

مقال بحثي
Optimal Location Identification for Small Surface Dams in As-Suwayda Using Remote Sensing Techniques and Integrated Systems
تحديد المواقع المثلى للسدات السطحية الصغيرة في السويداء باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد والنظم الراهدة



المؤلفون: نبال الصالح منيف بوحسون	الجهات: الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية_السويداء_ سورية التواصل: neebal_alsaleh@yahoo.com	تاريخ التقديم: 20 حزيران 2023 تاريخ القبول: 25 تشرين الأول 2023
---	--	--

ABSTRACT

In light of the climatic changes that the world is witnessing, the problem of water shortage has begun to increase, especially in arid and semi-arid regions, so it has become necessary to provide additional methods of water securing, whether for drinking, agriculture, or other life requirements. The rainwater harvesting operations is one of the most effective methods to provide water. This study was an attempt to determine the ideal locations for small surface dams in As-Suwayda Governorate as one method for water harvesting in order to benefit from it in crops irrigation, considering that determining the appropriate location is the basis for the success of these dams. The study was conducted relying on remote sensing techniques and related systems, where a set of criteria related to soil, topography, land cover, geology, watershed characteristics and precipitation were applied to the natural collection sites (Sink). Next, a comparison between these sites was made using AHP (Analytical Hierarchy Process Priority Calculator program) to find the best sites. This study identified 59 surface dam sites, distributed in four preference categories, occupying 9 first preference sites. The study also provided detailed data for each site, including the area of the watershed, the runoff, the volume of storage, and the area of agricultural land benefiting from the water collected, which constituted an important database that can be used when implementing these sites.

Keywords: water harvesting, remote sensing, geographic information systems, As-Suwayda.

الملخص

في ظل التغيرات المناخية التي بات يشهدها العالم، بدأت مشكلة نقص المياه تتفاقم خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، وأصبح من الضروري توفير أساليب إضافية لتأمين المياه سواء للشرب أو للزراعة أو لمتطلبات الحياة الأخرى. ومن أكثر الأساليب فعالية في توفير المياه هي عمليات حصاد مياه الأمطار. جاءت هذه الدراسة كمحاولة لتحديد المواقع المثلى للسدات السطحية الصغيرة في محافظة السويداء كواحدة من أساليب حصاد المياه بهدف الاستفادة منها في ري المزروعات، باعتبار تحديد الموقع الملائم هو أساس نجاح هذه السدات. تمت الدراسة بالاعتماد على تقانات الاستشعار عن بعد والنظم الراهدة لها، حيث طبقت مجموعة من المعايير تتعلق بالتربة

والطبوغرافيا والغطاء الأرضي والجيولوجيا وخصائص أحواض التجميع والهطولات المطرية، على مواقع التجميع الطبيعية (Sink)، ومن ثم المفاضلة بين هذه المواقع باستخدام برنامج حساب الأولوية (Analytic Hierarchy Process Priority Calculator) AHP للوصول إلى تحديد المواقع الأفضل. تمكنت هذه الدراسة من تحديد 59 موقعا للسدات السطحية، وزعت ضمن أربع فئات من حيث الأفضلية، حيث احتلت 9 مواقع الأفضلية الأولى. كما أعطت الدراسة بيانات تفصيلية لكل موقع تتضمن مساحة الحوض المغذي، وحجم الجريان السطحي، وحجم التخزين، ومساحة الأراضي الزراعية المستفيدة من المياه المجمعة، مما شكل قاعدة بيانات هامة يمكن الاستفادة منها عند تنفيذ هذه المواقع.

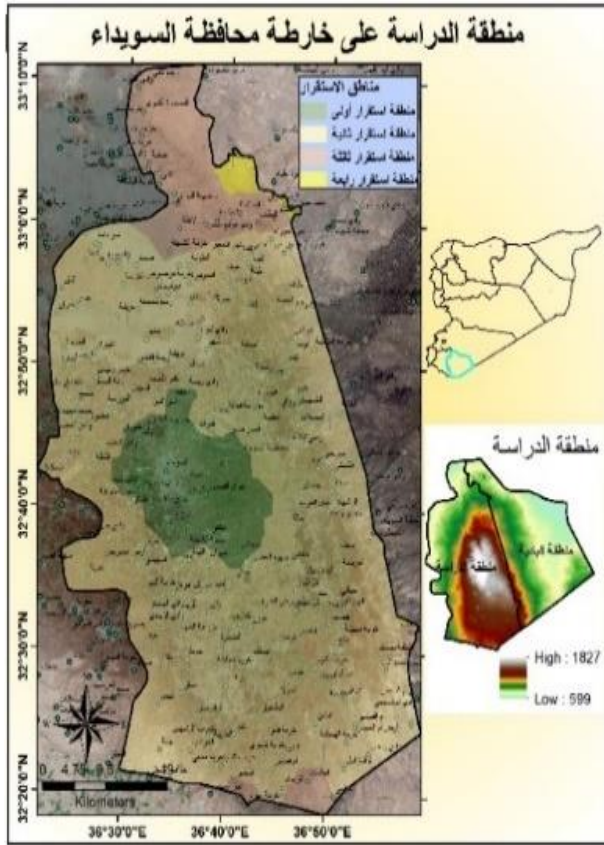
الكلمات المفتاحية: حصاد المياه، الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، السويداء.

المقدمة:

خاصة، أو بشكل غير مباشر عن طريق تجميعه خلف السدود أو السدات للاستفادة منها في أوقات الجفاف سواء للشرب أو الري التكميلي^[1]. تعرف السدات السطحية بأنها سدود صغيرة يتم إنشاؤها على مجرى الوادي^[2]، تقيد في توفير كميات محدودة من المياه خلال فترات الإجهاد المائي، كمكمل لمياه الأمطار. يتطلب نجاح إقامة هذه السدات تحديد المواقع المناسبة لتنفيذها، ويتم ذلك على أسس علمية تضمن إدارة المساقط المائية والاستفادة من مواردها وتجميع مياه المطر بأقل التكاليف. وتعد تقانات الاستشعار عن بعد والنظم المتكاملة معها أدوات مفيدة في تحديد المواقع المثلى لحصاد المياه من خلال تقييم واستكمال وتحليل البيانات لتكون كافية وشاملة (كماً ونوعاً) لاتخاذ ودعم القرار الأرشد، مما يتيح دراسة جميع العوامل المؤثرة في تشكيل الجريان السطحي وتجميعه. وقد استخدمت العديد من الدراسات في مناطق مختلفة من العالم تقانات الاستشعار عن بعد في تحديد المواقع المثلى لحصاد المياه^[3-7]. وتشمل العوامل المشتركة التي تم أخذها في الاعتبار، استعمالات الأراضي والانحدارات وعمق الجريان السطحي ومعدلات الهطل المطري والفوالق وعمق التربة والجيومورفولوجيا. ومع الإشارة إلى أن أي من الدراسات السابقة لم تأخذ بعين الاعتبار جميع العوامل المؤثرة في تحديد المواقع المثلى، فقد حاولت هذه الدراسة الإلمام بجميع العوامل، من وجهة نظر المؤلفين، التي تحكم اختيار الموقع الأنسب، ومن ثم المفاضلة بين المواقع المحددة من خلال مجموعة من المعايير التي تحدد أهمية الموقع ومدى الاستفادة منه. هدفت هذه الدراسة إلى تحديد المواقع المثلى للسدات

في ظل التغيرات المناخية التي تشهدها منطقة الدراسة في الآونة الأخيرة والتي ترافقت بتغير نظام الهطل المطري وتعاقب فترات الجفاف، ازداد الوضع المائي صعوبةً. ومع تطور الحياة والنمو السكاني وازدياد الحاجة إلى المياه سواء للشرب أو للزراعة أو لمتطلبات الحياة الأخرى، أدى ذلك إلى نقص حاد في المصادر المائية وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة التي يقع القطر العربي السوري ضمنها، هذا بالإضافة إلى تأثيره على الأمن الغذائي نتيجة العلاقة الوثيقة بين الأمن المائي والغذائي. تعد محافظة السويداء في جنوب سورية من المحافظات الفقيرة بالمصادر المائية. وعلى الرغم من وجود بعض المناطق فيها ضمن منطقة الاستقرار الأولى ذات معدلات هطل سنوية تتراوح بين 400 وأكثر من 600 مم إلا أن هذه المناطق لا تتجاوز 5% من مساحة المحافظة (عمل الباحثين بالاعتماد على خارطة توزع مناطق الاستقرار في سورية الصادرة عن وزارة الزراعة)، بينما تقع معظم أراضي المحافظة ضمن مناطق الاستقرار الثانية والثالثة والرابعة والخامسة التي تعاني من قلة الهطولات المطرية وعدم كفايتها خاصة للقطاع الزراعي. انطلاقاً من حاجة المنطقة للمياه، أصبح من الضروري استخدام الأساليب الكفيلة لإدارة الموارد المائية بالشكل الأمثل، وتوفيرها قدر الإمكان. ويندرج ضمن هذه الأساليب عمليات حصاد مياه الأمطار، والتي تعد من أكثر الأساليب فعالية في توفير المياه، عن طريق توجيه الجريان السطحي وتخزينه إما بشكل مباشر في منطقة جذور النباتات من خلال تقنيات أو نظم تجميع

- خارطة طبوغرافية للمنطقة بمقياس 1/50000.
- نموذج الارتفاع الرقمي (DEM (Digital Elevation Model) بدقة 12.5 م، من الموقع <https://vertex.daac.asf.alaska.edu//>
- بيانات مناخية تتضمن معدلات الهطل المطري السنوية لعدة محطات ضمن المنطقة، شملت 33 محطة تم أخذ المتوسط السنوي للهطل المطري لكل محطة لمدة تراوحت بين 10-20 سنة (ملحق 1).
- خارطة تصنيف التربة للمنطقة (الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، 2021)



الشكل (1) منطقة الدراسة على خارطة محافظة السويداء

- البرامج اللازمة للعمل: برنامج ArcGIS10.3، والامتداد ArcHydro10.3، برنامج ERDASV16، برنامج PCI-Geometric v2016، برنامج Global mapper.

