استخدام تقانات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة في إدارة مياه الأمطار وتحديد المواقع المثلى لتطبيق نظم حصاد المياه في الجزء الجنوبي من السلسلة الساحلية

ريم عمار[1] و رفيق جبر[2] وعبد المجيد الكفري[3]

تاريخ الإيداع 2014/05/27
قبل للنشر في 2014/08/12

الملخص

تتضمن هذه الدراسة استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد Remote Sensing، والنظم الرافدة لها بهدف اختيار المواقع المثلى لتطبيق نظم حصاد مياه الأمطار في الجزء الجنوبي من السلسلة الساحلية للجمهورية العربية السورية، إذْ طُبّقتْ هذه التقانات في تحديد التكتونيك والأحواض الصبابة واتجاهات الجريان واستعمالات الأراضي، من خلال المعلومات التي تم الحصول عليها من المرئيات الفضائية، والمخططات الكارتوغرافية التي تغطي منطقة الدراسة، وذلك بغية تحديد خصائص مظاهر الأشكال الأرضية، وعلاقتها بفكرة حصاد المياه.

جُمعت المعلومات وحُلّلتْ وفُسّرت بالاستعانة بنظم المعلومات الجغرافية GIS، ومن ثم أُفيد منها في عملية التقييم والتخطيط، ومن خلال تحليل النتائج وتطبيق المعايير المناسبة حُدّد 68 موقعاً، يعتقد أنها مناسبة لتطبيق هذه التقنيات.

الكلمات المفتاحية: الأمن المائي، حصاد المياه، الاستشعار عن بعد، نظام المعلومات الجغرافي.

[1] طالبة ماجستير، [2] مدرس، قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.
[3] الهيئة العامة للاستشعار عن بعد.

Using the remote sensing technologies and the support systems in managing the rainwater and locating the ideal locations to apply the harvest systems in the southern part of the coastal mountains chain

R. Ammar[(1)] ; R. Jabr[(2)] and A. Al-Kofari[(3)]

Received 27/05/2014
Accepted 12/08/2014

Abstract

This study includes the use of the remote sensing techniques and relevant systems on the southern part of the coastal mountains chain of Syrian Arab Republic, and choosing the ideal locations to apply the rainwater harvesting systems were based on remote sensing techniques. These techniques were used to locate the tectonic sinks and the flow directions. The land use information that were obtained via visual satellite images that covered the studied area, helped identify the properties of the ground shape, and the related idea of the water harvesting.

Information has been gathered and located using the help of the GIS, which enables one to benefit from the process of evaluating and planning. Then after analyzing, the results and applying standard methods, 68 locations have been detected that fit with all techniques.

Key words: Water security, Water harvesting, Remote sensing, GIS.

[(1)]MCS., Student. [(2)] Assistant Prof., Department of Geology, Faculty of Sciences, Damascus University, Syria.
[(3)]General organization of remote sensing.

المقدمة

يزداد الوضع المائي في الوقت الراهن تعقيداً وخطورةً، ليس بسبب كون المياه أساس الحياة فحسب بل لأنها تصبح في منطقتنا نادرة أكثر فأكثر، ومع تطور الحياة والنمو السكاني الهائل ازداد الطلب وتعاظمت الحاجة للمياه، مما أدى إلى نقص حاد في المصادر المائية وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة التي يصنف قطرنا ضمنها بحكم موقعه الجغرافي، وعلى ضوء ذلك حرصت سورية على الاهتمام بموضوع المياه، فمنذ أواسط السبعينيات من القرن الماضي قفز الشأن المائي إلى المراتب الأولى في اهتمامات الدولة، وكان ذلك من خلال السياسات المائية المتبعة والبرامج والخطط التنفيذية العديدة الموجهة إلى تنمية الموارد المائية وترشيد استعمالاتها وحمايتها من التلوث، وتأمين حصة سورية العادلة والمعقولة من الموارد المائية المشتركة مع الدول المجاورة، ولا يخفى على أحد تلازم العلاقة المتوازية بين انعدام الأمن المائي وانعدام الأمن الغذائي في بلدان العالم كلّها، وبشكل عام فإن العائد من موارد الأمطار في سوريا محدود عموماً، إذْ إنّ معظمها يتعرض للتبخر والضياع في البحر، مما يحتم استخدام الأساليب الكفيلة برفع العائدية واستنباطها من خلال الإدارة السليمة لتلك الموارد.

يعدُّ حوض الساحل من الأحواض ذات الفائض المائي، إذْ يبلغ حجم الهطول المطري السنوي على هذا الحوض نحو 4880 مليون $م^3$، يستخدم منها حالياً 1038 مليون $م^3$ فقط، ويذهب جزء منه إلى البحر [6]. ومع أن الساحل السوري هو الحوض الوحيد الذي يملك كفايته من الماء شتاءً، إلا أنه يعاني من العجز المزمن في تلبية الطلب على المياه صيفاً، [3]. ومن هنا كان التوجه لدراسة المنطقة الساحلية لما تتمتع به هذه المنطقة من مقومات مشجعة لتطبيق تقنيات حصاد المياه، فعند دراستنا للخريطة التضريسية للمنطقة نلاحظ ضيق السهل الساحلي (يضيق ليصل 4كم شمال طرطوس ثم يضيق لينعدم جنوب بانياس) [7]، الذي تقوم بمحاذاته وبصورة موازية سلسلة من الجبال الساحلية، التي تتميز بانحدارها نحو البحر الذي يؤدي إلى ضياع كمية كبيرة من مياه الأمطار التي تسقط بكميات كبيرة على مساحة ضيقة.

هدفَ البحث إلى استخدام تقانات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة في إدارة مياه الأمطار وتحديد المواقع المثلى لتطبيق نظم حصاد المياه في الجزء الجنوبي من السلسلة الساحلية. إذْ تضمّن البحث نظرة عامة عن فكرة حصاد المياه والعوامل المؤثرة فيه، والمعايير المطبقة عليه والمناطق الملائمة لإقامته، وقد حُلّلت وفُسّرت المرئيات الفضائية والمخططات الكارتوغرافية (الجيولوجية، التكتونية، الطبوغرافية) لما توفره من كم هائل من المعلومات الحديثة عن الأمطار والأودية النهرية واتجاه الجريان والأحواض الصبابة، واستُعين بنظام المعلومات الجغرافي بغية جمع المعلومات وتصنيفها وتحليلها، مع إمكانية

