استخدام أدوات صنع القرار متعدد المعايير لتحديد المواقع المحتملة للمياه الجوفية

د.م تماضر الابراهيم*

الملخص

إن الاستثمار المفرط للمياه الجوفية المتوفرة أدى إلى استنزافها بشكل معتبر، وبالتالي فإن تقييم المواقع المحتملة للمياه الجوفية هام جدًا لحمايتها وإدارتها، وذلك من خلال ابتكار أدوات جديدة في منهجية البحث العلمي تساهم بدقتها في صنع القرارات والتنبؤات. حيث يتم إدخال تأثير عدد من العوامل المؤثرة في تواجد المياه الجوفية مثل الفوالق، المسيلات المائية، الميل، الهطول المطري، التراكيب الجيولوجية، التربة. وحساب أهمية (وزن) كل منها في نموذج المواقع المحتملة للمياه الجوفية باستخدام طريقة التحليل الهرمي (AHP)، والتي بدورها تحدد الوزن النهائي لكل عامل مؤثر في تواجد المياه الجوفية اعتماداً على آراء الخبراء المحليين من خلال استخدام مصفوفات المقارنة المزدوجة وحساب نسبة التطابق بين هذه الآراء. ثم إجراء عملية الدمج الخطي الموزون للخرائط المستخدمة المصنفة والممثلة للعوامل المذكورة باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية (GIS)، وبالتالي الحصول على مخطط توزع المواقع المحتملة للمياه الجوفية، حيث قسمت المنطقة من حيث ملاءمتها إلى ثلاثة مواقع (جيدة، متوسطة، منخفضة) تم اختبارها بالتوافق مع الآبار الموجودة في منطقة الدراسة، وقد تبين أن توزع هذه القطاعات ذو ارتباط وثيق بمواقع آبار المياه الجوفية. يمكن أن تكون نتائج هذا البحث مفيدة في اختصار مجال التحريات الهيدروجيولوجية التقليدية العالية الكلفة نسبياً واقتصارها على القطاعات ذات الأولوية الأعلى، وجيدة في مجال التخطيط والادارة للموارد المائية والتنبؤ والمراقبة، مما يساهم في رسم الاستراتيجيات المائية وصنع القرار وتحقيق تنمية مستدامة لهذه الموارد.

الكلمات المفتاحية – المواقع المحتملة للمياه الجوفية، طريقة التحليل الهرمي، نظام المعلومات الجغرافية، تنمية مستدامة.

* : دكتوراه – قسم هندسة وإدارة الموارد المائية – كلية الهندسة المدنية – الجامعة الوطنية الخاصة – حماة – سوريا – 0949882205
tamador.alibrahim@wpu.edu.sy

Use multi-criteria decision-making tools to identify potential groundwater sites

Dr. Tamador alibrahim *

Abstract

Excessive investment in available groundwater has led to significant depletion, Therefore, evaluating potential groundwater sites is very important for their protection and management, through creating new tools in scientific research methodology that contribute accurately to decision-making and predictions. Where the influence of a number of factors affecting the presence of groundwater is introduced, such as faults, drainages, slope, rainfall, geological structures and soil. Calculating the importance (weight) of each of them in the model of potential locations of groundwater using the Analytical Hierarchy method (AHP), which in turn determines the final weight of each factor affecting the presence of groundwater based on the opinions of local experts through the use of paired comparison matrices and calculating the percentage of congruence between these opinions. Then perform a weighted linear integration process for the used maps that are classified and represent the aforementioned factors using the Geographic Information System (GIS) program, thus obtaining a distribution plan for the potential locations of groundwater. The area was divided in terms of suitability into three sites (good, medium, low) that were tested in accordance with the wells present in the study area. It was found that the distribution of these sectors is closely related to the locations of groundwater wells. The results of this research can be useful in shortening the scope of relatively expensive traditional hydrogeological investigations and restricting them to sectors with the highest priority, and are good in the field of planning and management of water resources, forecasting and monitoring, which contributes to drawing up water strategies and decision-making and achieving sustainable development of these resources.

Keywords: Possible groundwater sites, Hierarchical analysis method, Geographic information system ,Sustainable development.