طرائق البحث:

- 1- إنشاء قاعدة بيانات تتضمن كل العوامل المؤثرة في تشكل جريان سطحي وإمكانية تجميعه وهي:

السطحية الصغيرة في محافظة السويداء للاستفادة منها في ري المزروعات، وإعداد قاعدة بيانات مكانية لمحافظة السويداء تفيد هذه أي دراسة مستقبلية تتعلق بالمنطقة. وتجدر الإشارة إلى أن الهدف الرئيسي هو تحديد المواقع المثلى لأغراض الري الزراعي في المناطق التي تضم أراضي زراعية من المحافظة فقط، أما حصاد المياه في منطقة البادية والمناطق الهامشية، فقد يكون الأمثل لتنمية الغطاء الرعوي.

المواد والطرائق:

منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في محافظة السويداء جنوب سورية، وتشمل كامل محافظة السويداء باستثناء منطقة البادية (الشكل 1)، وتمتد على مساحة 343361 هكتاراً، بين خطي طول $32^{\circ}15'N$ و $33^{\circ}15'N$ ودائرتي عرض $36^{\circ}20'E$ و $37^{\circ}00'E$. يتراوح ارتفاع المنطقة من 640 م إلى 1800 م تقريباً فوق سطح البحر. ويختلف المناخ باختلاف المناطق والارتفاعات بشكل كبير، إذ تتراوح معدلات الهطل المطري بين أقل من 150 مم/سنوياً إلى أكثر من 600 مم/سنوياً، وتتوزع أراضي المحافظة على خمس مناطق استقرار^[8]. تعتبر الأمطار والتلوج المصدر الرئيسي للمياه في المنطقة، حيث تغيب المسيلات المائية السطحية الدائمة، ويقتصر على وجود المسيلات المؤقتة (أودية) خلال فصلي الشتاء والربيع، ولكن قد تغيب بعض هذه الأودية في بعض السنوات، حيث يتوقف تدفقها على كمية الأمطار الهائلة وشدها. وتصب بعض هذه الأودية في سدود سطحية لكنها قد لا تكفي احتياج المحافظة من الماء في بعض السنوات. تعتمد محافظة السويداء على الزراعة المطرية بشكل كبير، وتشكل مساحة الأراضي القابلة للزراعة 203136 هكتاراً بنسبة 36.6% من المساحة الكلية^[9] ومعظمها زراعات بعلية.

مواد البحث:

- صور فضائية عالية الدقة للمنطقة من القمر الصناعي Quick bird بدقة 60 سم، من الموقع Google Earth.
- صور فضائية Landsat8 و Sentinel من الموقع <https://earthexplorer.usgs.gov//>

3- المفاضلة بين المواقع: تمت المفاضلة بين المواقع المحددة حسب مجموعة من المعايير التي تحدد أهمية الموقع ودرجة الاستفادة منه، وهي:

- حجم التخزين الذي يمكن تجميعه في بحيرة سدة التجميع، عن طريق حساب مساحة البحيرة بالاعتماد على خطوط الكونتور، فيكون حجم التخزين = مساحة البحيرة × فارق الارتفاع بين أعلى وأخفض نقطة في البحيرة، مع الأخذ بعين الاعتبار تغيرات عمق البحيرة وفق خطوط الكونتور.

- حجم الجريان السطحي الواصل لكل موقع، حيث تم تقدير عمق الجريان السطحي بالاعتماد على طريقة الرقم المنحي CN (Curve Number) المعتمدة من قبل وزارة الزراعة الأمريكية [10]، وتم إنتاج خارطة توزع معدلات الهطل المطري بالاعتماد على البيانات المطرية من عدة محطات مطرية (ملحق 1)، ثم إنتاج شريحة معامل الجريان السطحي بالاعتماد على خارطتي توزع معدلات الهطل المطري وتوزع عمق الجريان السطحي، حيث أن معامل الجريان السطحي هو نسبة المياه الجارية من كمية الهطل المطري. وفي النهاية، تم ترسيم حدود المساقط المائية المغذية لكل موقع بواسطة برنامج GIS، ومن ثم تقدير حجم الجريان السطحي الواصل لكل موقع بالاعتماد على مساحة المسقط المائي ومعامل الجريان السطحي وكمية الهطل المطري.

- مساحة الأراضي الزراعية (البساتين والمحاصيل) المحيطة بموقع التجميع، ضمن مساحة دائرة نصف قطرها 2 كم تشكل سدة التجميع السطحية مركزها.

تمت المفاضلة وفق المعايير التالية بالترتيب حسب درجة الأهمية في اختيار الموقع من وجهة نظر الباحثين:

- (1) النسبة المئوية لحجم التخزين بالنسبة لحجم الجريان السطحي.
- (2) حصة المتر المربع من الأراضي الزراعية المحيطة بكل موقع من المياه المجمعة في سدة التجميع.
- (3) حجم الجريان السطحي للمسقط المائي المغذي لكل موقع.
- (4) حجم التخزين في بحيرة السدة في كل موقع.

- شريحة نقاط تجمع مياه الجريان السطحي sinks layer والتي تعتبر الخطوة الأولى وعليها يتم تطبيق معايير تحديد المواقع، وشريحة المسيلات المائية بدرجة حساسية 1000 خلية، حيث تم إنشاء الشريحتين السابقتين بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM12.5 لمساحة أكبر من مساحة محافظة السويداء، ضمن برنامج GIS.

- خارطة استعمالات الأراضي: بالاعتماد على التفسير البصري لصور Sentinel والصور عالية الدقة، وفق ميزان استعمالات الأراضي السوري 2018 على المستوى الأول والثاني والثالث، حيث تم استخدام المستوى الأول لتصنيف الأراضي في معايير تحديد المواقع. أما المستوى الثالث، فقد تم استخدامه أثناء تحديد حجوم الجريان السطحي (كمعيار مفاضلة).

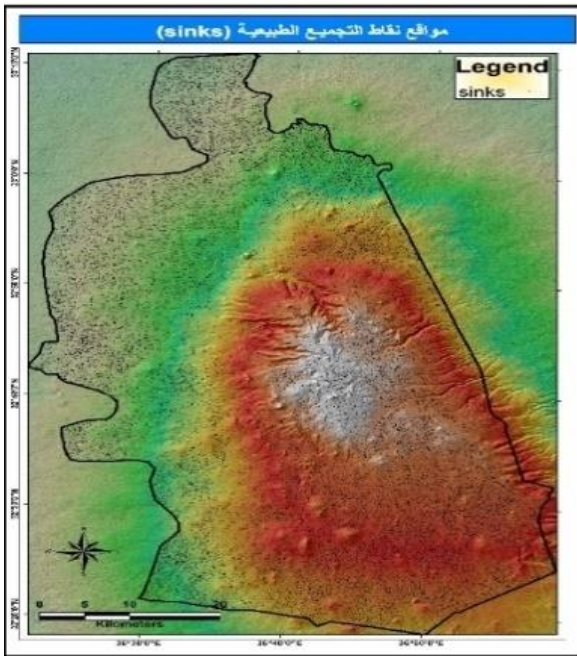
- خارطة الانحدارات: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM12.5، ومن ثم تصنيف الخارطة إلى فئات حسب قدرتها على توليد الجريان السطحي.

- شريحة الخطوط والفوالق الأرضية: بالاعتماد على صور Landsat8 وبرنامج PCI-Geometric.

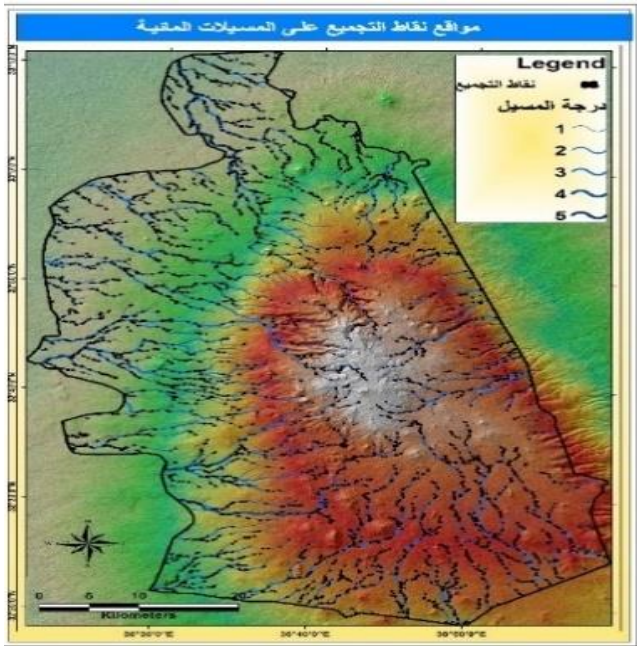
- خارطة التربة: تم الاعتماد على خارطة تصنيف التربة لمحافظة السويداء وفق التصنيف الأمريكي soil taxonomy على مستوى الرتب (الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية السورية).

