18. Sinha, A. K., S. P. Yadav and Shyamanuj Dubey. 2000. Targeting Sites For Rainwater Harvesting with Remote Sensing: A Case Study From Jaipur City and Its Hinterland, Western India. Department of Geology, University of Rajasthan, Jaipur, India.

19. Shammout, Mary. 2003. Land Use Options for Surface Water Management in Zerqa River Basin Using Modeling Tools. Jordan.

20.Prinz, Dierter, Theib Oweis and Oberle. 1998. Rainwater Harvesting for Dry Land Agricultural – Developing a Methodology Based on Remote Sensing and GIS. International Congress Agricultural Engineering, ANAFID, Rabat, Morocco.