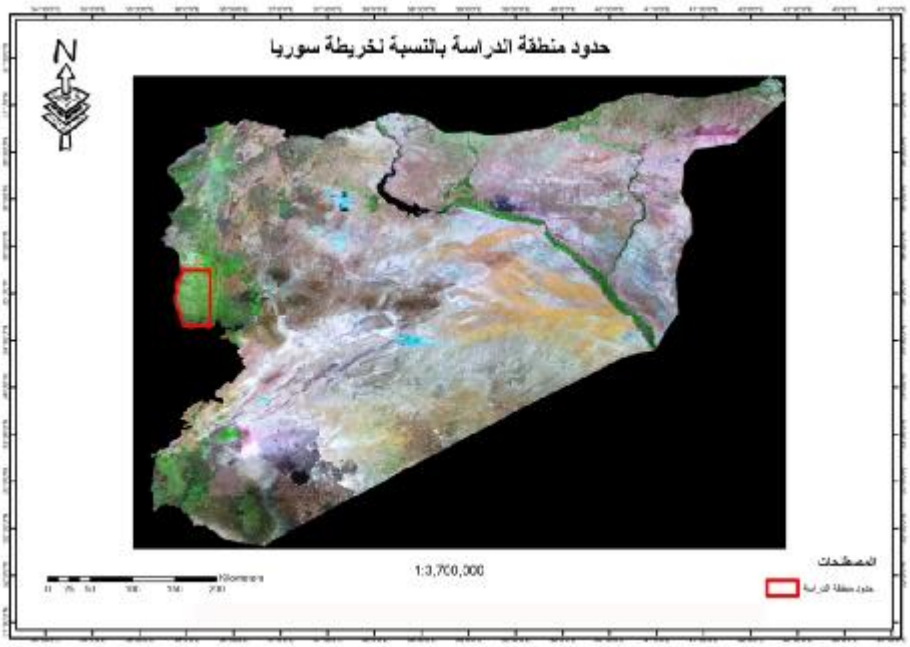
الرجوع إليها وتحديثها إذا ما اقتضت الضرورة للإفادة منها، وخاصةً في وضع المخططات والخرائط الغرضية اللازمة التي أسهمت بتحديد المواقع النموذجية لحصاد المياه في هذا البحث.

تقع منطقة الدراسة في الجزء الجنوبي من الواجهة الغربية لسورية المطلة على البحر المتوسط، وتشغل السهل الساحلي الممتد بين المرتفعات الغربية والساحل الشرقي للبحر المتوسط، وتحديداً سهل عكار، مما يكسب المنطقة أهميةً خاصة، فهي تشكل صلة وصل دمشق وحمص بطرطوس واللاذقية، كما أن الطرق التي تصل وسط وشمال سورية بمدينة طرابلس تمر عبر أراضي هذه المنطقة، فضلاً عن وجود عدد من الأنهار الساحلية المهمة التي يصب معظمها في البحر، مما يكسبها ميزات خاصة تجعلها مهيئة للنشاط الزراعي بشكل رئيس.

يبيّن الشكل (1) حدود منطقة الدراسة التي تغطي محافظة طرطوس وجزءاً من محافظتي حمص وحماه، مسقطة على الصورة الفضائية. وتتحدد بين:

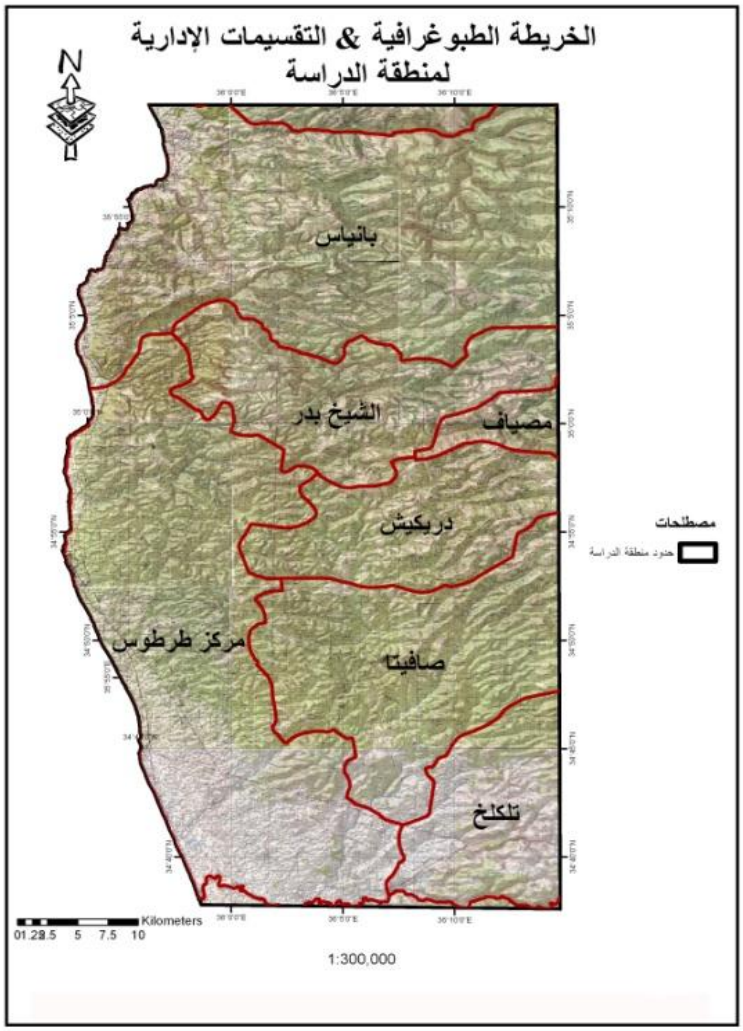
خطي طول: ″00 ′45 °35 و ″00 ′30 °36

وخطي عرض: ″00 ′30 °34 و ″00 ′15 °35



الشكل (1) خارطة سورية موضحاً عليها منطقة الدراسة.

ويوضح الشكل (2) الخارطة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة مقسمةً إدارياً.



الشكل (2) خارطة طبوغرافية والتقسيمات الإدارية لمنطقة الدراسة.

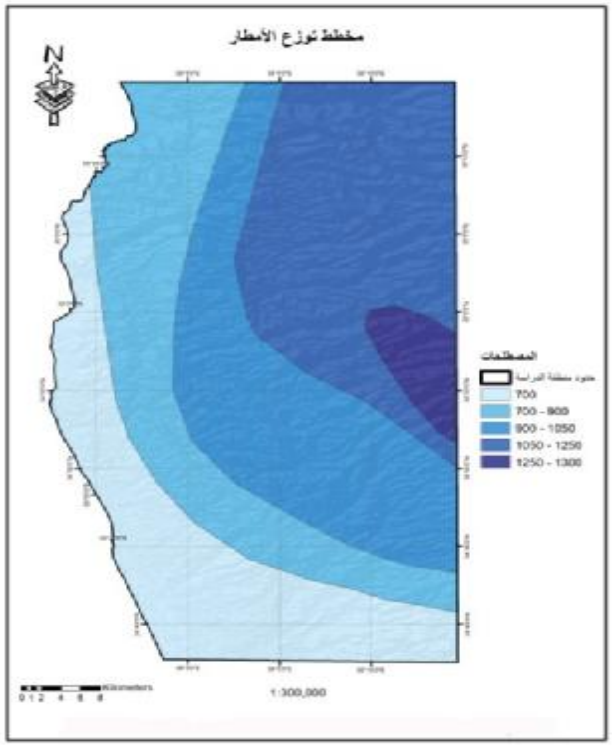
تتميز منطقة الدراسة بأمطارها الغزيرة خصوصاً في فصل الشتاء في حين تكاد تنعدم في فصل الصيف، وعموماً تهطل الأمطار بشكل غير منتظم على مدى فصول السنة، فهي تسقط بشكل زخات قوية لا تستطيع التربة امتصاصها كلها، فتسيل على سطح الأرض وتعمل على جرف الترب من السفوح والمرتفعات. هذا وتكون الأيام الماطرة

قليلة خلال السنة، إذْ لا تزيد على 80 يوماً تقريباً، ويصل الهطول المطري السنوي إلى أكثر من 1000مم كما في الشيخ بدر (1315مم).

