

## تحديد المواقع المحتملة لحصاد المياه باستخدام طريقة التحليل الهرمي ونظام المعلومات الجغرافي

الباحثة د. تماضر الإبراهيم كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث

### الملخص

إن تحديد المواقع المحتملة لحصاد المياه خطوة هامة لتوفير المياه في المناطق الجافة وشبه الجافة. يهدف هذا البحث إلى اختيار المواقع المثلى لحصاد المياه في منطقة الدراسة، حيث تتميز بحدوث الفيضانات التي ينتج عنها كميات كبيرة من الجريان السطحي . تم إدخال تأثير خمسة عوامل وهي: الميل، الهطول المطري، التراكيب الجيولوجية، القسامات الخطية، المسيلات المائية، والتي تم تحديدها بالاعتماد على المراجع المتوفرة ذات الصلة، وحساب أهمية (وزن) كل منها في نموذج المواقع المحتملة لحصاد المياه باستخدام طريقة التحليل الهرمي (AHP). وتحدد هذه الطريقة الوزن النهائي لكل عامل مؤثر في حصاد المياه اعتماداً على آراء الخبراء المحليين من خلال استخدام مصفوفات المقارنة المزدوجة وحساب نسبة التطابق بين هذه الآراء. ثم تجرى عملية الدمج الخطي الموزون للخرائط المستخدمة المصنفة والممثلة للعوامل المذكورة باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية (GIS)، وبالتالي الحصول على خريطة الملاحة لمواقع حصاد المياه في منطقة الدراسة، وقد أخذ بالحسبان عدة عوامل بيئية في منطقة الدراسة وهي : المدن، الطرق، الآبار، الفوالق، حيث تم تطبيق حرم لهذه العوامل باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافي ومن ثم استبعادها من خريطة الملاحة لمواقع حصاد المياه. يمكن استخدام نتائج هذا البحث في التخطيط الفعال لإدارة مصادر المياه لتضمن تطوير مستدام للمياه في منطقة الدراسة وفي مناطق أخرى تعاني من قلة المياه.

**كلمات مفتاحية:** المواقع المحتملة لحصاد المياه ، طريقة التحليل الهرمي ، مصفوفات المقارنة المزدوجة ، نظام المعلومات الجغرافي، خريطة الملاحة .

## Identify potential harvesting water sites using hierarchical analysis method and geographical information system

### Abstract

Identification of potential water harvesting sites is an important step to save water in arid and semi-arid areas. This research aims to select the optimal sites for water harvesting in the study area, which is characterized by floods that include large amounts of runoff. The effect of five factors has been introduced: slope, rainfall, geological structures, lineaments, and drainages. Which were determined based on the relevant available references, and the importance (weight) of each of them was calculated in the model of potential water harvesting sites using the AHP method. This method determines the final weight of each factor influencing water harvesting based on the opinions of local experts through the use of paired comparison matrices and calculating the consistency ratio between these opinions. Then, the process of weighted linear integration of the used maps classified and representative of the mentioned factors using the GIS program, and thus obtaining a map of suitability for water harvesting sites in the study area.

**Keywords:** potential water harvesting sites , hierarchical analysis method, pairwise comparison matrices, geographic information system, map of suitability.

## 1- مقدمة:

إن حسن استثمار الموارد المائية لأغراض الشرب والزراعة والصناعة وغيرها من الاستخدامات يستلزم تقييم هذه الموارد من حيث الكم والنوع، وبالتالي لابد من اختيار الوسيلة المناسبة للاستثمار الأمثل للمياه المتوفرة، حيث يعتبر حصاد مياه الأمطار من أهم التقنيات التي استخدمها الإنسان منذ القدم وذلك في المناطق ذات المناخ الجاف وقليلة الأمطار، للاستفادة منها في الأغراض الاقتصادية، ومن هذه التقنيات نذكر بناء حواجز ترابية (سدود وسدات) صغيرة في مناطق جريان السيول وأيضاً بناء الأحواض والحفر، والتي تساهم بفاعلية في الأنشطة الزراعية والسكانية المختلفة وذلك وفقاً لشروط ومعايير محددة تحقق الغرض من الدراسة المطلوبة [1].

إن التطور الكبير الذي حصل سواء كان في وسائل العمل وامتلاك التقانات والبرمجيات أو في مجال اكتساب المهارات والخبرات أدى إلى اختصار الكثير من الجهد والوقت وإعطاء المزيد من الدقة في النتائج التطبيقية لهذه الدراسات. من هنا كانت الاستعانة بتقنيات نظام المعلومات الجغرافي (GIS) للاختيار الأمثل لمواقع إنشاء سدود وسدات (سدود صغيرة) للاستفادة قدر الإمكان من مياه الأمطار في منطقة البادية، حيث يمكن نظام المعلومات الجغرافية من إجراء التحليلات اللازمة على المعطيات بشكلها المكاني والوصفي والربط بينهما وإجراء التقييمات الكمية والوصفية المطلوبة. وبالتالي يمكن وبسهولة الحصول على خريطة جديدة أو معطيات مشتقة أو كليهما، تحمل هذه الخريطة تنبؤات أو استنتاجات وفق مخطط منهجي يتم وضعه مسبقاً، مما يساعد في تقليص النفقات وتوفير الجهد وزيادة الإنتاج وكذلك الدقة العالية في تنفيذ المهمة إذا ما قارنا تنفيذ عمل ما بالأساليب التقليدية نظراً لما لهذا النظام من وسائل معالجة متقدمة [9].

## 2- الهدف من البحث:

يهدف البحث إلى تحديد المواقع المحتملة لحصاد المياه باستخدام طريقة التحليل الهرمي التي تستخدم المراجع وآراء الخبراء المحليين في تحديد الوزن للعوامل المؤثرة، ثم إجراء عملية الدمج الخطي الموزون للخرائط المستخدمة المصنفة والممثلة للعوامل المذكورة باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافي.

## 3- مواد وطرائق البحث:

للحصول على الهدف المنشود من الدراسة باستخدام نظام المعلومات الجغرافية (GIS) وطريقة التحليل الهرمي (AHP) تم استخدام البيانات التالية [3]:

- صورة فضائية ETM ذات دقة تمييز مكاني (15×15 m)، حيث تم وضع مخطط القسامات الخطية.
- الخريطة الجيولوجية بمقياس 1/200000 ، حيث تم رسم مخططات التشكيلات الجيولوجية والقوق.
- الخريطة الطبوغرافية بمقياس 1/50000، حيث تم استخلاص مخططات المسيلات المائية والارتفاعات ونموذج الارتفاع الرقمي و الميول .
- خريطة توزع الهطول المطري حيث تم الحصول منها على توزع معدلات الهطول المطري السنوية في المنطقة المدروسة.
- شرائح الآبار والطرق والمدن في منطقة الدراسة.