2- تحديد معايير اختيار مواقع السدات:

- تقع على المسيلات المائية فقط.
 - تقع ضمن أنماط استعمالات الأراضي غير المستثمرة.
 - تقع ضمن الانحدارات الخفيفة.
 - البعيدة عن الخطوط والفوالق الأرضية.
 - ذات الترب التي تسمح بإنشاء السدات
 - ذات حجم التخزين الأكبر ومساحة التجميع الأصغر.
- تجدر الإشارة إلى أنه تم إنتاج قاعدة البيانات المكانية وفق حدود الحوضات والمساقط المائية، ومن ثم الأخذ بالمواقع ضمن حدود منطقة الدراسة.



الشكل (2) مواقع نقاط تجمع المياه السطحية (sink)



الشكل (3) مواقع نقاط التجميع على المسيلات المائية

استعمالات الأراضي: يوضح الشكل (4) توزيع أنماط استعمالات الأراضي في محافظة السويداء وفق المستوى الأول، وفيها تم تقسيم الاستعمالات إلى سبع فئات موضحة في الجدول (1)، ويظهر من الجدول أن حوالي 75% من مساحة المنطقة هي أراضٍ مستثمرة إما زراعية أو عمرانية أو حراجية أو استعمالات خاصة، و25% من المساحة تشكل أراضٍ غير مستثمرة ومراعي، تم اختيار المواقع ضمن

(5) النسبة المئوية لأراضي المحاصيل المحيطة بكل موقع من مساحة الأراضي المستفيدة.

(6) النسبة المئوية لأراضي البساتين المحيطة بكل موقع من مساحة الأراضي المستفيدة.

ثم تم تصنيف كل معيار إلى فئات حسب دورها في تحديد الموقع الأنسب، وإعطاء كل فئة درجة (A,B,C,D)، حيث تأخذ الدرجة A القيمة الأعلى بين الفئات لكل معيار وتمثل الاختيار الأفضل للموقع، والدرجة B تمثل 75% من الدرجة A وتكون ذات أهمية أقل من A، أما الدرجة C تشكل 50% من A، والدرجة D تشكل 25% من A. وعن طريق برنامج تحديد الأولوية، ووفقاً للترتيب المحدد للمعايير تم حساب قيمة كل معيار والذي يمثل الدرجة A، ومن ثم حساب قيم باقي الفئات حسب قيمتها من A. وفي النهاية تم جمع الدرجات للحصول على درجة تقييم، وتقسيم المواقع إلى أفضلية جيدة جداً، وجيدة، ومتوسطة، وضعيفة.

النتائج:

1- تحديد المواقع الملائمة للسدات السطحية:

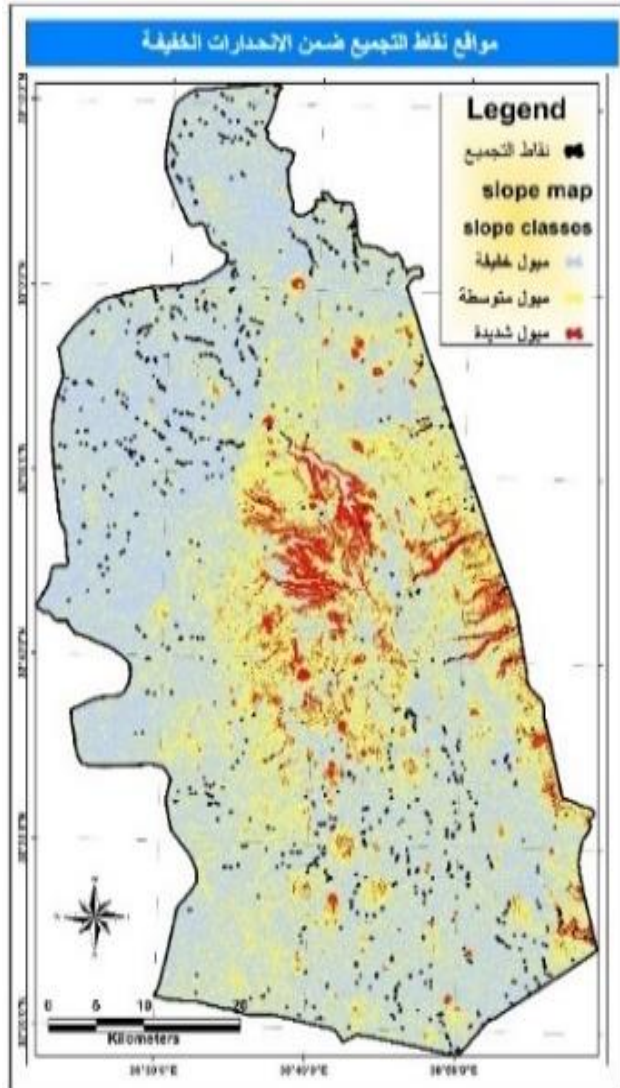
يوضح الشكل (2) شريحة نقاط تجمع مياه الجريان السطحي sinks layer، حيث بلغ عدد هذه النقاط في منطقة الدراسة 35093 نقطة. وهنا تجدر الإشارة أن العدد الكبير لهذه المواقع يعود لاستخدام نموذج ارتفاع رقمي بدقة عالية (12.5م). تم تطبيق المعايير التالية على هذه الشريحة: **المسيلات المائية:** يبين الشكل (3) توزيع شبكة المسيلات المائية في المنطقة، ويظهر أن معظم المسيلات المائية من الدرجة الأولى والثانية والثالثة، في حين أن أربع مسيلات فقط من الدرجة الرابعة ومسيل واحد من الدرجة الخامسة، مع العلم أن كل هذه المسيلات مؤقتة تتشكل بعد الهطولات المطرية، وتتوقف فترة جريانها على درجة المسيل وكمية الهطل المطري. في الخطوة الأولى لتحديد المواقع الملائمة للسدات، تم اختيار المواقع التي تقع على المسيلات المائية فقط، كما يوضح (الشكل 3).

39.1%، ومناطق ذات ميول شديدة أكثر من 15% تشغل 5.5% فقط من مساحة المنطقة، وتم اختيار مواقع السدات في المناطق ذات الميول الخفيفة والتي تحقق المعيارين السابقين، كما يوضح الشكل (5).

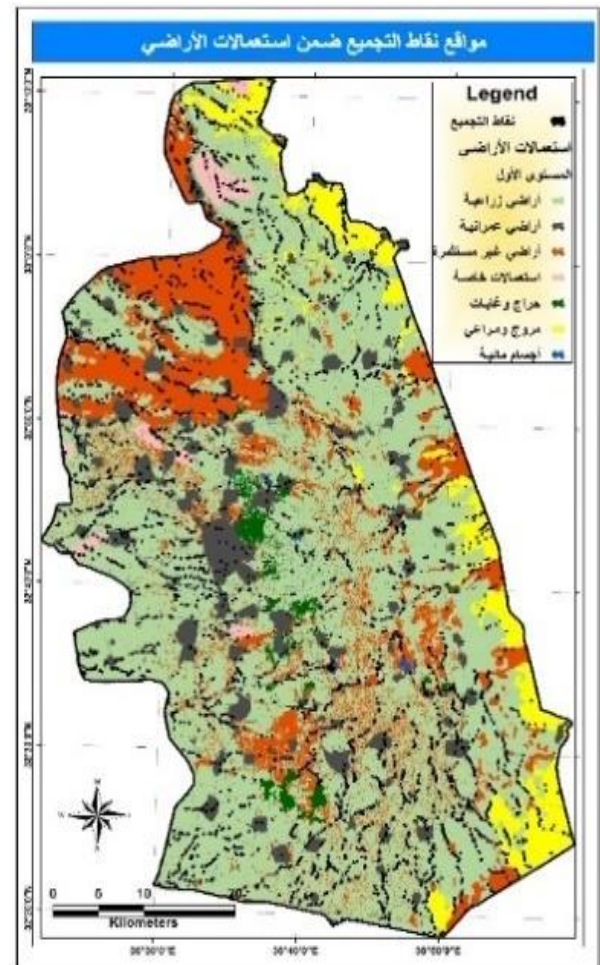
الفوالق والخطوط الأرضية: يوضح الشكل (6) توزع الفوالق والخطوط الأرضية في المنطقة، حيث تتركز الكثافة العالية لهذه الخطوط في الجزء الجنوبي الشرقي من المنطقة وبدرجة أقل في الجزء الغربي. تم في هذه الدراسة اختيار مواقع السدات التي تبعد عن الخطوط الأرضية مسافة تزيد عن 200 م، وتحقق المعايير الثلاثة السابقة، (الشكل 6).

الأراضي غير المستثمرة والمراعي والواقعة أساساً على المسيلات المائية وفق المعيار الأول، (الشكل 4).