يبيّن الجدول (1)، متوسط الأمطار الهاطلة في المحافظة بحسب بعض المحطات المطرية، خلال السنوات (1998/1999-2006/2007)، [4]. وفي الشكل (3)، مخطط توزع الأمطار وفقاً لمعدلات الهطول المطري بين عامي (1968-2003).

الجدول (1) متوسط الأمطار الهاطلة في المحافظة (الوحدة: ملم) -المجموعة الإحصائية الزراعية 2007.

البيان	1998/ 1999	1999/ 2000	2000/ 2001	2001/ 2002	2002/ 2003	2003/ 2004	2004/ 2005	2005/ 2006	2006/ 2007	المتوسط
طرطوس	736	748.6	641	1147.0	1325	873	740	1027	652.7	876.7
صافيتا	1071	1024.7	919.8	1260	1792.2	1243.8	981.7	1259.7	1089.9	1183
الشيخ بدر	1160	1295.8	897.3	1578.1	1764	1385.2	1138.5	1307.7	لا يوجد	1315.8
الدريكيش	926.5	1252	826.5	1224	1719.5	1133.5	1194	1440	لا يوجد	1214.5
بانياس	722.4	784.3	563.3	1249	1186	986	758	823	527	844

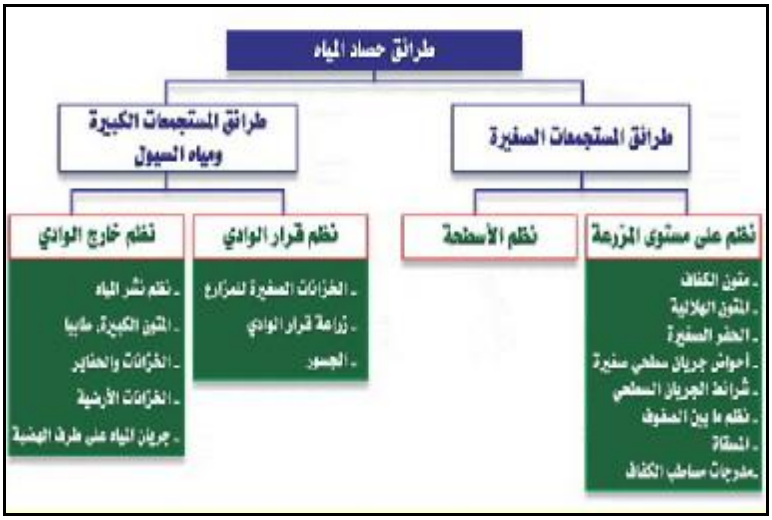


الشكل (3) مخطط توزع الأمطار في منطقة الدراسة.

وانطلاقاً من حاجة منطقة الدراسة للمياه، كان لابدَّ من التفكير بآليات كنظم حصاد المياه، تمكن من حجز مياه الشتاء الوفيرة خلف السدود لاستعمالها في الري والشرب صيفاً، فضلاً عن تغذية المياه الجوفية، ولاسيّما أن الإنتاج الزراعي الذي يعدُّ العمل الرئيس للسكان، يحتاج إلى هذه الموارد بشكل مستمر وفي فصول السنة كلّها، ومع وجود 166 سداً، على الأنهار والأودية الموسمية في حوض الساحل [1]، إلا أن الإفادة الفعلية من مياه الأمطار لا تزال محدودة فهي لا تتعدى 22% من إجمالي الهطولات السنوية [6]. لذا ولتحقيق الأهداف من هذه الدراسة وضمان استمرارية فعالية نظم حصاد المياه إلى أطول مدة ممكنة يجب وضع خطة متكاملة لإدارة مساقط المياه، واستغلال مواردها الطبيعية بتخطيط شامل ومتكامل يتضمن استخدامات الأراضي، ودراسة نوعية التربة والمياه والغطاء النباتي، وجيولوجية المنطقة وخصائصها، ودراسة العوامل الاجتماعية والاقتصادية، واستخدام صور الأقمار الصناعية وبرامج نظم المعلومات الجغرافية في وضع هذه الخطط. إن مثل هذه الطرائق تساعد على توفير المياه للاستخدامات كلّها وبتكلفة مالية مناسبة. هذا وتعدُّ مشاريع حصاد المياه من المشاريع طويلة الأجل، أي إنها تعمل على حل مشكلة المياه مدة طويلة من الزمن وبذلك فهي تدعم الجهود المبذولة للتطوير والتنمية المستدامة.

مفهوم حصاد المياه:

تعرف عملية حصاد مياه الأمطار والسيول بأنها التقنية التي تستخدم في حجز مياه الأمطار والسيول وتخزينها في أوقات سقوطها بطرائق تختلف باختلاف الغاية من تجميعها ومعدلات هطولها، سواءً بطريقة مباشرة عن طريق تمكين التربة من تخزين أكبر قدر ممكن من مياه الأمطار الساقطة عليها وتخفيف سرعة الجريان الزائد عليها، أو بطريقة غير مباشرة وذلك بتجميع مياه الجريان السطحي في منطقة تصريف وتخزين غير معرضة للانجراف وإعادة استخدامها عند الحاجة إليها، وذلك بهدف الشرب أو الري التكميلي أو سقاية الحيوان أو تغذية المياه الجوفية، وباختصار يمكننا القول: تحريض الجريان، ومن ثمّ جمعه وتوجيهه، من أجل استعماله في المنطقة المستهدفة. وبذلك يضمن نظام حصاد المياه الإفادة من نسبة كبيرة من مياه الأمطار قبل هدرها، فإن هطول مطري بمليمترات قليلة تجمّع وفقاً لأنظمة حصاد المياه يمكن أن تساوي مئات المليمترات لهطول مطري غير مجمع، وخاصة عند إمدادها لأرض زراعية في منطقة شبه جافة [8]. وفي الشكل (4) ملخص لأهم أنواع نظم حصاد المياه المعروفة، [5].



الشكل (4) تصنيف نظم حصاد المياه [5].