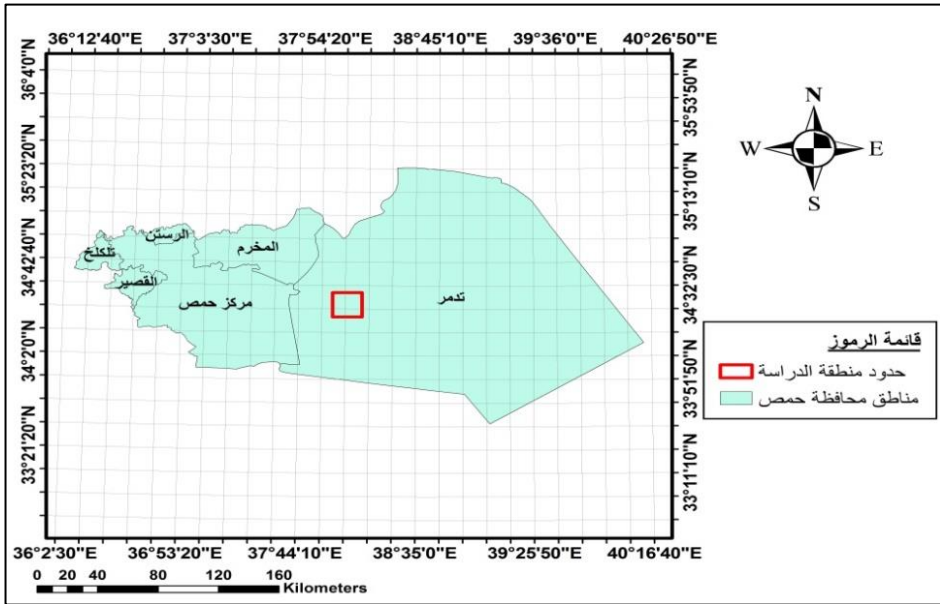
## 3 - 1 - منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة إلى الغرب من تدمر في محافظة حمص (الشكل 1) ويحدد الامتداد الجغرافي لمنطقة الدراسة بين خطي العرض  $34^{\circ} 18' 00''$  و  $34^{\circ} 29'$  و  $15^{\circ}$  شمالاً. وخطي الطول  $37^{\circ} 54' 15''$  و  $38^{\circ} 11' 15''$  شرقاً . تتميز المنطقة من الناحية الطبوغرافية بأنها تمتد ضمن منطقة التلال السفحية للجبال التدمرية المتوسطة إلى منخفضة الارتفاع، والسطح الطبوغرافي قليل التعرج ذو ميول منخفضة إلى متوسطة (على أغلب المساحة) تتخلله بعض المرتفعات من سلسلة الجبال

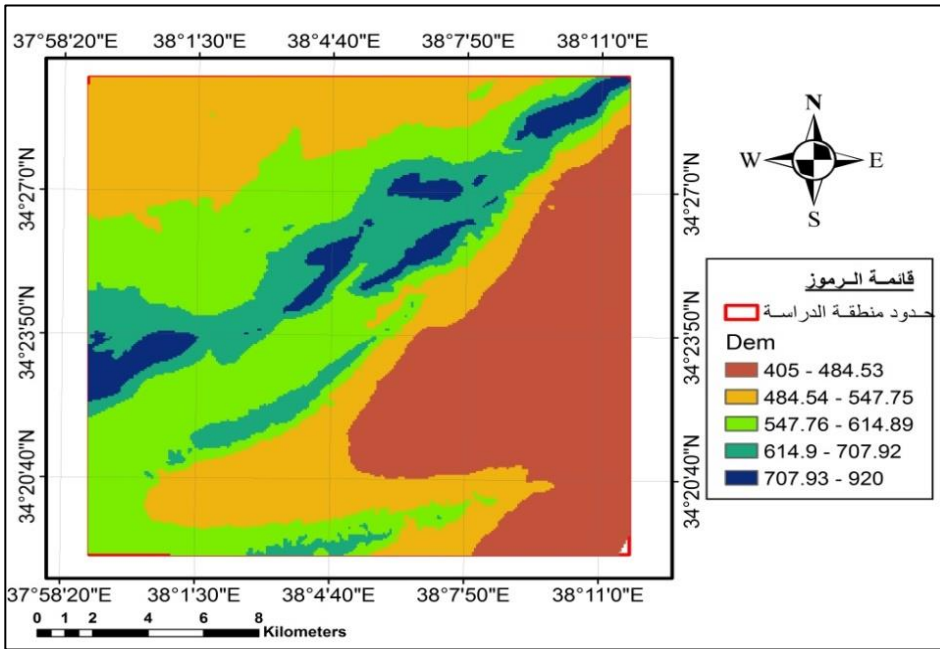
التدمرية، حيث يتراوح الارتفاع الطبوغرافي بين (920 m) في الشمال الغربي، وتقع أخفض نقطة في أقصى الجنوب الشرقي ويبلغ ارتفاعها (405m) عن سطح البحر كما هو مبين في نموذج الارتفاع الرقمي Dem لمنطقة الدراسة كما يوضح الشكل (2) . ويغلب على المنطقة المدروسة تأثير المناخ الجاف حيث قيمة الهطول المطري أقل من (200 mm/year) كما يبين الشكل (3) [3] .

وتنتشر 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.

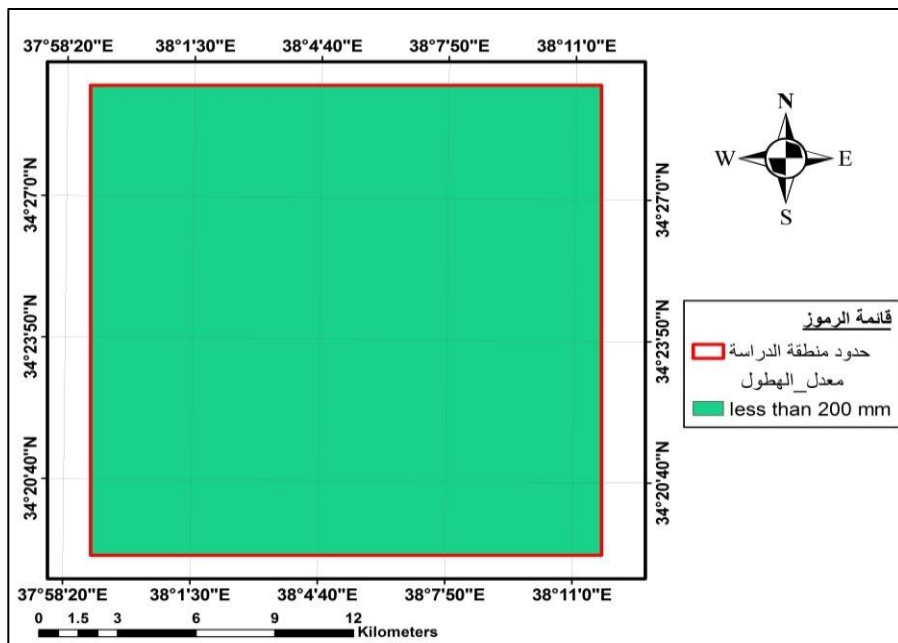
ونظراً لوجود إمكانيات فنية للاستفادة من الجريانات غير الدائمة ولافتقار المنطقة إلى مصادر مائية دائمة للاستفادة منها في الزراعة واستخدامات أخرى، فإن لهذه المسيلات الموسمية أهمية اقتصادية بحيث يتم اختيار أفضل المواقع من حيث المواصفات الليتولوجية والتكتونية والطبوغرافية لإنشاء سدود صغيرة وسدات لتحتجز خلفها كميات لا بأس بها من مياه الأمطار.