جدول (1) مساحة أنماط استعمالات الأراضي ونسبتها المئوية		
نمط الاستعمال	المساحة (هكتار)	النسبة المئوية (%)
مسطحات مائية	2379.39	0.7
أراضي زراعية	212314.33	61.9
أراضي عمرانية	31602.76	9.2
أراضي غير مستثمرة	62516.77	18.2
استعمالات خاصة	4683.06	1.4
حراج و غابات	5107.02	1.5
مروج ومراعي	24623.92	7.2

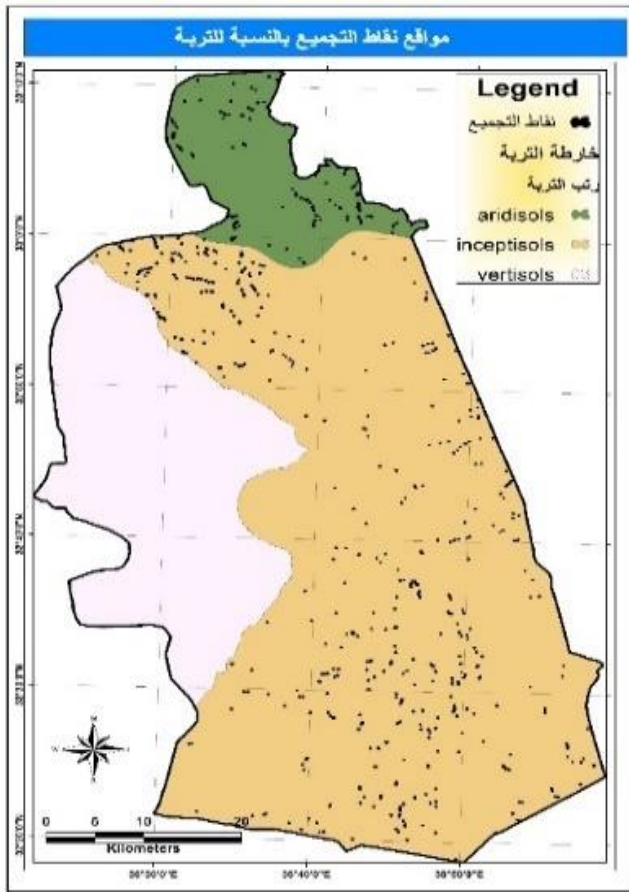


الشكل (5) مواقع نقاط التجميع ضمن الانحدارات الخفيفة

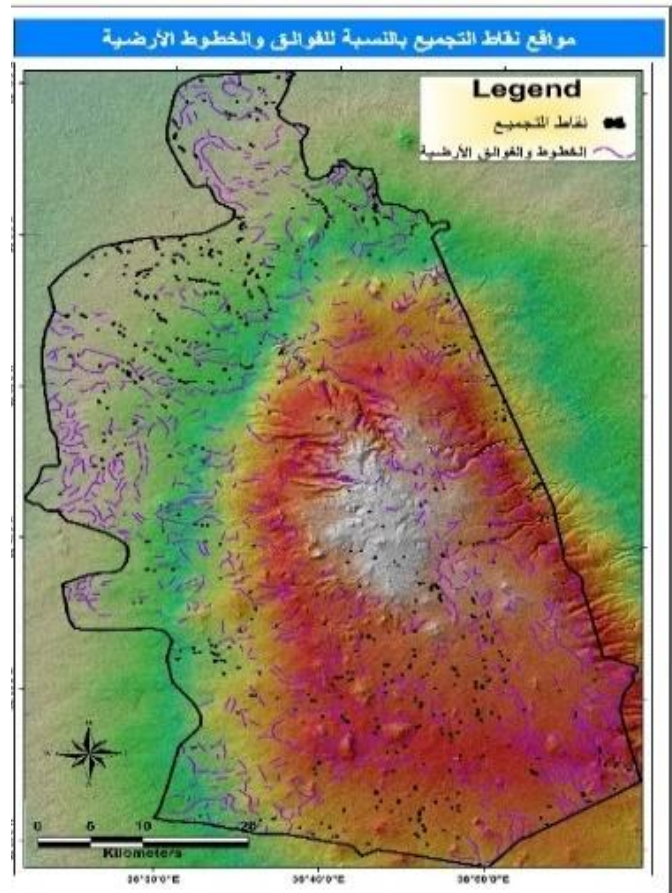


الشكل (4) مواقع نقاط التجميع ضمن استعمالات الأراضي

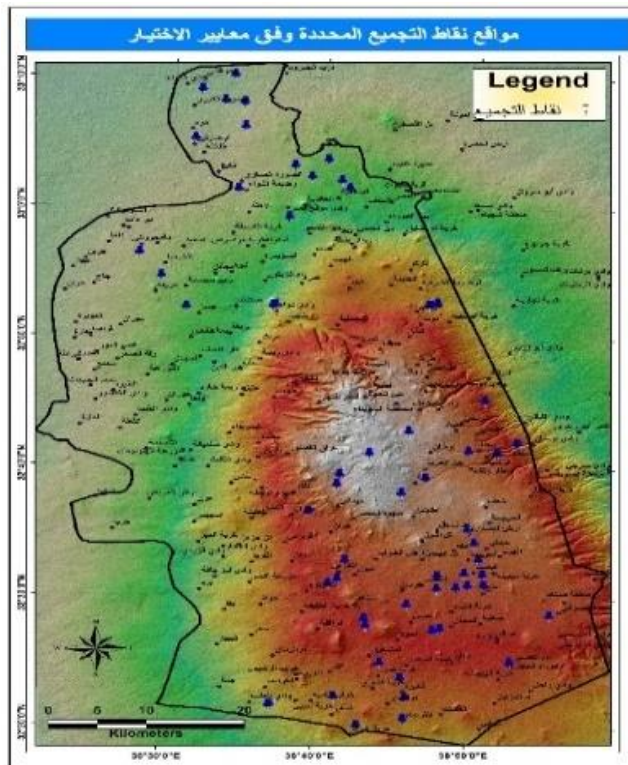
الانحدار: تم تقسيم الانحدارات في المنطقة إلى مناطق ذات انحدارات خفيفة أقل من 5% وتشكل 55.4% من مساحة المنطقة، ومناطق ذات ميول متوسطة 5-15% وتشكل



الشكل (7) مواقع نقاط التجميع بالنسبة للتربة



الشكل (6) مواقع نقاط التجميع بالنسبة للفوالق والخطوط الأرضية



الشكل (8) مواقع نقاط التجميع المحددة وفق معايير الاختيار

التربة: يظهر من خارطة رتب التربة (الشكل 7) أن ترب منطقة الدراسة تصنف إلى رتبة الترب القلابة Vertisols تتركز في الجزء الغربي من المحافظة وتمثل 9% من مساحة المنطقة، ورتبة الترب القاحلة Aridisols في الجزء الشمالي بنسبة 23% من المساحة، والترب قليلة التطور Inceptisols في باقي المناطق بنسبة 67%. تم اختيار المواقع التي تقع ضمن رتبتي الترب قليلة التطور والقاحلة والتي تحقق المعايير المذكورة في الخطوات السابقة. في النهاية تم استبعاد بعض المواقع كالقريبة من السدود السطحية المقامة في المنطقة، والمواقع التي تقع ضمن تكشفت صخرية لا يمكن الوصول لها. وبالتالي، تم تحديد 59 موقعاً ملائماً للسدات السطحية من مجموع المواقع الكلي (35039 موقع)، ويوضح الشكل (8) توزع هذه المواقع في المنطقة.

بحيرة التخزين، ومنه يظهر أن حجم التخزين تراوح بين 2975.95 م³ في الموقع رقم 46، و206522.8 م³ في الموقع 8.

المفاضلة بين المواقع المحددة:

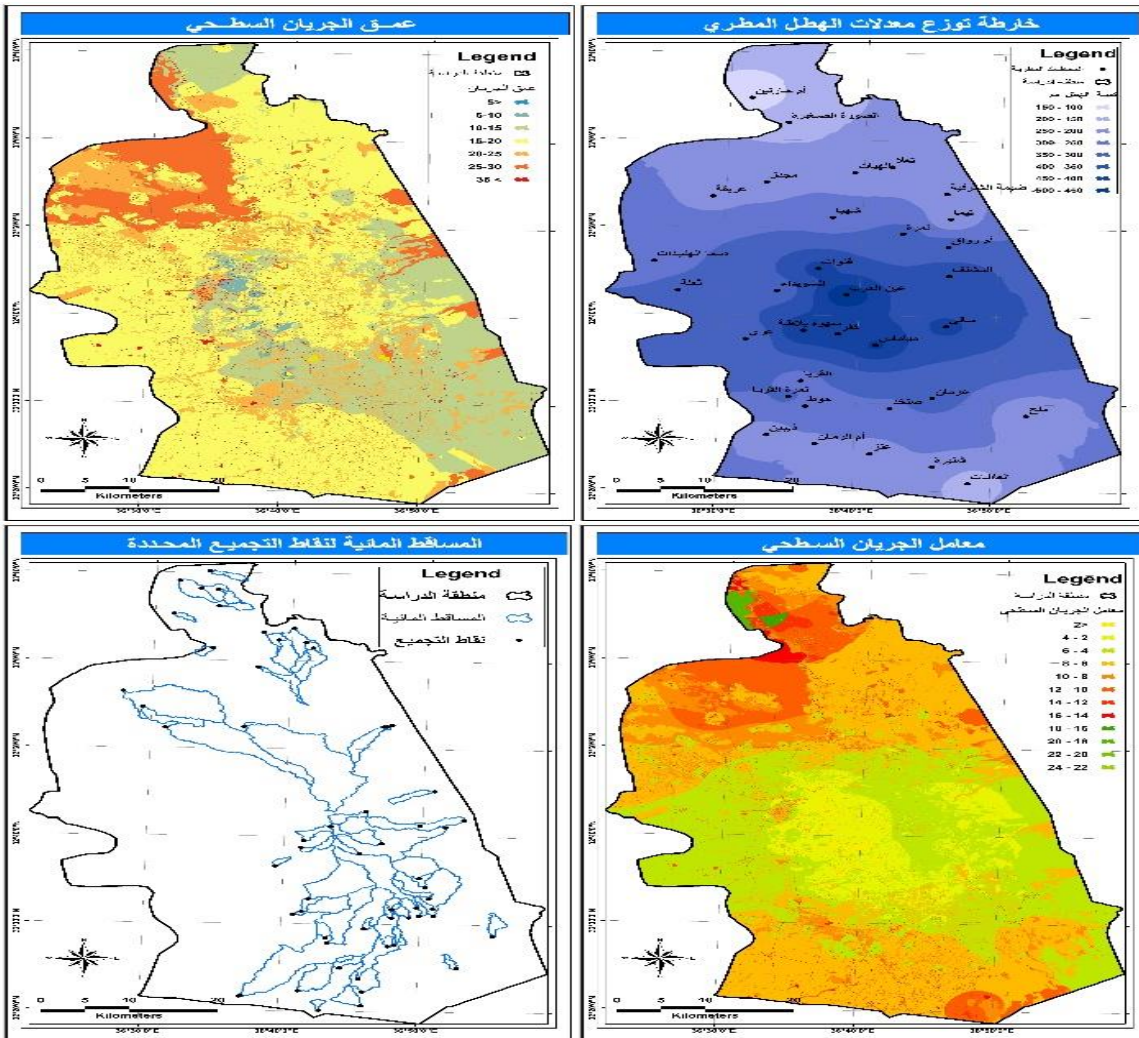
حجم التخزين: يوضح الجدول (2) حجم المياه التي يمكن تجميعها في كل من المواقع المحددة ومساحة