مواد البحث وطرائقه

لتحضير القاعدة المعلوماتية الخاصة بموضوع الدراسة وتحليل المعطيات واستخلاص النتائج الخاصة في تحديد المواقع المثلى لأنظمة حصاد المياه، تُستخدم مجموعة من الأنظمة البرمجية، منها: ArcGIS $_{9.3}$ و Arc view $_{3.2}$ فضلاً عن Imagine ERDAS$_{8.6}$ و ArcHydro$_{9}$، وذلك في تحضير الخرائط والمخططات والصور الفضائية وتوجيهها ومعالجتها، ثمّ تفسيرها من الناحية البنيوية والجيولوجية والجيومورفولوجية والليثولوجية، وإعداد المخططات الغرضية الضرورية واللازمة، واتبعت المنهجية الآتية:

- عملية جمع المعلومات والخرائط والمخططات: وتضمنت المعطيات المكانية الخاصة بالاستشعار عن بعد المستخلصة من الصور الفضائية من نوع (Landsat7-ETM) بقدرة تمييز مكانية 15م، وصورة من نوع (SPOT) بقدرة تمييز مكانية 10م. والخرائط الطبوغرافية بمقياس 1/50,000. والخرائط الجيولوجية مقياس 1/50,000. فضلاً عن الخارطة المطرية لمنطقة الدراسة مقياس 1/300,000.
- عملية مسح الخرائط وقراءتها ضوئياً: وتمثل المرحلة الأساسية في بناء قاعدة البيانات، إذ تتضمن عملية إدخال الخرائط والمخططات وتحويلها من الصيغة الورقية (Hard Copy) إلى صيغة رقمية (Digital Format)، متوافقة مع الأنظمة البرمجية المستخدمة في المعالجة والتحليل.

• عملية الإرجاع Georeferencing: وتهدف إلى توجيه الخرائط وربطها جغرافياً، وإسناد المعالم الجغرافية إلى إحداثيات حقيقية (X,Y)، باستخدام أنظمة الأسقاط المعروفة. وفي هذا البحث استُخدم مسقط مركيتور العالمي (WGS-84, UTM)، نظراً إلى اعتماده في أنظمة تحديد المواقع وفي الصور الفضائية المستخدمة.

• عملية الترقيم Digitizing: وتتضمن عملية رقمنة الظواهر الجغرافية من الصور والخرائط المدخلة بواسطة السكانر، وتحويلها من الصيغة الخلوية (الشبكية) Raster إلى الصيغة الخطية Vector، وقد استخدم النظام ArcGIS9.3 لهذه الغاية. ثم رُبطت البيانات المكانية (Spatial Data) بالبيانات الوصفية (Attribute Data) وأُنشئت قاعدة البيانات الجغرافية وفقاً للإحداثيات الجديدة.

• تحليل البيانات الجغرافية Analysis Data وتصنيفها Classification: وتتضمن عملية الفرز والتصنيف وعمليات النمذجة والتحليل، وإنتاج الخرائط الغرضية، مثل خارطة استخدامات الأراضي، ونتائج النمذجة الهيدرولوجية، وقد استُخلص العديد من المعلومات المهمة بشكل آلي عن الأحواض المائية لمنطقة الدراسة.

• الإخراج: وتتضمن إنتاج الخرائط والمخططات والتقارير الخاصة بالدراسة التي تكون بأشكال مختلفة كالخرائط والأشكال البيانية.

مناقشة النتائج

-إعداد الخرائط والمخططات الغرضية:

• الخرائط والمخططات الموضوعة من المرئيات الفضائية والمخططات الكارتوغرافية:

1- الشريحة التكتونية: وُضعتْ باستخدام الصور الفضائية (ETM)، وتضمنت الفوالق والقسمات الخطية التي ظهرت بنتائج تفسير الصورة الفضائية، فضلاً عن الفوالق المأخوذة عن الخارطة الجيولوجية، (الشكل 5).

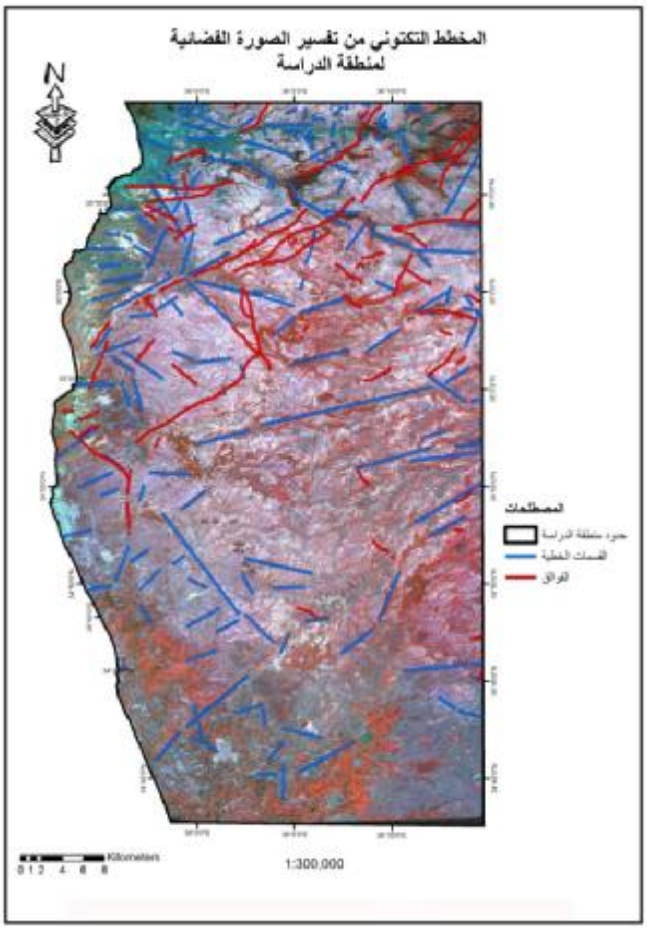
2- الشريحة الليثولوجية: وُضعت من خلال الخارطة الجيولوجية، ومُيّزت التشكيلات الصخرية تبعاً لطبيعتها الليثولوجية، إذْ يؤثر قوام التربة وعمقها في درجة انجراف تربة المستجمع، وفي إجمالي طاقة تخزين المياه فيها، وهذا بدوره يتحكم بكمية المياه التي يمكن توفيرها لري المحاصيل خلال المدد الجافة.

3- شريحة استعمالات الأراضي: وأُعدتْ من خلال الصورة الفضائية، إذْ صنفت الأراضي تبعاً لاستعمالاتها، بهدف إظهار إشغالات الأرض، وتمييز الأهداف ذات الأهمية الخاصة، التي لا يجوز إقامة منشآت هندسية أو صناعية عليها أو بالقرب منها، (الشكل 6).