الشكل (1) : الامتداد الجغرافي لمنطقة الدراسة



الشكل (2): نموذج الارتفاع الرقمي Dem لمنطقة الدراسة



الشكل (3) : توزيع الهطول المطري في منطقة الدراسة

### 2-3 - طريقة التحليل الهرمي (AHP):

تعدّ طريقة AHP إحدى أدوات تحليل القرار المتعدد المعايير (MCDA) المطور من قبل Satty1980، حيث تستخدم لحساب الأوزان للمعيار (المقياس) بالاستناد إلى آراء الخبراء (الاجتهادات) المتناقضة، فهي طريقة غير مألوفة تخفف من الحاجة لجمع الخبراء في مكان واحد، بالإضافة إلى أنها من الطرق الهامة في تحديد الأوزان عندما تكون البيانات محدودة. وقد طبقت هذه الطريقة من قبل الكثير من الباحثين في أجزاء كثيرة من العالم كما في الهند، تونس، إسبانيا، فيتنام، بلدان الشرق الأوسط وذلك في مجال تحديد المواقع المحتملة لحصاد المياه [4,5,6,7,8].

وترتكز AHP على إنشاء سلسلة من مصفوفات المقارنة المزدوجة PCMS ، والتي تتضمن مقارنة كل الأزواج المحتملة للمعايير لتحديد أي من هذه المعايير ذي أولوية أعلى [11].

اقترح Satty 1980 مقياس (1-9) لعناصر PCMS كما هو مبين في الجدول (1)، حيث تشير القيمة (1) إلى المقياس المساوي بالأهمية، بينما تشير القيمة (9) إلى أن المقياس المأخوذ بالاعتبار هام جداً مقارنة مع المقياس الآخر. وتتضمن PCMS اختبار التناسق حيث أخطاء الاجتهادات يتم تحديدها ونسبة التناسق يتم حسابها باتباع الخطوات الآتية [10] :

أ- تحديد المقياس المهم في المشكلة (المواقع المحتملة لحصاد المياه)

ب- تقييم الأهمية المتعلقة بكل مقياس بالنسبة للآخر، وعادة يتم إجراؤها من قبل الخبراء باستخدام مقياس (1-9) وهذه الخطوة تتضمن ثلاثة إجراءات رئيسية :

1- حساب الموجه الأولي (priority vector) للمقياس

2- حساب معامل التحول الخطي  $\lambda_{max}$  (principal Eigen value)

$\lambda_{max} = \frac{\sum \text{sum}}{n}$  : يجب أن يكون معامل التحول الخطي أكبر أو يساوي عدد المعايير n.

3- حساب دليل التطابق (CI)

$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$  : دليل التطابق أو مؤشر التوافق

ت- تحديد القيمة التقديرية لدليل التطابق العشوائي (RI) كما هو مبين بالجدول (2)

ث- حساب نسبة التطابق CR

$CR = CI / RI$  : يجب أن تكون نسبة التطابق  $0.1 \geq$

RI : دليل التطابق العشوائي ، n : عدد المعايير أو عدد البدائل



الجدول (1) : مقاييس طريقة المقارنة المزدوجة [12]

شدة الأهمية	التعريف	الشرح
1	زوج متساوي الأهمية	معياران مساهمان بأهمية متساوية بالنسبة للهدف
3	متوسط الأهمية	رأي أو خبرة تفضل بشكل ضئيل معيار على الآخر
5	أهمية قوية	رأي أو خبرة تفضل بشكل قوي معيار على الآخر
7	أهمية قوية جداً	رأي أو خبرة تفضل بشكل قوي جداً معيار على الآخر
9	أهمية ممتازة	برهان يفضل أحد المعايير بأعلى مصداقية ممكنة
2,4,6,8	قيم متوسطة	عندما يكون الحل الوسط (التسوية) مطلوبة

الجدول (2): قيم متوسط دليل التوافق العشوائي لعدد مختلف من المعايير [13]

عدد المعايير	1	2	3	4	5	6	7	8
دليل التوافق العشوائي (RI)	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41
عدد المعايير	9	10	11	12	13	14	15	
دليل التوافق العشوائي (RI)	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.59	

ولتحديد المواقع المحتملة لحصاد المياه لابد من تحديد الأوزان والتصنيف لكل عامل مؤثر ، حيث استخدمت آراء الخبراء والمراجع لاختيار خمسة معايير فيزيائية وهي: الهطول المطري، الميل، القسامات الخطية، المسيلات، الجيولوجيا. وبالمقابل استخدمت وجهة نظر العملية التحليلية الهرمية (AHP) لتقييم التوافق بين آراء الخبراء عن طريق استخدام نسبة التوافق (CR) والتي ينبغي أن تكون أقل أو تساوي 10%، وبالتالي تم تحديد الأوزان لهذه المعايير. وقد تم تقييم التصنيف لكل معيار بالمقياس (5-1)، والذي تم اعتماده من قبل معظم المراجع ذات الصلة [14]. يبين الجدول (3) قيم مقاييس مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق ستة خبراء محليين ذوي اختصاص يتعلق بقضايا حصاد المياه في مجال الجيولوجيا، الهيدروجيولوجيا، الهندسة المدنية (موارد مائية)، مياه جوفية، نظام معلومات جغرافي (GIS). ولهم خبرة بمنطقة الدراسة خاصة وقضايا المياه عامة،

تحديد المواقع المحتملة لحصاد المياه باستخدام طريقة التحليل الهرمي ونظام المعلومات الجغرافي

حيث يتم إجراء المقابلات وجهاً لوجه لتحديد أهمية كل معيار مؤثر بقضية حصاد المياه باستخدام المقياس (9-1). وتبين الجداول (4،5،6،7،8،9) مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق كل خبير للمعيار الذي تم اختياره. و يبين الجدول (10) مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق المتوسط .

الجدول (3): يبين قيم المقاييس لمصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبراء الستة

عدد الخبراء	المعيار	الهطول	الميل	القسمات الخطية	المسيلات	الجيولوجيا
الخبير 1		8	8	7	6	4
الخبير 2		8	8	8	5	5
الخبير 3		8	7	7	5	4
الخبير 4		8	8	7	5	4
الخبير 5		8	7	6	5	4
الخبير 6		7	7	7	6	4

الجدول (4): مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبير الأول

	الهطول المطري	الميل	القسمات	المسيلات	الجيولوجيا
الهطول المطري	1	1	1.142	1.333	2
الميل	1	1	1.142	1.333	2
القسمات	0.875	0.875	1	1.167	1.75
المسيلات	0.75	0.75	0.857	1	1.5
الجيولوجيا	0.50	0.5	0.571	0.667	1
المجموع	4.125	4.125	4.712	5.5	8.25
الوزن	24.24	24.24	21.22	18.18	12.12
$\lambda_{max} = 5.3424 \geq 5$ ok , $CI=0.0856$ , $RI= 1.12$ , $CR= 0.076 \leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (5): مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبير الثاني