(2) مساحة بحيرات التجميع وحجم التخزين في كل موقع											
المو قع	المساحة (هكتار)	حجم التخزين (م ³)	المو قع	المساحة (هكتار)	حجم التخزين (م ³)	المو قع	المساحة (هكتار)	حجم التخزين (م ³)	المو قع	المساحة (هكتار)	حجم التخزين (م ³)
1	1.1	21620.8	15	1.0	20822.7	30	1.9	41953.0	45	4.0	97095.1
2	3.0	69488.5	16	2.3	61537.3	31	1.0	20860.5	46	0.1	2976.0
3	1.4	35663.8	17	1.5	40108.4	32	0.8	15348.5	47	4.3	137898.8
4	3.0	62700.4	18	3.1	71053.7	33	0.9	18794.1	48	2.3	64643.9
5	0.5	9448.7	19	0.3	6863.4	34	1.3	50247.7	49	1.8	42028.8
6	1.6	34443.1	20	1.6	32798.3	35	1.1	55614.4	50	0.7	13018.2
7	1.9	37111.2	21	2.3	45139.3	36	0.7	42951.4	51	0.8	16379.5
8	8.7	206522.8	22	1.1	22902.5	37	0.4	8262.8	52	0.2	3559.8
9	3.1	66352.6	23	0.9	23923.5	38	1.2	59893.3	53	0.8	16162.8
10	3.7	84701.3	24	1.5	29143.3	39	2.0	79579.9	54	0.8	16905.5
11	0.3	5750.2	25	2.6	51137.0	40	1.3	67321.2	55	0.4	7993.4
12	7.0	146612.8	26	2.2	44492.1	41	0.5	13955.2	56	1.3	34642.9
13	3.0	78035.4	27	1.2	24704.1	42	0.7	19031.2	57	0.8	24318.1
14	3.1	62062.2	28	1.6	32313.5	43	0.5	10667.7	58	1.0	20329.5
			29	4.1	82724.2	44	0.8	16185.5	59	1.3	31642.3

المائي لكل موقع من المواقع المحددة، وحجم الجريان السطحي ضمن كل مسقط مائي. ويظهر من الجدول أن للموقع 51 أصغر مسقط مائي 158 هكتار، بينما وصلت مساحة المسقط المائي المغذي للموقع 57 إلى 13194.9 هكتار، وتراوح حجم الجريان السطحي في المواقع المحددة بين 24649.88 في الموقع 51 و2294211.68 م³ في الموقع 57.

حجم الجريان السطحي:

يبين الشكل (9) الخرائط المستخدمة في تقدير حجم الجريان السطحي ضمن المسقط المائي المغذي لكل موقع، وفيه يظهر خارطة توزع معدلات الهطول المطري في المنطقة، وشريحة توزع عمق الجريان السطحي، وشريحة توزع قيم معامل الجريان السطحي، كما يظهر في الشكل ذاته شريحة المساقط المائية للمواقع المحددة. يوضح الجدول (3) مساحة المسقط



الشكل (9) الخرائط المستخدمة في تقدير حجم الجريان السطحي للمواقع

من 100% في الموقع 4، وسجلت هذه النسبة أقل من 50% في معظم المواقع.

نسبة حجم التخزين من حجم الجريان السطحي:

يبين الجدول (4) نسبة حجم التخزين إلى حجم الجريان السطحي للمواقع المحددة كنسبة مئوية. ومنه يظهر أن هذه النسبة تراوحت بين 0.36% في الموقع 11، إلى أكثر

الجدول (3) مساحة المساقط المائية وحجم الجريان السطحي في نقاط التجميع

الموقع	المساحة (هكتار)	الجريان السطحي (م ³)	الموقع	المساحة (هكتار)	الجريان السطحي (م ³)	الموقع	المساحة (هكتار)	الجريان السطحي (م ³)	الموقع	المساحة (هكتار)	الجريان السطحي (م ³)
1	362.1	47662.1	15	237.4	41107.4	30	974.8	139589.2	45	1703.4	300684.9
2	1949.4	278524.1	16	747.8	122616.1	31	1556.1	277891.2	46	2025.6	354037.8
3	375.9	56121.7	17	504.5	77460.1	32	254.9	53490.7	47	3628.7	576973.0
4	330.3	57857.2	18	5521.8	898400.8	33	1149.5	204978.9	48	3087.6	514012.6
5	196.8	38804.9	19	240.2	37579.7	34	1086.7	193464.1	49	3937.0	625021.3
6	2506.7	454536.0	20	5305.3	846055.4	35	1095.9	195105.0	50	166.1	26577.7
7	1149.8	205552.1	21	5868.3	953484.6	36	499.3	71251.4	51	158.0	24649.9

79598.3	526.4	552	87639.7	512.3	37	27814.9	186.3	22	299966.1	1627.0	8
36689.8	236.9	53	270259.8	1629.5	38	42921.2	270.3	23	177365.1	944.4	9
34232.4	206.2	54	147308.0	886.8	39	71713.7	397.0	24	132040.4	719.3	10
35937.5	235.5	55	1056212.8	6142.0	40	419399.7	2659.0	25	1596021.7	6812.5	11
2292731	13188.5	56	80594.7	492.9	41	76674.9	394.5	26	252200.1	1008.7	12
2294211.7	13194.9	57	66376.5	397.2	42	545521.6	3239.9	27	1926150.2	10426.5	13
138178.0	739.8	58	71240.8	407.4	43	284346.9	1534.9	28	1243428.8	5639.5	14
34095.4	180.8	59	26620.2	175.4	44	751166.4	4361.9	29			

الجدول (4) نسبة حجم التخزين من حجم الجريان السطحي							
الموقع	التخزين/ الجريان (%)	الموقع	التخزين/ الجريان (%)	الموقع	التخزين/ الجريان (%)	الموقع	التخزين/ الجريان (%)
1	45.36	15	50.65	30	30.05	45	32.29
2	24.95	16	50.19	31	7.51	46	0.84
3	63.55	17	51.78	32	28.69	47	23.90
4	108.37	18	7.91	33	9.17	48	12.58
5	24.35	19	18.26	34	25.97	49	6.72
6	7.58	20	3.88	35	28.50	50	48.98
7	18.05	21	4.73	36	60.28	51	66.45
8	68.85	22	82.34	37	9.43	52	4.47
9	37.41	23	55.74	38	22.16	53	44.05
10	64.15	24	40.64	39	54.02	54	49.38
11	0.36	25	12.19	40	6.37	55	22.24
12	58.13	26	58.03	41	17.32	56	1.51
13	4.05	27	4.53	42	28.67	57	1.06
14	4.99	28	11.36	43	14.97	58	14.71
		29	11.01	44	60.80	59	92.81

مساحة الأراضي الزراعية المحيطة بكل موقع:

بالإضافة إلى قيم حصة المتر المربع من الأراضي الزراعية من حجم التخزين في كل موقع. ويظهر من الجدول أن نسبة مساحة أراضي البساتين من مساحة الأراضي المحيطة بالسدة تراوحت بين 0-80%، وكذلك الأمر بالنسبة لأراضي المحاصيل فقد تراوحت نسبة مساحة المحاصيل من مساحة المنطقة المستفيدة من 0-90%. وتراوحت حصة المتر المربع من المياه المجمعة بين 0.3 مم في الموقع 47 و 80.7 مم في الموقع 15.