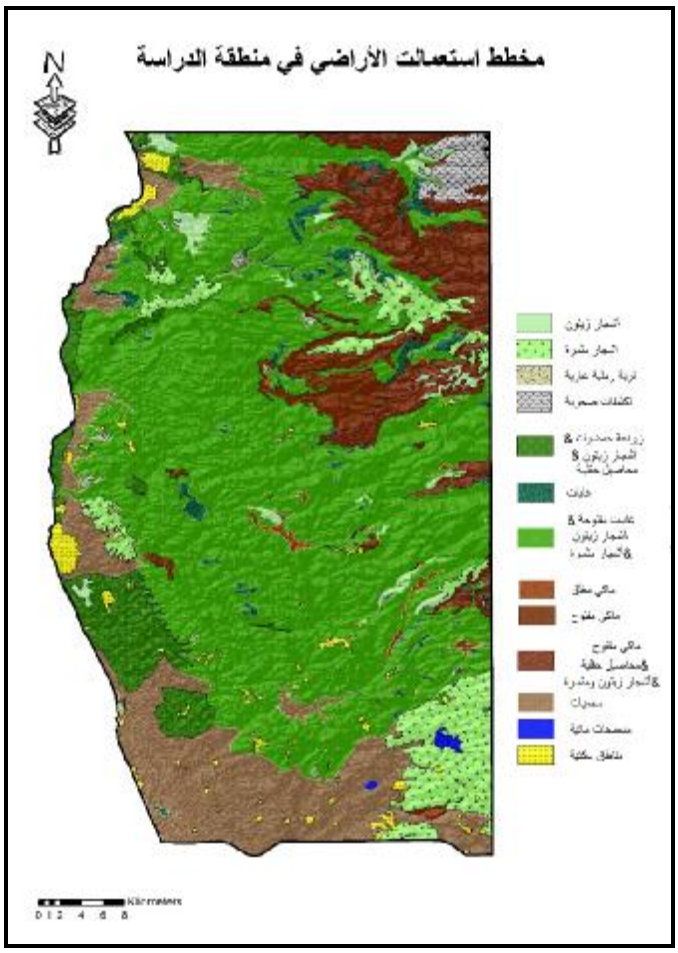
4- شريحة المسيلات المائية: وُضعتْ هذه الشريحة من خـــلال الخارطـــة الطبوغرافيـــة الرقمية التي أظهرت توزع شبكة المسيلات المائية في المنطقة واتجاهاتها.

5- مخطط القرى والتجمعات السكانية: تم الحصول عليه مـــن الخارطـــة الطبوغرافيـــة الرقمية والصور الفضائية.

6- مخطط الطرقات: وُضع هذا المخطط من الخارطة الطبوغرافية الرقميـــة والـــصور الفضائية كمخطط دليلي لتسهيل مهمة الوصول إلى المواقع.

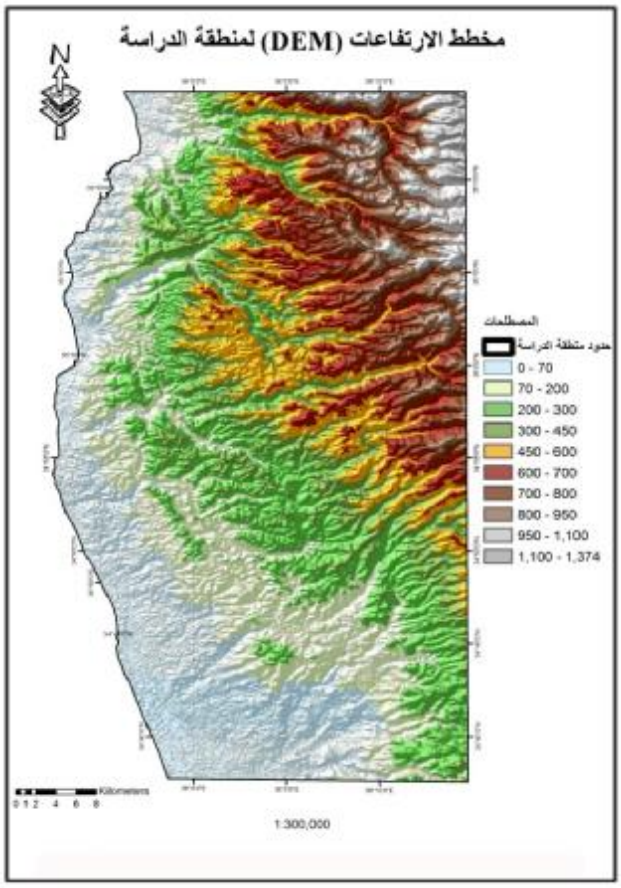


الشكل (5) المخطط التكتوني الناتج من تفسير صورة فضائية نوع (SPOT).



الشكل (6) مخطط استعمالات الأراضي لمنطقة الدراسة.

7- شريحة الارتفاعات: أُنتج نمـــوذج الارتفـــاع الرقمـــي (Digital Elevation Model DEM) (الشكل 7)، اعتماداً على مخطط خطوط التسوية الذي يشكّل أساساً للخطوات اللاحقة في النمذجة الهيدرولوجية وتحديد أماكن اصطياد المياه. تفيد هذه الشريحة في استخلاص العديد من المعلومات المهمة بشكل آلي مثل مخطـــط الانحـــدار، وحـــدود الحوض المائي، وشبكة مجاري الأودية، والمعلومات الهيدرولوجية التي تعتمـــد علـــى الخصائص المورفومترية للحوض المائي، مما يسهل تحديد منـــاطق التغذيـــة وتحديـــد الحوض النهري واتجاهات الجريان ومناطق ذروة الجريان والقدرة حتى على تحديـــد طول المجاري المائية، وتزداد أهمية النتائج المستخلصة من هذا النموذج بازدياد دقته.



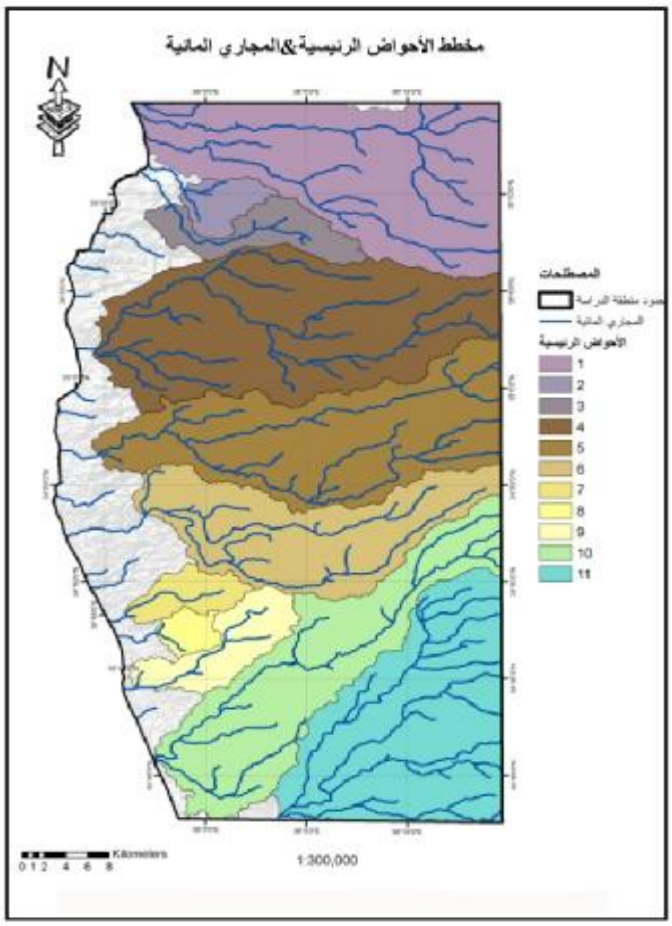
الشكل (7) نموذج الارتفاعات الرقمي الـــ DEM لمنطقة الدراسة.