	الهطول المطري	الميل	القسمات	المسيلات	الجيولوجيا
الهطول المطري	1	1	1	1.6	1.6
الميل	1	1	1	1.6	1.6
القسمات	1	1	1	1.6	1.6
المسيلات	0.625	0.625	0.625	1	1
الجيولوجيا	0.625	0.625	0.625	1	1
المجموع	4.25	4.25	4.25	6.8	6.8
الوزن	23.53	23.53	23.53	14.71	14.71
$\lambda_{max} = 5.27 \geq 5$ ok , CI=0.0675, RI= 1.12 , CR= 0.060 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (6): مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبير الثالث

	الهطول المطري	الميل	القسمات	المسيلات	الجيولوجيا
الهطول المطري	1	1.142	1.142	1.6	2
الميل	0.875	1	1	1.4	1.75
القسمات	0.875	1	1	1.4	1.75
المسيلات	0.625	0.714	0.714	1	1.25
الجيولوجيا	0.5	0.571	0.571	0.8	1
المجموع	3.875	4.427	4.427	6.2	7.75
الوزن	25.80	22.58	22.58	16.13	12.91
$\lambda_{max} = 5.336 \geq 5$ ok , CI=0.08395, RI= 1.12 , CR= 0.075 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

تحديد المواقع المحتملة لحصاد المياه باستخدام طريقة التحليل الهرمي ونظام المعلومات الجغرافي

الجدول (7): مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبير الرابع

	الهطول المطري	الميل	القسمات	المسيلات	الجيولوجيا
الهطول المطري	1	1	1.142	1.6	2
الميل	1	1	1.142	1.6	2
القسمات	0.875	0.875	1	1.4	1.75
المسيلات	0.625	0.625	0.714	1	1.25
الجيولوجيا	0.5	0.5	0.571	0.8	1
المجموع	4	4	4.569	6.4	8
الوزن	25	25	21.87	15.63	12.50
$\lambda_{max} = 5.394 \geq 5$ ok , CI=0.09845, RI= 1.12 , CR= 0.088 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (8): مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبير الخامس

	الهطول المطري	الميل	القسمات	المسيلات	الجيولوجيا
الهطول المطري	1	1.142	1.333	1.6	2
الميل	0.875	1	1.167	1.4	1.75
القسمات	0.75	0.857	1	1.2	1.50
المسيلات	0.625	0.714	0.833	1	1.25
الجيولوجيا	0.5	0.571	0.667	0.8	1
المجموع	3.75	4.284	5	6	7.50
الوزن	26.67	23.33	20	16.67	13.33
$\lambda_{max} = 5.3068 \geq 5$ ok , CI=0.0767, RI= 1.12 , CR= 0.068 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (9): مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبير السادس

	الهطول المطري	الميل	القسمات	المسيلات	الجيولوجيا
الهطول المطري	1	1	1	1.167	1.75
الميل	1	1	1	1.167	1.75
القسمات	1	1	1	1.167	1.75
المسيلات	0.857	0.857	0.857	1	1.5
الجيولوجيا	0.571	0.571	0.571	0.667	1
المجموع	4.428	4.428	4.428	5.168	7.75
الوزن	22.58	22.58	22.58	19.36	12.90
$\lambda_{max} = 5.2404 \geq 5$ ok , CI=0.0601, RI= 1.12 , CR= 0.053 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

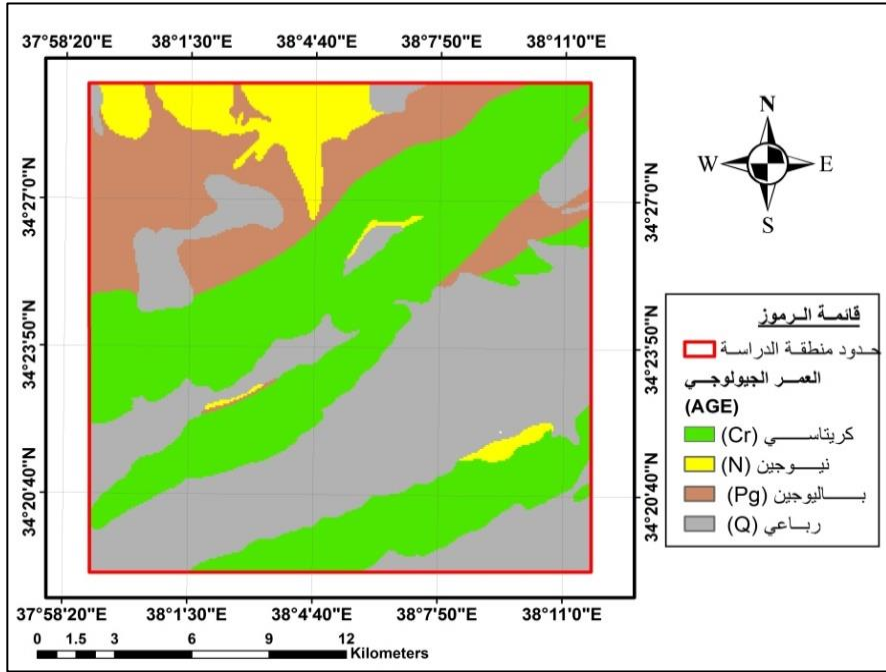
الجدول (10): مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق المتوسط (Mean)

	الهطول المطري	الميل	القسمات	المسيلات	الجيولوجيا
الهطول المطري	1	1	1.142	1.6	2
الميل	1	1	1.142	1.6	2
القسمات	0.875	0.875	1	1.4	1.75
المسيلات	0.625	0.625	0.714	1	1.25
الجيولوجيا	0.5	0.5	0.571	0.8	1
المجموع	4	4	4.569	6.4	8
الوزن	25	25	21.87	15.62	12.51
$\lambda_{max} = 5.394 \geq 5$ ok , CI=0.09845, RI= 1.12 , CR= 0.088 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

من تطبيق نظام المعلومات الجغرافية (GIS) تم تحليل ومعالجة العوامل التي تم إدخالها في تحديد مناطق الأمل المائي الجوفي وهي (الجيولوجيا ، القسمات الخطية ، المسيلات المائية ، الميل ، الهطول المطري ) [13].