حتى تكون عملية نقل المياه لري المزروعات عملية سهلة وغير مكلفة، يجب ألا تكون الأراضي التي ستستفيد من المياه بعيدة كثيراً عن سدة التجميع، لذلك تم اختيار الأراضي التي تبعد مسافة لا تزيد عن 2 كم عن الموقع. يوضح الجدول (5) نسبة مساحة أراضي المحاصيل وأراضي البساتين من مساحة دائرة محيطة بالموقع نصف قطرها 2 كم تشكل سدة التجميع مركزها،

الجدول (5) النسبة المئوية للمساحة التي تشغلها المحاصيل والبساتين من المنطقة المستفيدة وحصّة م ² من التخزين							
الموقع	مساحة المحاصيل (%)	مساحة البساتين (%)	حصّة م ² من التخزين (مم)	الموقع	مساحة المحاصيل (%)	مساحة البساتين (%)	حصّة م ² من التخزين (مم)
1	32.4	0.0	5.4	30	31.3	0.0	7.7
2	70.8	1.3	10.8	31	66.3	0.0	2.4
3	19.4	0.0	9.9	32	0.0	0.0	6.6
4	87.1	0.0	5.3	33	36.8	0.9	3.9
5	15.0	4.8	6.8	34	51.6	1.9	7.8
6	13.1	0.0	19.6	35	50.3	0.9	8.8
7	81.8	0.0	3.7	36	84.1	0.0	4.7
8	37.7	0.0	41.0	37	45.4	16.9	0.9
9	46.3	0.0	12.8	38	17.6	0.0	26.1
10	75.8	0.0	8.6	39	71.8	0.0	7.5
11	36.4	0.0	0.7	40	35.5	0.0	9.4
12	39.4	6.6	28.5	41	0.0	76.4	1.4
13	11.9	0.9	22.9	42	0.6	67.8	2.1
14	2.0	0.0	80.7	43	42.4	52.4	1.1
15	5.3	80.3	2.2	44	12.0	40.3	2.6
16	54.8	13.9	6.8	45	51.6	0.7	12.8
17	75.3	1.5	4.6	46	56.6	11.7	0.3
18	52.8	2.9	8.2	47	41.0	37.0	15.8
19	78.1	0.0	0.7	48	63.1	1.9	6.9
20	36.3	4.7	5.6	49	28.9	7.0	6.5
21	46.4	4.2	6.9	50	78.4	0.0	1.4
22	74.9	0.6	2.9	51	74.9	2.7	1.8
23	75.5	1.0	2.4	52	75.2	0.0	0.4
24	55.1	3.6	3.6	53	82.7	0.0	1.5
25	55.3	25.9	5.0	54	82.7	0.1	1.6
26	83.7	0.9	4.6	55	88.4	0.0	0.7
27	74.9	10.5	2.5	56	86.7	0.4	3.1
28	90.2	0.0	2.8	57	87.7	0.4	2.2
29	65.7	14.5	7.9	58	89.3	0.0	1.8
				59	85.2	2.2	4.0

وفي النهاية تم ترتيب معايير المفاضلة وتصنيف كل معيار إلى فئات حسب دورها في تحديد الموقع الأنسب، كما يبين الجدول (6).

الجدول (6) ترتيب معايير المفاضلة وتصنيفها			
الدرجة	التصنيف	المعيار	التسلسل حسب الأهمية
D	<75%	النسبة المئوية لحجم التخزين بالنسبة لحجم الجريان السطحي	1
C	50-75%		
B	25-50%		
A	>25%		
D	>5 مم	حصّة المتر المربع من الأراضي الزراعية المحيطة بكل موقع ضمن دائرة قطرها 4كم من المياه المجمعة في بحيرة التجميع	2
C	5-10 مم		
B	10-20 مم		
A	<20 مم		
D	>100000 م ³	حجم الجريان السطحي للمسقط المائي المغذي لكل موقع	3
C	100000 - 500000 م ³		

B	1000000 – 500000 م ³	حجم التخزين ضمن بحيرة السد لكل موقع	4
A	<1000000 م ³		
D	>10000 م ³		
C	10000 – 50000 م ³		
B	50000 – 100000 م ³		
A	<100000 م ³		
D	>20%	النسبة المئوية لأراضي المحاصيل المحيطة بكل موقع ضمن دائرة نصف قطرها 2 كم	5
C	20-50%		
B	50-80%		
A	<80%		
D	>1%	النسبة المئوية لأراضي البساتين المحيطة بكل موقع ضمن دائرة نصف قطرها 2 كم	6
C	1-5%		
B	5-10%		
A	<10%		

وعن طريق برنامج تحديد الأولوية وفقاً للترتيب المحدد للمعايير تم حساب قيمة كل معيار والذي يمثل الدرجة A، ومن ثم حساب قيم باقي الفئات كما يوضح الجدولين (7 و8).

الجدول (7) درجات الأهمية لمعايير المفاضلة				
(-)	(+)	Priority		Cat
4.1%	4.1%	31.5%	تخزين/جريان %	1
4.5%	4.5%	24.3%	حصة م ² من التخزين	2
4.0%	4.0%	17.3%	حجم الجريان السطحي	3
2.9%	2.9%	12.0%	حجم التخزين	4
1.8%	1.8%	8.4%	مساحة المحاصيل %	5
1.0%	1.0%	6.4%	مساحة البساتين %	6

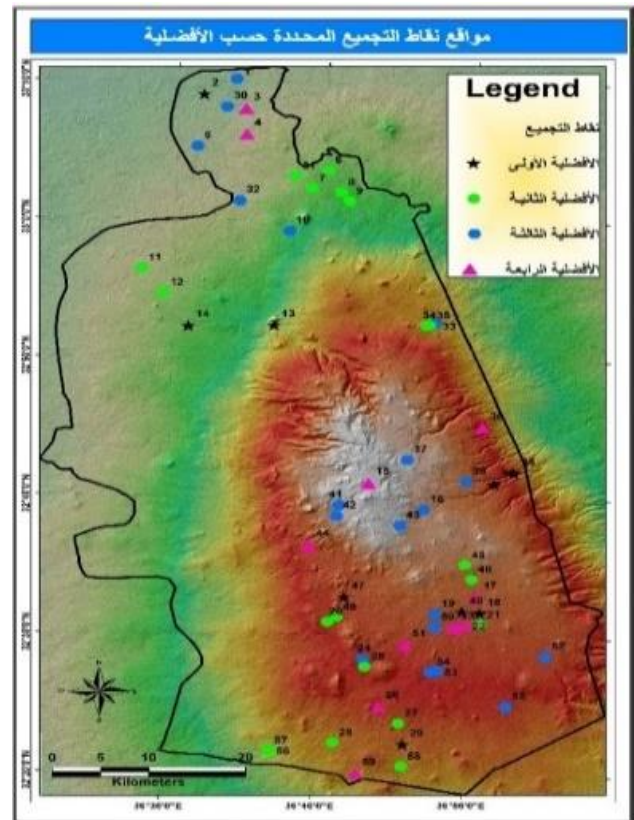
الجدول (8) قيم فئات معايير المفاضلة				
D	C	B	A	المعيار
7.88	15.75	23.63	31.5	تخزين/جريان %
6.08	12.15	18.23	24.3	حصة م ² من التخزين
4.33	8.65	12.98	17.3	حجم الجريان السطحي
3.00	6.00	9.00	12	حجم التخزين
2.11	4.23	6.34	8.45	مساحة المحاصيل %
1.61	3.23	4.84	6.45	مساحة البساتين %
25.00	50.00	75.00	100	مجموع

بعد جمع درجات التقييم تم تحديد صفوف الأفضلية وتوزع المواقع ضمنها، كما يبين الجدول (9).

الجدول (9) توزع المواقع حسب الأفضلية				
الأفضلية	جيدة جداً (90-75)	جيدة (75-60)	متوسطة (60-45)	ضعيفة (30-45)
المواقع	-29-47-14-13 48-18-40-2-38	-21-20-57-56-49-25 -34-11-9-8-45-6-27-12 31-35-76-58-28-7	-37-30-5-41-33-16-43 -53-1-52-19-39-10-55 50-42-24-32-54	-3-36-26-4-59 -15-51-23-17 22-44

طبيعي^[11]. ولاختيار المواقع الأنسب، يتم تطبيق مجموعة من المعايير على هذه الشريحة بما يخدم الهدف من تجميع مياه الجريان السطحي سواء كان الهدف إقامة سدات تجميع سطحية لاستعمالات الري أو الشرب، أو بهدف تغذية المياه الجوفية، أو تنمية المراعي أو غيرها. وفي هذه الدراسة تم إنتاج شريحة نقاط التجميع sinks وبلغ عددها 35093 نقطة في المنطقة المدروسة، وتم تحديد المعايير لإقامة سدات سطحية لأغراض الري التكميلي، حيث يجب أن تقام السدات السطحية على المسيلات المائية، ما يضمن تجميع مياه الجريان السطحي بشكل أكبر من المواقع غير الواقعة على المسيلات. حددت بعض الدراسات مواقع التجميع على المسيلات المائية مباشرة^[12]، وبعضها حددت المواقع حيث تكون كثافة المسيلات كبيرة^[5]، ولكن كلما كان موقع التجميع أقرب إلى المسيل المائي أو عليه مباشرة كلما كانت إمكانية حصاد مياه الجريان السطحي أكبر. كما أن نمط استعمالات الأراضي مهم جداً في تحديد إمكانية إقامة سدة التجميع، حيث أنه لا يمكن إنشاؤها في أراضٍ مستثمرة، لذلك تم إنتاج خارطة استعمالات الأراضي وتحديد المواقع ضمن استعمالات الأراضي غير المستثمرة فقط، والتي تشكل حوالي 25% فقط من مساحة المنطقة المدروسة. ومن بين العوامل المهمة أيضاً في تحديد مواقع السدات السطحية درجة الانحدار، حيث تساعد الانحدارات الشديدة على تشكل الجريان السطحي وزيادة سرعته^[13] [14]، أما الانحدارات الخفيفة فتسمح بتجميع مياه الجريان السطحي. وقد أشارت بعض الدراسات^[15] [5] [3] أن إمكانية تجميع مياه الجريان السطحي تكون أفضل في الميول الخفيفة التي تقل عن 5%، وفي هذه الدراسة تم اختيار مواقع السدات في المناطق ذات الميول الأقل

وبين الشكل (10) توزع مواقع سدات التجميع السطحية ضمن منطقة الدراسة.