- **الخرائط والمخططات الغرضية الموضوعة بدءاً من نموذج الارتفاعات الرقمي الـــ DEM:**

يعبِّر نموذج الارتفاعات الرقمي عن التغير التضاريسي لسطح الأرض، ومن ثمَّ يُستخدم في اشتقاق العديد من الشرائح المتعلقة بالجريان وحدود الأحواض الصبابة، والخصائص الهيدرولوجية الأخرى، وباستخدام النظام ArcHydro وبدءاً من الـــ DEM تم الحصول على الشرائح الآتية:

1. شريحة الانحدارات (Slope): يمثل هذا المخطط ميول سطح الأرض عن الأفق، وتفيد معرفة الانحدارات في تصميم السدات والرامات واختيار الأماكن المناسبة لها، وغير ذلك.

2. مخطط اتجاه الجريان أو اتجاه التدفق (Flow Direction- Fdr): حساب اتجاه الجريان للمياه لكل حـــوض صباب، اعتماداً على فرق الارتفاع بين الخلايا المتجاورة المشكلة لنموذج الارتفاعات الرقمي، [2].
3. مخطط كميات التدفق التراكمية (Flow Accumulation- Fac): إنشاء طبقـــة رقميـــة تحتوي كل خلية فيها على قيمة تمثل عدد الخلايا التي تصب فيها اعتماداً على اتجـــاه الجريان، أي حساب كمية المياه التراكمية في كل خلية. ومن خلال هذا المخطط حُدّد اتجاه الجريان السائد في حوض الساحل السوري وهو الاتجاه الغربي، ويمكننا من خلال هذه الشريحة تحديد الأماكن المعرضة لخطر الفيضان في أوقات العواصف المطرية.
4. مخطط تحديد المسيلات المائية Stream Definition- Str: استنباط الأودية والمسيلات المائية وتحديدها بدءاً من اتجاه الجريان وكميات التدفق التراكمية.
5. مخطط تجزئة (تقسيم) المجاري المائية Stream Segmentation: تقـــسيم المـــسيلات والمجاري المائية الناتجة اعتماداً على مخطط اتجاه الجريان (Fdr) ومخطط المسيلات المائية (Str)، بشكل يتناسب مع تقسيم أحواض الصرف وكيفية الإفادة منها. وفي هذا البحث وبشكل أولي، قُسّمتِ المجاري المائية آلياً إلى/279/ قسماً.
6. مخطط تحديد الأحـــواض المائيـــة Catchment Grid Delineation: إنـــشاء حـــدود الأحواض المائية، إذْ نتج لدينا عدد أحواض مائية مساوٍ لعدد تقسيمات المجاري المائية.
7. مخطط معالجة الأحواض المائية Catchment Polygon Processing: تحويل ملـــف الأحواض المائية من ملف شبكي Raster إلى ملف خطي Vector "مضلعات"، ومـــن خلال ذلك نتمكن من حساب مساحة كل حوض مائي بالمتر المربع وطولـــه (محـــيط المضلع) بالمتر.
8. مخطط معالجة المجاري المائية Drainage Line Processing: تحويل ملـــف المجـــاري المائية من ملف شبكي إلى ملف خطي، يحتوي على خطوط المجاري المائية، الشكل (8).
9. مخطط معالجة الأحـــواض الـــصبابة (Adjoint Catchment Processing): تجميـــع الأحواض المائية المتجاورة والمتشابهة الخواص ودمجها، وتحويل ملـــف الأحـــواض المائية من ملف شبكي إلى ملف خطي "مضلعات"، وقد تم الحصول بالنتيجة على 11 حوضاً رئيساً (الشكل 8)، ويمكن من خلال مقاطعـــة مخطـــط الأحـــواض الـــصبابة والخارطة المطرية معرفة كمية المياه التي تسقط سنوياً على كل حوض.



الشكل (8) مخطط الأحواض الصبابة والمجاري المائية.

- تحديد معايير اختيار المكان المناسب:

بناءً على احتياجات منطقة الدراسة والموقع الجغرافي والوضع التكتوني والتوزع السكاني تم التوصل إلى آلية محددة بخصوص المعايير التي اختيرت لتحديد المواقع المثلى لحصاد المياه:

- الشريحة التكتونية: يجب أن تكون المواقع المختارة واقعة على أرض ذات أساس متين، بعيدة عن نطاقات التخلعات التكتونية التي غالباً ما تكون نطاقات زحن ذات

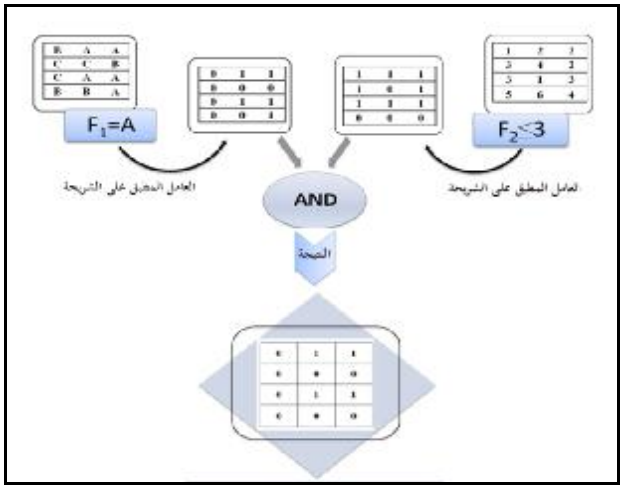
نفوذية عالية. حُدّد حرم على أطراف الفوالق الرئيسة وجوانبها بأبعاد (200م) بحيث لا تكون المواقع ضمن هذا الحرم.