### 3-3- استخدام نظام المعلومات الجغرافي في معالجة وتحليل البيانات:

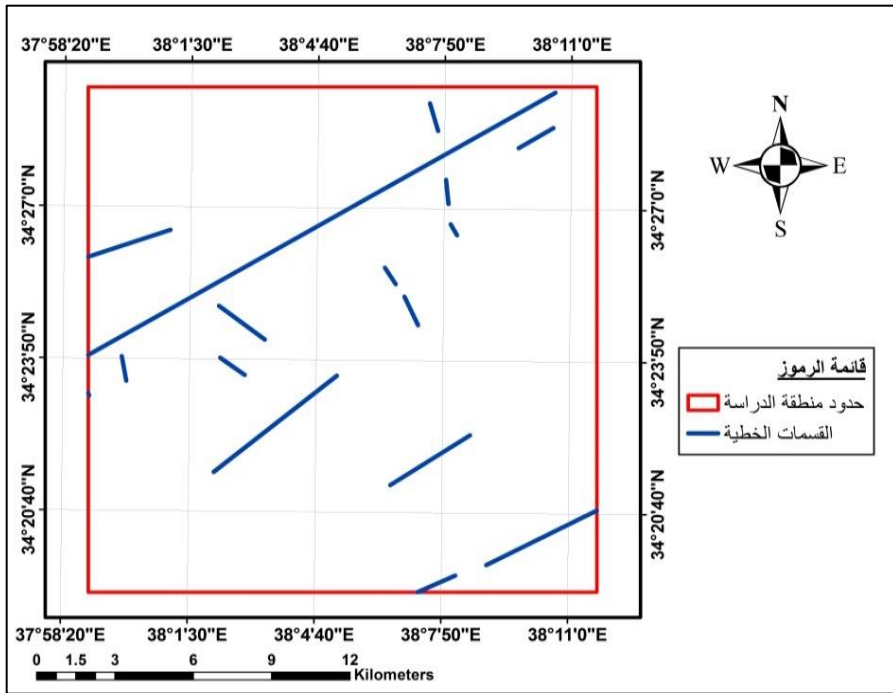
- 3-2-1- الجيولوجيا : من الخريطة الجيولوجية ذات المقياس 1\200000 يتبين أن الصخور المتكشفة في منطقة الدراسة تعود إلى أعمار الكريتاسي و الباليوجين و النيوجين و الرباعي (الشكل: 4)، حيث إن حبة الكريتاسي Cr تتميز بالتوضعات التالية [1] :
- الكريتاسي الأوسط مؤلف من حجر كلسي غضاري وحجر رملي مع تداخلات صوان.
  - الكريتاسي الأعلى مؤلف من حجر كلسي دولوميتي، مارل، غضار.
- تعود صخور حبة الرباعي Q للأدوار (الأوسط، الأعلى، الحديث )، وتتكون من مصاطب لحقيه، حصي، حجر رملي ، طمي، رمال.
- حبة النيوجين N : وتعود لأعمار البليوسين والميوسين الأوسط ويتكون الوسط الصخري من حجر كلسي، حجر رملي وكونغلواميرا ومارل.
  - حبة الباليوجين Pg : وتعود لأعمار الباليوسين ، الأيوسين الأوسط والأعلى ويتكون الوسط الصخري من حجر كلسي، حجر كلسي غضاري وغضار ومارل.



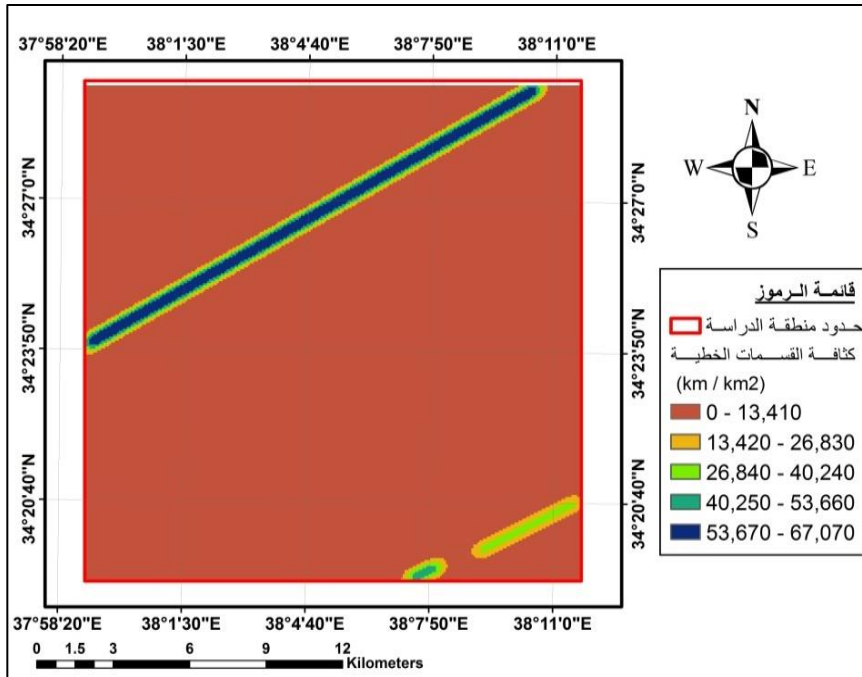
## 3-2-2- القسّمات الخطية:

القسّمات الخطية : تم إنشاء مخطط القسّمات الخطية باستخدام صورة فضائية ETM لمنطقة الدراسة كما يبين الشكل (5)، حيث لوحظ أنّ القسّمات الخطية منتظمة التوزيع في منطقة الدراسة و تتركز في الشمال الغربي والجنوب الشرقي و تأخذ اتجاه عام شمال غرب - جنوب شرق متوافقا مع الاتجاه العام للقوق في سوريا. بعد تحديد القسّمات الخطية في منطقة الدراسة تم إنشاء خريطة توزع القسّمات الخطية اعتماداً على أطوالها (مخطط الكثافة) كما يبين الشكل (6) ، حيث يعبر عن وحدة القياس في وحدة المساحة ضمن الكيلومتر المربع [2].

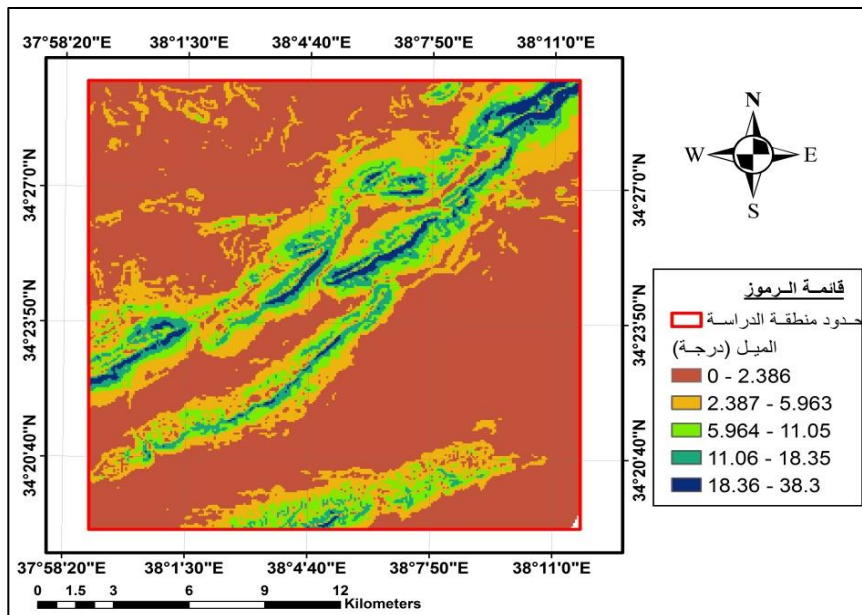
3-2-3- الميول : من خلال استخدام الخرائط الطبوغرافية في منطقة الدراسة تم إنشاء شريحة توزع الميول في منطقة الدراسة كما يوضح الشكل (7)، حيث أغلب منطقة الدراسة تكون سهلية وتتخللها بعض المنخفضات .