* *Dr, Department of water resources engineering and management, Civil engineering, Al-Wataniya Private University, Hama, Syria,0949882205, tamador.alibrahim@wpu.edu.sy*

1-المقدمة والدراسات المرجعية:

تعتبر موارد المياه العذبة ضمن أهم الثروات الطبيعية لكافة دول العالم وأهميتها لا تأتي فقط من كونها ضرورية للحياة بل أيضاً لكونها عنصراً أساسياً لكافة محاور التنمية المستدامة، حيث يعتبر النمو السكاني المتزايد من التحديات الرئيسية التي تؤدي إلى زيادة الاحتياجات المائية لكافة القطاعات المستخدمة للمياه، كما إنه يؤدي إلى زيادة فرص تلوث المجاري المائية مما يؤثر على استعمالات المياه في هذه القطاعات، كما أنَ التغيرات المناخية والبيئية وارتفاع درجات الحرارة أدت إلى زيادة نسبة التبخر وبالتالي فقدان نسبة كبيرة من المياه السطحية، ومن ناحية أخرى فإنَ قلة مياه الأمطار أدت إلى تضاؤل النسبة المخزنة من المياه الجوفية، وعليه فإنَ التنمية المستدامة والشاملة للموارد المائية وإدارتها أصبحت من الأمور البالغة الأهمية وذلك لتجنب أزمات مستقبلية تنجم عن نقص المياه كماً ونوعاً [السيد خليل، محمد أحمد،2005].

تستطيع تقنية المعلومات أن تلعب دوراً مهماً في التنمية المستدامة من خلال توفير كافة المعلومات المتعلقة بالمورد الطبيعي وموقعه الجغرافي، ومن أهم هذه التقنيات هي استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والطرق الجيوفيزيائية التي تساعد في إدارة الموارد المائية واستكشاف مكامن المياه الجوفية. حيث توفر نظم المعلومات الجغرافية تفسيراً متكاملاً لمختلف أوجه المنظومة المائية من حيث المصادر وتقييمها الأمثل والاستهلاك بحجمه الحالي والمستقبلي والحلول التنموية التي تراعي مصلحة الأجيال القادمة. كما يعدُ الاستشعار عن بعد وسيلة هامة عند القيام بمشاريع تنمية المياه الجوفية، حيث توفر الصور الجوية والفضائية معلومات شاملة وحديثة عن الظواهر السطحية مثل الظواهر الجيولوجية والجيومرفولوجية، وبالتالي تستخدم هذه المعلومات للاستدلال عن المياه الجوفية [الطعاني، أيمن2010].

وتعدُ عملية صنع القرار من العمليات المعقدة، حيث تمثل عملية التحليل الهرمي أهم الأدوات المستخدمة لذلك من خلال معرفة المشكلة والمعايير المؤثرة عليها والمقارنة الثنائية بين المعايير الرئيسية والثانوية مع بعضها البعض، وتتم المقارنة باستخدام آراء مجموعة من الخبراء المحليين وبالتالي تقدير الوزن للعوامل المؤثرة بالنسبة للهدف [Saaty , T.L, 2008] وفي بحثنا تم استخدام هذه الطريقة في الحصول على الوزن للعوامل المؤثرة في تحديد المواقع المحتملة للمياه الجوفية.

أجريت دراسة للموازنة المائية في حوض الساحل في سورية لتحديد البنيات المأمولة لاستثمار المياه الجوفية بالطريقة الهيدروجيولوجية في حوض الساحل ووفقها تم تقسيم الشريط الساحلي إلى ثلاثة قطاعات (المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، الشركة العامة للدراسات المائية (حمص) والهيئة العامة للموارد المائية (دمشق) 2015).

وفي الأردن أيضاً ونتيجة للجفاف وزيادة الطلب على المياه بسبب زيادة معدلات السكان، فقد تمَّ إجراء دراسة لاستثمار مصادر مياه جديدة في الجزء الشمالي والجنوبي في حوض وادي عربة، حيث طور الباحثون نموذجاً لتوصيف المواقع المحتملة للمياه الجوفية باستخدام نظام المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد، وقد تمَّ استخدام تقنية التركيب الخطي الموزون في GIS لتطوير النموذج باستخدام مجموعة من العوامل الهيدرولوجية، الجيولوجية والطبوغرافية المساهمة في تشكل المياه الجوفية. والنتائج التي تمَّ الحصول عليها من هذا النموذج يظهر أن حوالي 40% من منطقة الدراسة صنفت كمنطقة عالية من حيث وجود المياه الجوفية فيها وهي تتركز في الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة وذلك على طول الوديان وبمحاذاة نظام الفوالق، حيث إن التوزع المكاني لهذه المناطق متعلق بشكل كبير بمواقع آبار المياه الجوفية المتواجدة في المنطقة، (Othman,A. R., Ab , Latiff, A, 2020)