- شريحة مخطط الانحدارات: يجب أن تكون الأرض التي يقع عليها الموقع المحدد منبسطة أو ذات ميول لطيفة، لأنه وفي حال زيادة الميل على قيمة محددة سوف يؤدي إلى عمليات انجراف للتربة، وقد حُدّدت الميول المقبولة لسطح الأراضي التي تقع ضمنها السدّات والسدود ضمن المجال (0° حتى 11°).
- شريحة المسيلات المائية: يجب أن تكون المواقع ضمن شبكة المسيلات المائية في منطقة الدراسة.
- شريحة الأحواض الصبابة: يجب أن تكون المواقع المطلوبة ضمن أحواض صبابة كبيرة نسبياً وذات هاطل مطري جيد. طبق هذه المعيار بهدف تصنيف المواقع بحسب الأهمية كدرجة أولى وثانية وثالثة.
- شريحة استعمالات الأراضي: عُدّت الأراضي الزراعية بأشكالها كلّها، وكذلك المنشآت العمرانية، مناطق مرفوضة وأعطيت القيمة (0)، في حين عُدّت مناطق المسيلات المائية والسبخات والمستنقعات والمحميات والغابات والتكشفات الصخرية والهضاب والترب الرملية والمراعي، مناطق مقبولة وأعطيت القيمة (1).

-مقاطعة المخططات وتحديد المواقع الملائمة لإقامة السدود والسدات:

تضمنت هذه المرحلة تنفيذ عملية تقاطع Intersection للمعلومات والمخططات الناتجة والمؤثرة في تحديد المواقع المناسبة لنظم حصاد المياه، إذْ عُدّتْ كل العوامل والمعايير المستخدمة متساوية التأثير والوزن 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. ويوضح الشكل (9)، المخطط الانسيابي لخطوات التحليل المكاني للخرائط المستخدمة في الدراسة وفقاً للمنهجية الآتية:

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



الشكل (9) خطوات مقاطعة الشرائح واستخدام التعليمة And

إن التصميم الأمثل لنظم حصاد المياه يتم من خلال رصد كميات المياه التي تتدفق في الأودية عن طريق تقدير التدفقات السنوية للسيول من خلال الاعتماد على بيانات الأمطار، (الشكل 3). وانطلاقاً من المنهجية المذكورة أعلاه، وباعتماد المعايير التي حُـدّدت، فقد أُجريت عدة تقاطعات بين المخططات (الشرائح) وذلك للوصول إلى تحديد المواقع الملائمة لإقامة السدود والسدات.

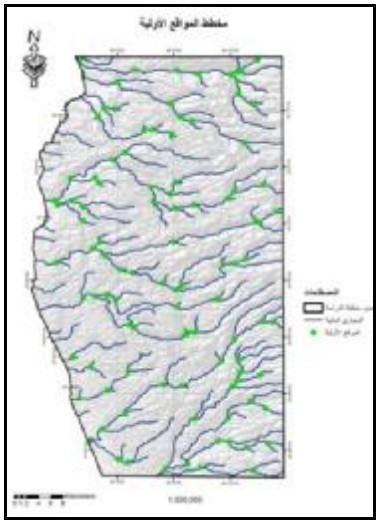
1-وضع المخطط الأولي للمواقع، وذلك باستخدام برنامج النمذجة الهيدرولوجية Archydro باستخدام الوظيفة Drainage Point Processing ، وتسمية هذا المخطط بالمخطط A، (الشكل 10).

2-مقاطعة المخطط الأولي للمواقع (المخطط A) مع مخطط استعمالات الأراضي، وذلك بحسب الشروط والمعايير المحددة، وكانت نتيجة تنفيذ هذه العملية في المخطط B، (الشكل 11).

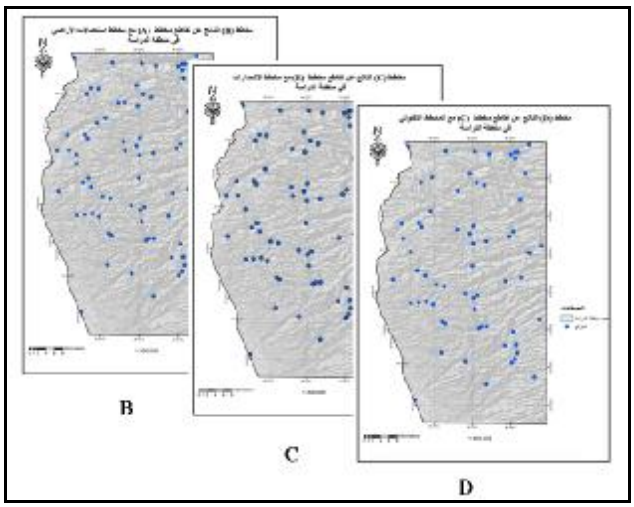
3-مقاطعة المخطط B مع مخطط الانحدارات وفق المعايير المحددة بحيث تقبل المواقع كلّها التي تقع ضمن ميول في المجال (0–11) درجة، وترفض المواقع التي تقع فوق ذلك. ونتج عن عملية التقاطع هذه المخطط C، (الشكل 11).

4-مقاطعة المخطط C مع المخطط التكتوني الموضوع بنتيجة تفسير الصور الفضائية ومن الخارطة الجيولوجية إذْ عُدّتْ كل المواقع التي تقع ضمن حرم الفوالق مواقع مرفوضة، وكل ما هو غير ذلك مقبول بالنسبة إلى المعيار التكتوني، ونتج المخطط D الذي يمثل المخطط النهائي للمواقع المقترحة، (الشكل 11).

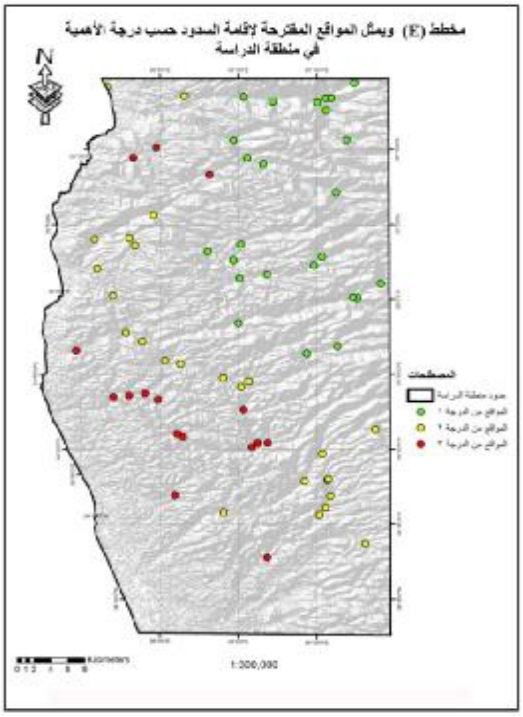
5-مقاطعة المخطط D مع المخطط الناتج من دمج مخطط الأحواض الصبابة مع الهاطل المطري السنوي، وذلك بغرض تصنيف المواقع المقترحة بحسب درجة أهميتها بما يتناسب وموقعها ضمن أحواض صبابة واسعة نسبياً وذات هاطل مطري كبير، نتج عن هذا التقاطع المخطط E الذي يصنف المواقع بحسب درجة أهميتها كما في الشكل (12).



الشكل (10) مخطط المواقع الأولية A.