الشكل (10) مواقع سدات التجميع المحددة حسب الأولوية

المناقشة:

تعتمد ملائمة موقع حصاد المياه على تحديد أفضل موقع من مجموعة من المواقع المحتملة من خلال تحليل جميع خصائص المواقع المرشحة، وتعد شريحة نقاط تجمع مياه الجريان السطحي sinks الخطوة الأولى التي يتم على أساسها تحديد مواقع حصاد المياه، حيث تشكل هذه النقاط مناطق أخفض من الأراضي المحيطة بها مما يسمح بتجميع مياه الجريان السطحي فيها بشكل

عند تحديد المواقع، استبعاد المواقع غير المجدية كالتالي توجد بالقرب من السدود السطحية الموجودة في المنطقة، أو التي توجد في مناطق كتشفات صخرية واسعة يصعب الوصول لها. تم حسب المعايير السابقة تحديد 59 موقع ملائم لإقامة سدات تجميع سطحية صغيرة من حيث الهيدرولوجيا والغطاء الأرضي والطبوغرافيا والجيولوجيا والتربة، ثم تمت المفاضلة بين هذه المواقع حسب مجموعة من المعايير تم ترتيبها حسب دورها في تحديد أهمية الموقع من وجهة نظر الباحثين. وتعد نسبة حجم التخزين إلى حجم الجريان السطحي المغذي لموقع التجميع أهم هذه المعايير ويحتل المرتبة الأولى في تحديد أهمية مواقع السدات السطحية، حيث كلما كانت النسبة أقل كلما كان الموقع أفضل، وهذا يشير إلى أن الجريان السطحي أكبر من حجم التخزين، مما يضمن ملء بحيرة سدة التجميع في السنوات التي ينخفض فيها المعدل المطري ويقل حجم الجريان السطحي. أما في المواقع التي تزداد هذه النسبة فهذا يعني أنه في بعض السنوات قد لا يكفي حجم الجريان السطحي لملء حجم التخزين، أو أن مساحة المسقط المائي المغذي للموقع لا تكفي لتوليد جريان سطحي كافي، وبذلك يكون الموقع أقل أهمية. يبين الجدولان (2 و6) أن الموقع 11 يحتل المرتبة الأولى بالنسبة لهذا المعيار، حيث تشكل نسبة حجم التخزين إلى حجم الجريان 0.36%، كما أن 31 موقع من المواقع 59 لا تتجاوز نسبة حجم التخزين إلى حجم الجريان 25% وتعتبر ذات الملائمة الجيدة جداً من حيث هذا المعيار، في حين تزيد هذه النسبة عن 75% في المواقع 4 و22 و59 وتعتبر هذه المواقع ضعيفة الملائمة بالنسبة لهذا المعيار. أما المعيار الثاني الذي يحدد أهمية الموقع، فهو حصة المتر المربع من الأراضي الزراعية المحيطة بسدة التجميع من المياه المخزنة في الموقع، فكلما زادت حصة المتر المربع من المياه، كلما كان للموقع دور أكبر في تزويد المزرعات بالاحتياج المائي المطلوب لها، وبالتالي له أهمية أكبر. تم تقدير حصة المتر المربع من المياه المخزنة بما يعادل الهطل المطري، حيث تم تحويل ناتج قسمة حجم التخزين (3م) على المساحة (هكتار) إلى مم حيث كل 1 مم يعادل 10م³/هكتار. يظهر من الجدولين (5 و6) أن للموقع 14

من 5%. كما أن وجود الفوالق والخطوط الأرضية له دور كبير في تحديد مواقع حصاد المياه والغرض منها، فوجود الفوالق الأرضية في منطقة ما يعد انعكاساً لوجود شقوق في الطبقات الصخرية، وهذا يساعد على تصريف المياه وعدم إمكانية تخزينها سطحياً لفترة طويلة، لذلك إذا كان الهدف من حصاد المياه تغذية المياه الجوفية فيجب أن تكون المواقع قريبة من الخطوط الأرضية، أما إذا كان الهدف إقامة سدات تجميع سطحية كما في هذه الدراسة فيجب أن تكون بعيدة، فمن المتطلبات الجيوتقنية لتصميم السدود باختلاف أحجامها أن تقع المواقع المختارة على أرض ذات أساس متين بعيدة عن التخلعات التكتونية كالصدوع والفوالق الصخرية^[16]، لذلك تم اختيار المواقع التي تبعد مسافة أكثر من 200 م عن الخطوط الأرضية. كما ويعتبر نسيج التربة مهم جداً في عمليات حصاد المياه لأنه يحدد معدل الرشح وقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء^[17]، حيث تعتبر التربة ذات النسيج الناعم والمتوسط مناسبة لعمليات حصاد المياه بسبب قدرتها الكبيرة على الاحتفاظ بالمياه، أي أن التربة الطينية ذات قدرة كبيرة على الاحتفاظ بالماء، بينما التربة الرملية ذات النسيج الخشن يزداد فيها الرشح بشكل كبير، وبالتالي فهي غير مناسبة للحصاد المائي^[18]. تتراوح نسبة الطين في الطبقة السطحية من التربة 27.9-67.5%^[19] [20] [21]، أي أن التربة في كل المنطقة تعتبر مناسبة لتجميع المياه السطحية، ولكن تتميز رتبة التربة القلابة بغناها بمعادن الطين خاصة ذات البعد القاعدي المتغير مثل السمكتيت وتتمتع بظاهرة الانتفاخ والانكماش عند تعاقب الرطوبة والجفاف حيث تتشكل شقوق عميقة وعريضة عند حدوث الانكماش وتغلق عند الانتفاخ، وتسبب هذه الظاهرة العديد من المشاكل الخطرة بالنسبة للإنشاءات المدنية^[22]، ولهذا السبب استبعدت المواقع التي تقع ضمن هذه التربة. حتى تكون عملية إقامة منشآت حصاد المياه اقتصادية، يجب اختيار المواقع التي تخزن كمية معقولة من المياه ضمن مساحة صغيرة نوعاً ما، وهذا من شأنه أن يخفف تكاليف الإنشاء من جهة، ومن جهة ثانية يقلل الفقد عن طريق البخر في مواقع التجميع السطحية ذات المساحات الواسعة، ولذلك تم استبعاد النقاط التي يقل عمق التجميع فيها عن 2 م، كما تم الأخذ بعين الاعتبار

المواقع التي لا يمكن تخزين حجم كبير فيها. يختلف حجم التخزين من موقع لأخر حسب طبوغرافية المنطقة، من حيث المساحة التي يمكن استغلالها كبحيرة تجميع، والفرق في الارتفاعات بين أخفض نقطة في الموقع وأعلى نقطة. يظهر من الجدولين (2 و 6) أن المواقع (8-12-47) ذات حجوم تخزين أكثر من 100000م³، وتعد المواقع ذات الأفضلية الجيدة جداً بالنسبة لهذا المعيار، والمواقع (46-52-11-19-55-37-5) ذات حجوم تخزين أقل من 10000م³ وهي ذات الأفضلية الضعيفة بالنسبة لهذا المعيار. وفي النهاية، تم تحديد معياري نسبة مساحة كلاً من أراضي البساتين وأراضي المحاصيل من مساحة المنطقة المحيطة بالسدة والمستفيدة من المياه المجمعة كمعيارين في تحديد أهمية الموقع. فنبعاً للهدف من هذه الدراسة فإن المواقع التي تحيط بها الأراضي الزراعية تكون ذات أهمية أكبر من باقي المواقع. وباعتبار المنطقة المستفيدة من المياه المجمعة هي دائرة نصف قطرها 2 كم كما ذكر سابقاً، فإن مساحة المنطقة المستفيدة حوالي 12.6 كم². ويظهر من الجدولين (5 و 6) أن هناك 12 موقعاً تشكل نسبة مساحة أراضي المحاصيل فيها أكثر من 80% من مساحة المنطقة المحيطة بالسدة، وتعد هذه المواقع ذات الأفضلية الجيدة جداً بالنسبة لمعيار نسبة مساحة المحاصيل، في حين أن 11 موقعاً تشكل نسبة مساحة أراضي المحاصيل فيها أقل من 20% من مساحة المنطقة المحيطة بالسدة، وتعد هذه المواقع ذات الأفضلية الضعيفة بالنسبة لهذا المعيار. كما يظهر أن هناك 24 موقعاً لا تحتوي بساتين ضمن المنطقة المستفيدة، في حين أن هناك 12 موقعاً تمثل البساتين فيها أكثر من 10% من مساحة المنطقة المحيطة بالسدة وتحتل الأفضلية الجيدة جداً بالنسبة لمعيار نسبة مساحة البساتين. عند المقارنة بين المواقع باستخدام جميع المعايير معاً وفق برنامج حساب الأولوية، فإن الموقع 13 يأخذ الأفضلية الكبرى، وتحقق تسعة مواقع الأفضلية الجيدة جداً لإقامة السدات في المنطقة موضحة في الجدول (9)، بينما تمثل المواقع ذات الأفضلية الضعيفة المواقع الأقل ملائمة لإقامة السدات من بين المواقع الـ 59 المحددة.