الشكل (5): القسّمات الخطية في منطقة الدراسة



الشكل (6): كثافة توزع القسماات الخطية في منطقة الدراسة

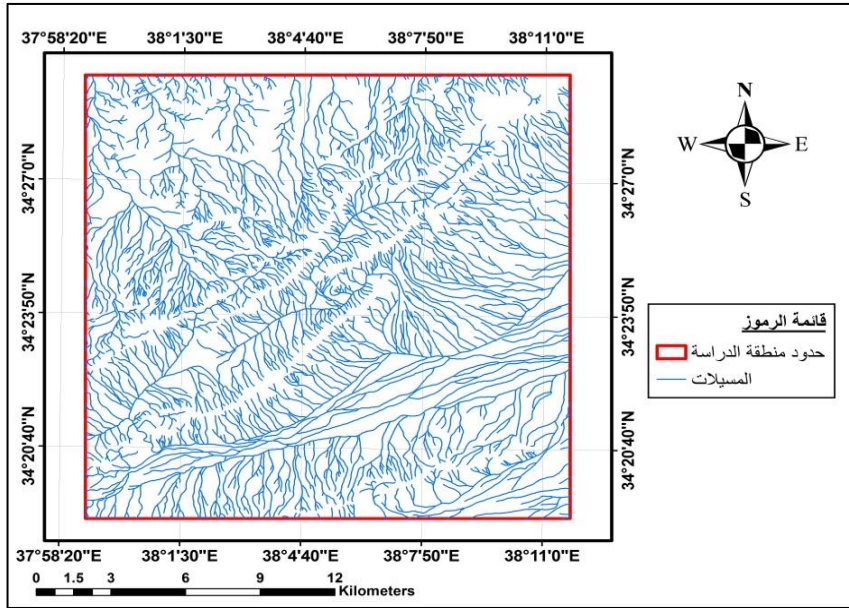


الشكل (7): توزع الميول في منطقة الدراسة



3-2-4- المييلات : من الخريطة الطبوغرافية مقياس (1/50000) والصورة الفضائية تم إنشاء توزع شبكة المييلات المائية Drainage في منطقة الدراسة كما هو مبين في الشكل (8). حيث تتميز هذه المييلات بالتوزع المنتظم في منطقة الدراسة.

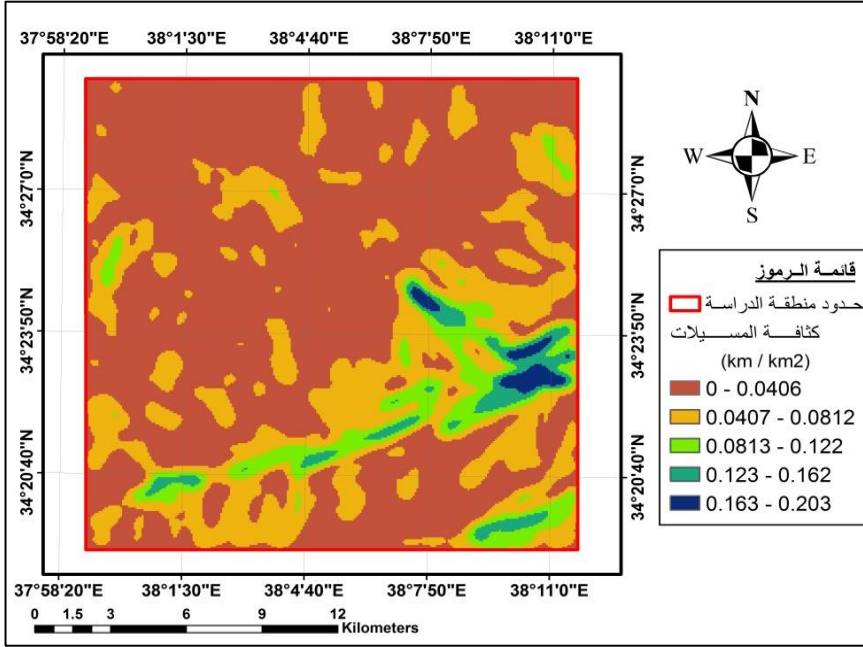
ومن توزع شبكة المييلات المائية تم إنشاء كثافة المييلات في منطقة الدراسة وهي عبارة عن وحدة القياس في وحدة المساحة ضمن الكيلومتر المربع كما يبين الشكل (9)، حيث تتركز أعلى كثافة في الجنوب الشرقي .



الشكل (8): توزع شبكة المييلات في منطقة الدراسة

### 3-2-5- الهطول المطري :

نلاحظ أن منطقة الدراسة يكون الهطول المطري السنوي أقل من (200mm) كما هو موضح في الشكل (3) السابق.



الشكل (9): كثافة المسيلات في منطقة الدراسة

### 3-3 - حساب توزيع المواقع المحتملة لحصاد المياه :

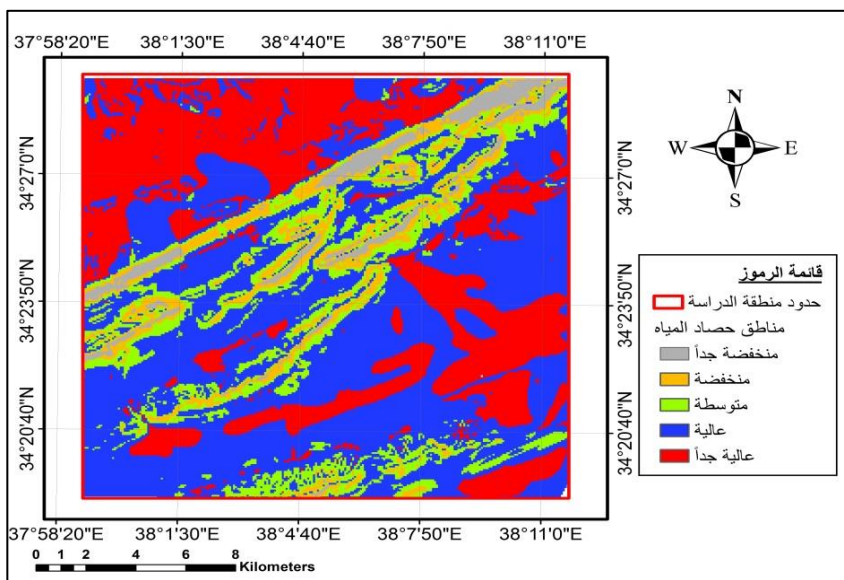
من خلال تطبيق الأوزان المستخلصة من طريقة التحليل الهرمي (AHP) على الشرائح والمخططات في نظام المعلومات الجغرافية (GIS) ( كثافة القسامات الخطية، كثافة المسيلات ، الجيولوجيا ، الميول ، الهطول المطري ) تم الحصول على المخطط النهائي لتوزيع قطاعات المواقع المحتملة لحصاد المياه في منطقة الدراسة والتي قسمت

إلى خمس أصناف من حيث الملاءمة وهي: منخفضة جداً، منخفضة، متوسطة، عالية، عالية جداً. كما هو مبين بالشكل (10) وذلك باستخدام تقنية التركيب الخطي الموزون (WLC) من خلال المعادلة التالية [2]:

$$Si = (Rw.Rr) + (SLw.SLr) + (LDw.LDr) + (DDw.DDr) + (Gw.Gr)$$

حيث:

$W$ : يمثل وزن كل معيار (مقياس) ،  $r$ : يمثل التصنيف لكل معيار ( $R$ ): الهطول ،  
 $(SL)$ : الميل ،  $(LD)$ : كثافة القسماة الخطية ،  $(DD)$ : كثافة المسيلات ،  $(G)$ :  
 الجيولوجيا ( $Si$ ): رقم لا بعدي يمثل عدد المواقع الملائمة لحصاد المياه (دليل حصاد المياه).