الشكل (11) B: مقاطعة المخطط A مع مخطط استعمالات الأراضي، C: مقاطعة B مع مخطط الانحدارات، D: مقاطعة C مع المخطط التكتوني.



الشكل (12) مخطط المواقع المقترح مرتبة بحسب درجة الأهمية.

النتـــائـــج

من خلال دراسة الصور الفضائية والخـــرائط الكارتوغرافيـــة والدراســـات الحقليـــة والمخططات الغرضية المنتجة والبيانات المرقمة وتحليلها، وباستخدام البرمجيات الحديثة تم التوصل إلى ما يأتي:

- أتاحت الدراسة تعيين 68 موقعاً ملائماً لإقامة سدود تخزينية صغيرة فـــي المنطقـــة، أعطيت الأولوية لـــ 27 موقعاً منها. موزعة جغرافياً على كامل منطقة الدراسة ممـــا يحقق الغرض المنوط بها، وهو تأمين الاحتياجات المائية اللازمة للنشاطات الزراعيـــة والرعوية والخدمية.
- نتيجة تقاطع العديد من المخططات الغرضية الرقمية التي أُعدّت كمخطـــط التكتونيـــك (الفوالق والقسمات الخطية)، ومخطط المسيلات المائية، ومخطط الليثولوجيا، ومخطط الجيولوجيا ومخطط الأحواض الصبابة والبيانات المجدولة، باستخدام نظام المعلومـــات الجغرافي (GIS) تم التوصل إلى تحديد المواقع المثلى لإقامة نظم حصاد الميـــاه فـــي

منطقة الدراسة، وتصنيفها بحسب درجة أهميتها إلى ثلاث درجات: مواقع ذات درجة أولى وثانية وثالثة.

- إن مواقع تقاطع القسمات الخطية والفوالق المنتشرة في منطقة الدراسة وما يتبع ذلك من شقوقية عالية للتشكيلات الجيولوجية، يجعل هذه المواقع أماكن غير صالحة لإنشاء نظم حصاد المياه أو سلامتها، ولكنها تعدُّ ذات أهمية كبيرة في تغذية المياه بالنسبة إلى المصادر المائية الجوفية (الينابيع والآبار).
- تبيّن من خلال هذه الدراسة نجاعة تقانات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي في إنجاز مثل هذا النوع من الدراسات، موفرةً بذلك الوقت والجهد والمال، وتضعنا أمام مجموعة من الخيارات المبنية على أساس علمي وتقني. إن إمكانية تحديد مجموعة من المواقع بحيث تكون ملائمة لإقامة سدود تخزينية صغيرة عليها كان من الصعب بمكان أو حتى متعذراً بالوسائل التقليدية وبإجراء المسوحات الحقلية لمنطقة مساحتها بحدود المساحة المدروسة، وذات طبيعة بيئية وتضاريسية وجيولوجية متباينة، مما يبيّن أهمية استخدام معطيات الصور الفضائية والأنظمة الرافدة لتطبيقات الاستشعار عن بعد.
- قدمت نتائج تحليل الصور الفضائية وتفسيرها كمّاً كبيراً من المعلومات، وأتاحت وضع مجموعة من المخططات والخرائط الغرضية التي تخدم موضوع الدراسة، عدا ذلك هناك إمكانية للإفادة من هذه المخططات والخرائط في تنفيذ دراسات أخرى.
- حققت الحصيلة النهائية للمواقع المقترحة مجموعة من المعايير المختارة والشاملة كالطبوغرافيا والجيولوجيا والهيدرولوجيا واستعمالات الأراضي أمكن تطبيقها من خلال استخدام نظام المعلومات الجغرافي الذي أدّى دور أداة لإرشاد الاختيار وأخذ القرار.

التوصيات

- يجب التوجه أولاً إلى المواقع ذات الأفضلية الأولى والثانية كخيار أفضل لإقامة سدود وسدات صغيرة عليها وإلى المواقع الأكثر أملاً ضمن الخيارات المتاحة. وفي حال اختيار أكثر من موقع على الحوض الصباب نفسه يجب الأخذ بالحسبان العلاقة التبادلية للتغذية السطحية للمياه التي تنعكس على كمية المياه المحتجزة خلف السدود.
- إجراء دراسات تفصيلية لمنطقة الدراسة وخاصة فيما يتعلق بالتربة وحمايتها من الانزلاق، متضمنة إجراء دراسات جيوفيزيائية وجيوهندسية تفصيلية للمواقع التي حُدّدت؛ وذلك وفقاً لحجم الأعمال الهندسية المراد تنفيذها والمرتبطة بحجم المياه المتوقع تخزينها وراء كل سد بهدف تحديد الموقع بشكل دقيق وإمكانية إنشاء نظم حصاد مياه آمنة.

References المراجع

1- خوري، وديع فؤاد. 2007. التكامل بين حصاد المياه والحد من الانجراف المائي لمسقط مياه حوض الساحل (بطموش،بللوران)، أطروحة دكتوراه، جامعة حلب، ص39.

2- داود، جمعة محمد. 2012. أسس التحليل المكاني في اطار نظم المعلومات الجغرافية (ط.1).مكة المكرمة،المملكة العربية السعودية، ص181.

3- صومي، جورج، الشايب، رياض، داود، معن دانيال. 2003. استخدامات الموارد المائية في الجمهورية العربية السورية للأغراض الزراعية حتى عام 2030. الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية سورية. مؤتمر علوم وتكنولوجيا الموارد المائية أسبوع العلم الثالث والأربعون، الكتاب الثاني. جامعة دمشق،ص180.

4- المجموعة الإحصائية الزراعية، 2007. 24 فبراير، أُسترجعت في تاريخ 13 مارس. 2013 من http://moaar.gov.sy/main/archives/584

5- المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا). 2008. أُسترجعت في تاريخ 15 يوليو،2011 من http://www.icarda.cgiar.org

6- مشروع الإدارة الخضراء في الزراعة، مشروع استثمار فائض مياه الامطار في الساحل السوري لإرواء ريف حمص وريف حماه وريف دمشق. 2011، 18 فبراير، أُسترجعت في تاريخ 15 يوليو،2012 من http://gogreensyria.blogspot.com/2011/02/blog-post.html

7- المكتبة الشاملة استرجعت في تاريخ 13 مارس، 2013 من
http://dc341.4shared.com/doc/cGGmhuOy/preview.html

8- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2002. تعزيز استخدام تقانات حصاد المياه في الدول العربية،التجربة السورية. الخرطوم، السودان، ص44.

9- FAO. 1991. Water Harvesting.
http://www.fao.org/docrep/u3160e/u3160e00.htm.

10- Maidment, D. 2006. Center for Research in Water Resources. University of Texas at Austin- Arc Hydro Tool set Application to the Upper Pearl.

11- McCoy, J; Johnston, K.2001-2002. Using Arc GIS Spatial Analyst.

12- McCoy, J; Johnston, K.2000-2002. Using Arc GIS 3D Analyst.