الأفضلية الأولى بالنسبة لهذا المعيار، وأن حصة المتر المربع من المياه في المواقع 14-8-12-38-13 تزيد عن 20 مم وتعتبر هذه المواقع ذات الأفضلية الجيدة جداً بالنسبة لهذا المعيار، في حين أن هناك 29 موقع لا تزيد حصة المتر المربع فيها عن 5 مم وتعد هذه المواقع ذات الأفضلية الضعيفة بالنسبة لهذا المعيار. ويعد حجم الجريان السطحي الواصل إلى مواقع التجميع المحددة، المعيار الثالث في تحديد أهمية الموقع، حيث يلعب دور كبير في تحديد إمكانية إنشاء سدة تجميع أو لا، كما أن تقدير حجم الجريان السطحي ضروري جداً للعمليات الإنشائية للسدة. وكلما كان حجم الجريان السطحي أكبر كلما كان الموقع أنسب. ولعدم إمكانية قياس معدلات الجريان السطحي في الأودية المتشكلة في المنطقة خاصة أنها موسمية تتشكل بعد الهطل المطري لفترات قصيرة من السنة، تم تقدير حجم الجريان السطحي بالاعتماد على تقدير عمق الجريان السطحي بطريقة الرقم المنحني CN، ومن ثم تقدير حجم الجريان السطحي حسب مساحة المسقط المائي المغذي لكل موقع، ومعدلات الهطل المطري التي تم تسجيلها لفترة لا تقل عن 10 سنوات لمحطات مطرية موزعة في كامل المنطقة. يتعلق حجم الجريان السطحي بمعدلات الهطل المطري، وبطبيعة غطاء التربة من حيث قدرته على تشكيل جريان سطحي، أو إعاقته من خلال رشح المياه إلى الطبقات السفلى [23] [24]، وهذا ما يفسر أن معدلات الجريان السطحي في بعض المواقع ذات المسقط المائي الكبير أقل منها في مواقع أخرى لها مسقط مائي أصغر مساحةً كما يظهر في الجدول (3). وأشارت النتائج في الجدولين (3 و 6) أن المواقع (57-56-13-11-14-40) ذات حجم جريان سطحي يزيد عن 1000000م³ وتعد هذه المواقع ذات الأفضلية الجيدة جداً بالنسبة لهذا المعيار، أما المواقع ذات حجم الجريان السطحي الأقل من 10000م³ هي المواقع ذات الأفضلية الضعيفة بالنسبة لهذا المعيار وعددها 25 موقع. أما المعيار الرابع المحدد لأهمية المواقع فهو حجم التخزين الذي يمكن تجميعه في بحيرة سدة التجميع، فكلما كان حجم التخزين أكبر كلما كانت حصة المزروعات المحيطة بالموقع من المياه أكبر، وبالتالي يكون للموقع أهمية أكبر من

- mountainous area of Crete, Greece. Glob. NEST J. 2015; 17(1): 72–81.
8. Tumbo S D, Mbilinyi B P, Mahoo H F, Mkilamwinyi F O.. Identification of suitable indices for identification of potential sites for rainwater harvesting. Tanzania J. Agric. Sci. 2014; 12(2): 35–46.
9. المجموعة الإحصائية الزراعية لعام 2018، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، مديرية التخطيط والتعاون الدولي، قسم الإحصاء، وزارة الزراعة، سورية. 2018.
10. USDA-TR55. Urban Hydrology for Small Watersheds, Department of Agriculture, USA.1986.
11. ESRI. Arc Hydro Tools - Tutorial Version 1.3. ESRI 380 New York St., Redlands, CA 92373-8100, USA. FAX 909-793-5953. WEB www.esri.com. 2009.
12. ريم عمار، ورفيق جبر، وعبد المجيد الكفري. استخدام تقانات الاستشعار عن بعد والنظم الراقدة في إدارة مياه الأمطار وتحديد المواقع المثلى لتطبيق نظم حصاد المياه في الجزء الجنوبي من السلسلة الساحلية. مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية. 2015، 31(2).
13. Wischmeier W H. Surface runoff in relation to physical and management factors. Proc. 1st Pan Am. Soil Cons. Congress Sao Paulo, Brazil. 1966. pp. 237-244.
14. Shen Z Z, LIU P L, XIE Y S. Study of plot soil erosion characteristic under different underlying horizon. Bulletin of Soil and Water Conservation. 2006; 26(3):6-9.
15. Munyao J N. Use of satellite products to assess water harvesting potential in remote areas of Africa: a case study of Unguja Island, Zanzibar MSc Thesis. International Institute of Geoinformation Science and Earth Observation, Enschede, Netherlands. 2010.
16. Torrijio F J, Alija S, Garzon-Roca J. Geological and geotechnical characterization of the Terrateig Dam in Valencia, Spain. Environmental and Engineering Geoscience. 2019; 21(1): 1-14.
17. Mbilinyi B P, Tumbo S D, Mahoo H F, Mkiramwinyi F O. GIS-based decision support system for identifying potential sites for rainwater harvesting. Phys. Chem. Earth. 2007; 32: 1074–1081.
18. Ball J. Soil and Water Relationships. [Internet]. 2001. [cited 2022 Aug 12]. Available from [http://www.noble.org/Soils/soilWater Relationships/Index.htm]
19. سامي الحناوي. توصيف بعض الترب في محافظة السويداء وتقويمها باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد. (رسالة دكتوراه). كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية. 2012.
20. الصالح نبال. دراسة تدهور التربة وتجمعات الحراج الطبيعية في السويداء (منطقة ظهر الجبل ومحيطها) بين الفترة 1980-2010 باستعمال تقانات الاستشعار عن بعد. (رسالة ماجستير). كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية. 2014.

الاستنتاجات والتوصيات:

تمكنت الدراسة من تحديد 59 موقعاً ملائماً للسدات السطحية الصغيرة من حيث جميع العوامل المؤثرة في تشكيل جريان سطحي وتجميعه -من وجهة نظر الباحثين-، ومن ثم المفاضلة بين هذه المواقع لتحديد المواقع الأفضل من ضمن المواقع المحددة، وتعتبر هذه من أولى الدراسات التي أخذت بعين الاعتبار كل هذه العوامل والمعايير. بينت الدراسة أنه يمكن الاستفادة من تقانات الاستشعار عن بعد والنظم الراقدة لها في تحديد مواقع السدات السطحية بدقة كبيرة وبسهولة وعلى مساحات واسعة. توصي الدراسة بتنفيذ سدات سطحية صغيرة في المنطقة بالاعتماد على النتائج التي تم الوصول إليها، مما يساهم في تأمين مصدر إضافي مجاني للري التكميلي للمزروعات في المنطقة التي تعاني من نقص المياه.

المراجع:

1. Oweis T, Hachum A, Kijne J. Water harvesting and supplementary irrigation for improved water use efficiency in dry areas. SWIM paper 7. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka. 1999.
2. Marsh M. Landscape planning: Environmental Applications (5th ed). Danvers, MA: John Wiley & Sons, Inc. pp. 267-268. ISBN 978-0-470-57081-4.
3. Wondimu G H, Jote D S. Selection of Rainwater Harvesting Sites by Using Remote Sensing and GIS Techniques: A Case Study of Dawa Sub Basin Southern Ethiopia. Journal of Environment and Earth Science 2020; 10(9):24-35.
4. Khudhair M A, Sayl K N, Darama Y. Locating Site Selection for Rainwater Harvesting Structure using Remote Sensing and GIS, 3rd International Conference on Sustainable Engineering Techniques (ICSET 2020) 2020, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 881 (2020) 012170 doi:10.1088/1757-899X/881/1/012170
5. Mugo G M, Odera P A. Site selection for rainwater harvesting structures in Kiambu County-Kenya. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences. 2019; 22: 155-164.
6. Ammar A, Riksen M, Ouassar M, Ritsema C. Identification of suitable sites for rainwater harvesting structures in arid and semi-arid regions: a review. Int. Soil Water Conserv. Res. 2016; 4 (2): 108–120.
7. Kourgialas N N, Karatzas G P, Morianou G. Water management plan for olive orchards in a semi-

21. رشا بوشديد . تأثير عامل المناخ في بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحيوية لترب المنطقة الجنوبية الغربية م محافظة السويداء. (رسالة دكتوراه). كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة دمشق، سورية. 2021.
22. حسن حبيب، أسس علم التربة. منشورات جامعة دمشق. 2013.
23. Ramos M C, Nacci S. Soil Sealing and Its Influence on Erosion Rates for Some Soils in the Mediterranean Area. Soil Science Society of America Journal. 2000; 165(5): 398-403.
24. Taye G, Poesen J, Van Wesemael B, Vanmaercke M, Daniel T, Deckers J, Goosse T, Maetens W, Nyssen J, Hallet V, Haregeweyn N. Effects of land use, slope gradient, and soil and water conservation structures on runoff and soil loss in semi-arid northern Ethiopia. Physical Geography. 2013; 34(3): 236-259.

مساهمات المؤلفين:

أجري هذا البحث مناصفةً بين الباحثين في كل مرحلة من مراحله.

إنتاج الخرائط مناصفةً بنسبة 50% لكل باحث.

المسودة الأصلية والحسابات الرقمية مناصفةً، 50% لكل باحث.

الكتابة والمراجعة والتحرير مناصفةً بنسبة 50% لكل باحث.
تضارب المصالح: يعلن المؤلفان أنه ليس لديهم أي مصالح متضاربة.

توافر البيانات والمواد: جميع البيانات متوفرة في النص الرئيس أو في المواد التكميلية.

المواد التكميلية: ملحق رقم (1).