الشكل (10): قطاعات المواقع المحتملة لحصاد المياه في منطقة الدراسة

## تحديد المواقع المحتملة لحصاد المياه باستخدام طريقة التحليل الهرمي ونظام المعلومات الجغرافي

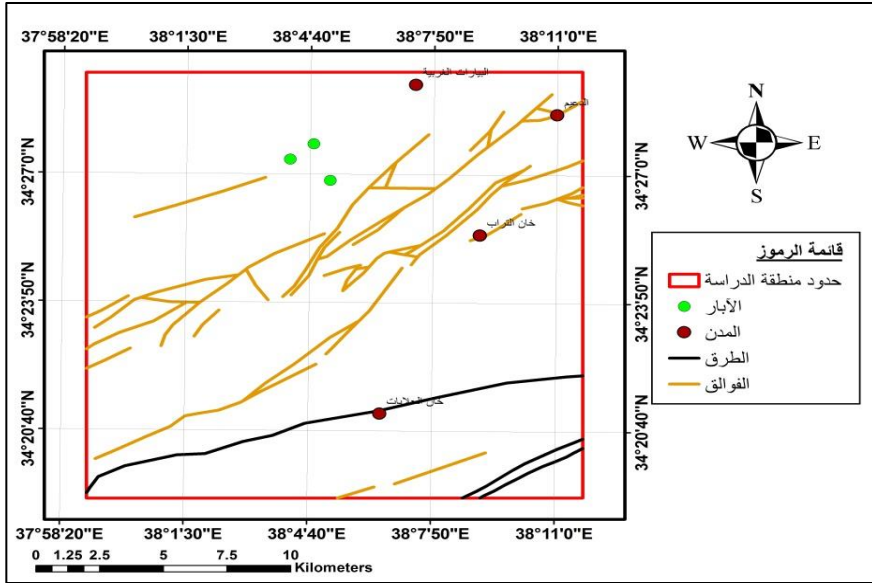
كما تم الأخذ بالحسبان عدة عوامل بيئية تم استبعادها وهي : المدن ، الطرق، الفوالق، الآبار. حيث تم تحويلها إلى صيغة راستر في برنامج GIS وتطبيق حرم لهذه العوامل بمسافة معينة كما هو مبين بالجدول(11) ومن ثم تطبيق تقنية الدمج الخطي الموزون في برنامج GIS على هذه العوامل ذات الحرم في منطقة الدراسة، أي إن التقنيات المكانية التي تم تطبيقها على هذه العوامل هي: ( raster reclassification, calculator union,buffering, raster).

وبالتالي تم الحصول على خريطة عدم الملاءمة لاستبعاد المواقع غير الملائمة لحصاد المياه. ويوضح الشكل(11) منطقة الدراسة مع العوامل المستبعدة (الطرق، الفوالق، المدن، الآبار).

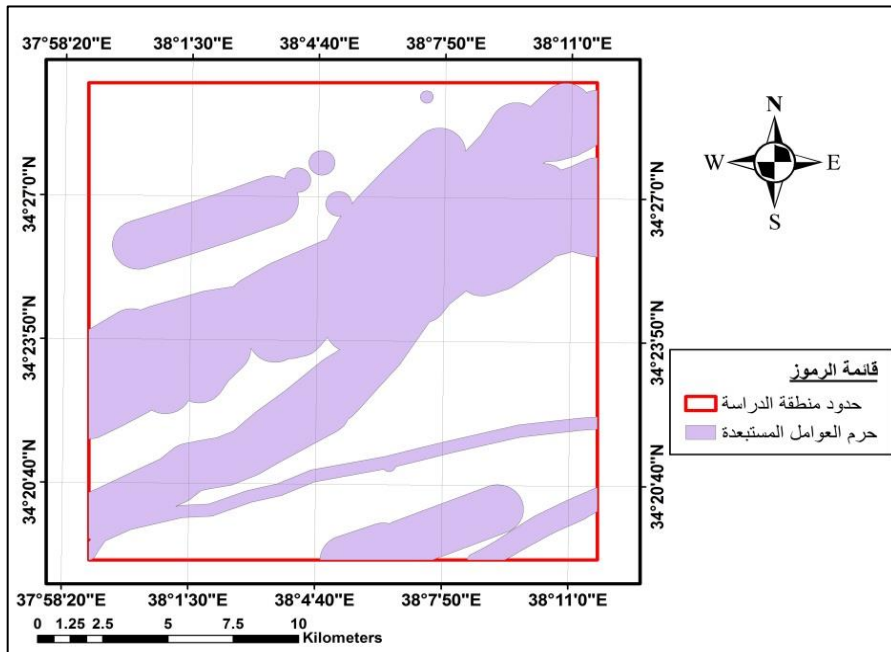
بينما يوضح الشكل(12) منطقة الدراسة بعد تطبيق حرم على العوامل المستبعدة. ويوضح الشكل(13) المواقع الملائمة لحصاد المياه بعد استبعاد المواقع غير الملائمة.

الجدول (11): حرم العوامل المستبعدة في منطقة الدراسة

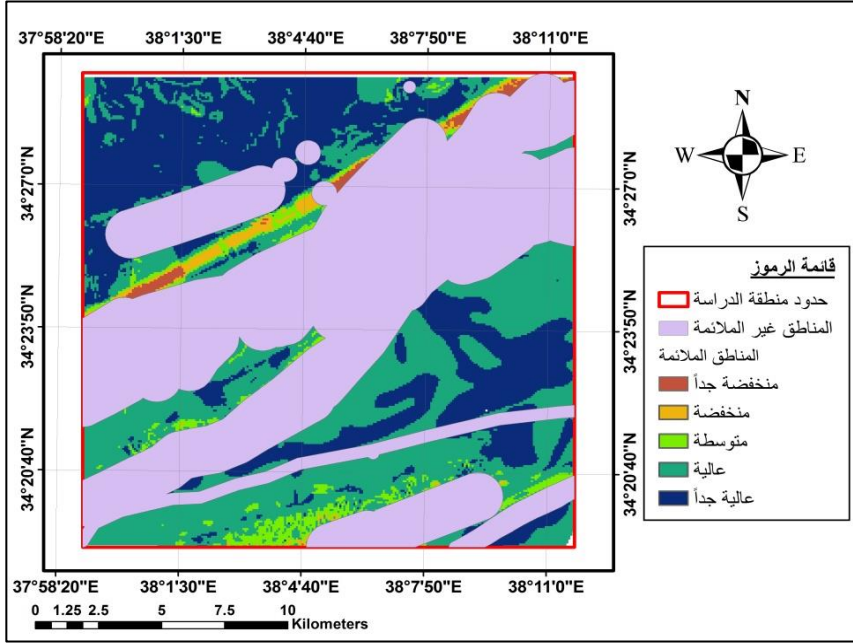
اسم العامل المستبعد	الطرق	الفوالق	المدن	الآبار
الحرم (المسافة)(م)	250	1000	250	500



الشكل (11): العوامل المستبعدة (الطرق، الفوالق، المدن، الآبار) في منطقة الدراسة



الشكل (12): تطبيق حرم على العوامل المستبعدة في منطقة الدراسة



الشكل (13): المواقع الملائمة لحصاد المياه في منطقة الدراسة

#### 4- النتائج و المناقشة:

تم الحصول في المنطقة المدروسة على :

- 1- مناطق غير ملائمة حيث يمثل % 32.74 من منطقة الدراسة
- 2- مناطق منخفضة جداً حيث يمثل % 3.28 من منطقة الدراسة
- 3- مناطق منخفضة حيث يمثل % 2.98 من منطقة الدراسة
- 4- مناطق متوسطة حيث تمثل % 7 من منطقة الدراسة
- 5- مناطق عالية حيث تمثل % 25 من منطقة الدراسة
- 6- مناطق عالية جداً حيث تمثل % 29 من منطقة الدراسة

يلاحظ من الناحية الطبوغرافية وبمقارنة خريطة الملاءمة لحصاد المياه مع خريطة الميول

لمنطقة الدراسة أن المواقع ذات التصنيف العالي جداً لحصاد المياه تتراوح فيه الميول (0-

(2.39) درجة ، بينما المواقع ذات التصنيف العالي لحصاد المياه تتراوح فيه الميول (2.39-5.96) درجة وهي ميول منبسطة. أما من الناحية الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية فنلاحظ أن كثافة المسيلات في المواقع ذات التصنيف العالي جداً لحصاد المياه تتراوح بين ( $0.081-0.203 \text{ km/km}^2$ ) وهي تمثل القيمة الأعلى لكثافة المسيلات في منطقة الدراسة، بينما تتراوح كثافة المسيلات في المواقع ذات التصنيف العالي ( $0-0.081 \text{ km/km}^2$ ) .

أما من الناحية الجيولوجية فإن مواقع حصاد المياه يجب أن تقع على أرض صلبة وبعيدة عن الفوالق ، وهذا محقق في منطقة الدراسة، حيث إن مواقع حصاد المياه في المواقع ذات التصنيف العالي جداً تكون في الطبقات الصخرية ذات العمر الجيولوجي (نيوجين وباليوجين) المكونة من حجر كلسي غضاري وغضار ومارل. مما يؤكد منطقيّة النتائج التي تم الحصول عليها، ومن خلال ذلك يتبين نجاعة تقنيات نظام المعلومات الجغرافي في إنجاز مثل هذا النوع من الدراسات موفرة بذلك الوقت والجهد والمال وواضحة أمام صاحب القرار مجموعة من الخيارات المبنية على أساس تقني وعلمي مقارنة مع الوسائل التقليدية وخاصة في المناطق التي تكون ذات طبيعة بيئية وتضاريسية وجيولوجية متباينة، حيث يتم التوجه أولاً إلى المواقع ذات الأولوية الأعلى لإقامة سدات عليها.

## 5- النتائج و التوصيات:

### النتائج:

1- اعتماد منهجية تتقيل جديدة لمنطقة الدراسة مشتقة رياضياً من مصفوفة المقارنة المزدوجة لرأي الخبراء، حيث أظهرت النتائج صحة نسب التثقيل المفترضة في البحث بناء على الخوارزمية، وذلك بالمقارنة مع نتائج الخبراء لمناطق مشابهة بفحص نسبة التتابع للخبراء حيث وجد أن  $CR \leq 0.1$ .

2- منهجية التثقيل الجديدة تصلح للتطبيق على المناطق المشابهة لمنطقة الدراسة.

### التوصيات :

1- مسح المواقع الملائمة للتحقق من أن المواقع غير مشغولة باستخدامات اقتصادية اجتماعية عالية للأرض، وهذا يساعد في منع اختيار هذه المواقع والتي من الممكن أن تكون غير معروفة بالنسبة للباحث عند إجراء تحليل اختيار المواقع.

2- التحري الجيوفيزيائي لدراسة الطبقات تحت السطحية ضمن منطقة الدراسة للتحقق فيما إذا كانت هذه الطبقات ملائمة للمواقع المحتملة لحصاد المياه فوق هذه الطبقات .

3- التوسع في المعطيات (البيانات) من خلال زيادة العوامل المؤثرة مثل محتويات التربة من الغضار من مواقع متعددة ضمن منطقة الدراسة لتوثيق مدى ملاءمتها في تشكل مواقع حصاد المياه والتي تؤدي إلى دقة أكثر في النتائج.

4- استخدام هذه التقنيات وتطبيقاتها في إدارة الموارد المائية مما يساعد على تقليل الفجوة بين الموارد المتاحة والإمكانات المأمولة لحل مشكلة نقص المياه والاستخدام الأمثل لها وبأقل تكلفة.



## 6- المراجع العلمية References :

- 1 - Al-Amoush, H., Al-Adamat, R., Alayyash, S. and Al-Meshan, O. (2012) Preliminary Geophysical Investigation for Suggested Water harvesting Sites in the Northern Jordanian Badia. Research Journal of Environmental and Earth Sciences, 4, 560-569.
- 2- AL-HARBI, K.M., 2001. Application of the AHP in project management. International Journal of Project Management, 19(1), pp. 19-27.
- 3- Almelhem, M. 2016 Data and spatial images from general organization for Remote sensing .Homs , Syria .
- 4- ANANE, M., KALLALI, H., JELLALI, S. And OUESSAR, M. 2008. Ranking suitable sites for soil aquifer treatment in Jerba Island (Tunisia) using Remote Sensing, GIS and AHP-Multicriteria Decision Analysis. International Journal of Water, 4(1/2), pp.121-135.
- 5- AZNAR BELLVER, J. And CABALLER MELLADO, V., 2005. An application of the analytic hierarchy process method in farmland appraisal. Spanish Journal of Agricultural Research, 3(1), pp. 17-24.
- 6- DUC, T.T., 2006 - Using GIS and AHP technique for land-use suitability analysis. In International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences, Vietnam, pp. 1-600.
- 7- GHAMGOSAR, M., HAGHYGHY, M., MEHRDOUST, F. And ARSHAD, N., 2011. Multicriteria Decision Making Based on Analytical Hierarchy Process (AHP) in GIS for Tourism. Middle-East Journal of Scientific Research, 10(4), pp. 501-507.
- 8- Girish, M., (2008). Delineation of Potential Sites for Water Harvesting Structures Using Remote Sensing and gis, india journal soc .Remote sensing Des. 2008, pp. 323-334.
- 9- Mohamed, B. & Zhank, x. (2008). GIS and Remote Sensing applications for Rain Water Harvesting in the Syrian Desert (AL-BADIA). Twelfth Internationals Water Technology Conference , IWTC 12 2008 , Alexandria , Egypt. Pp 73-82.
- 10- SAATY, T.L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy.

- 11- SAATY, T.L., 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, 48(1), pp. 9-26.
- 12- SAATY, T.L., 1980. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resources allocation. Mcgraw-Hill.
- 13- SAATY, T.L. and VARGAS, L.L.G., 2006- In SAATY, T.L. and VARGAS, L.G., (eds).Decision making with the analytic network process [electronic resource]: economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks. Springer, 95, New York.
- 14- Youssef MA, Pradhan B, Tarabees E (2010)- Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and GIS techniques: contribution from the analytic hierarchy process. Arab J Geosci, 4,Malyzia,:463–473.