باستخدام صور القمر الصناعي الأمريكي مع الاستفادة من الـ GIS تمَّ تحديد تواجد المياه الجوفية في شبه جزيرة سيناء بمصر، من خلال الاستعانة بالمعلومات والبيانات المتعلقة بالمنطقة والاستفادة منها في إنشاء الشرائح اللازمة للنمذجة، مع إعطائها أوزاناً معينة وفقاً لأهميتها النسبية في تحديد

احتمالية تواجد المياه الجوفية، وهذه الشرائح هي: الهطول المطري، الخصائص الرشحية، كثافة الصدوع، درجة الميل السطحي، كثافة شبكة الصرف، العمق حتى سطح المياه الجوفية، ونوعية المياه. وقد تمَّ الحصول على خريطة تضم خمسة فئات لتصنيف تواجد المياه الجوفية بدرجات تتراوح ما بين العالية جداً إلى المنخفضة للغاية، وتم التحقق من صحة النتائج باستخدام الـ GIS من خلال ربط نتائجه ومقارنتها بالخريطة الهيدروجيولوجية لمصر والإنتاجية الفعلية للآبار الموجودة بالواقع والمستثمرة حيث تبين تطابق النتائج التي تم الحصول عليها مع الواقع، وأوصى البحث بتصنيف منطقة الدراسة بفئة متوسطة لتواجد المياه الجوفية حيث تشغل هذه الفئة 52% من المساحة الكلية لشبه جزيرة سيناء (GHoubache,S.Y , 2013)

وفي وادي عرنة في المملكة العربية السعودية استخرجت المواقع المحتملة للمياه الجوفية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية بالاعتماد على العوامل التالية المؤثرة على تخزين المياه الجوفية والتي تتضمن: الهطول المطري، الجيولوجيا، الميل، استخدام الأرض، كثافة المسيلات، القسمات الخطية ، حيث تمَ دمجها في برنامج نظام المعلومات الجغرافية ومن ثم الحصول على خريطة المواقع المحتملة للمياه الجوفية والتي بينت أن 15% من مساحة وادي عرنة ذات مأمولية مائية عالية وخاصة في أماكن وجود القسمات الخطية

(Mohammed Al Saud,2010)

وبدمج تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية تمَّ تخطيط المواقع المحتملة للمياه الجوفية في مقاطعة (Aizawl, Mizora) في الهند، حيث تمَّ تحديد عدد من العوامل المساهمة في تشكل المياه الجوفية ضمن المقاطعة وهي: الميل، الفوالق والقسمات الخطية، الليتولوجيا، الجيومورفولوجيا، غطاء الأرض واستخدامه. وتمَّ تصنيفها وإعطاؤها أوزاناً حسب أهميتها المتعلقة بحدوث المياه الجوفية ومن ثم ضرب قيم الأوزان بقيم التصنيف باستخدام تقنية التركيب الخطي الموزون في نظام المعلومات الجغرافية للحصول على مناطق مختلفة للملاءمة، وصنفت الخريطة النهائية إلى مجموعات (جيدة جداً، جيدة، متوسطة، فقيرة) من حيث نسبة تواجد المياه الجوفية، فالمناطق ذات التصنيف الجيد جداً تتضمن تقاطعات الوحدات التركيبية تحت السطحية مثل القسمات الخطية والفوالق مع الوديان والسهول الفيضية وهي تتشكل من البحص، الرمل، السلت، والرمل الغضاري والتي تسمح بمرور المياه ضمن مساماتها، أما المناطق ذات التصنيف الجيد فتتضمن ما تبقى من التراكيب الجيولوجية مثل الحجر الكلسي وهو قادر على تخزين ونقل المياه من خلال فراغاته. بينما المناطق ذات التصنيف المتوسط مكونة من تشكيلات صخرية فقيرة بحمولة المياه مثل السلت، أما المنطقة ذات التصنيف الفقير فإن الجزء الأعظمي من مياه الأمطار يتدفق على سطحها ولا تسمح تراكيبها الجيولوجية برشح المياه أسفل السطح وتكون كثافة المسيلات فيها مرتفعة

(MIRSAC, 2010) .

كما تمَ تحديد المواقع المحتملة للمياه الجوفية في منطقة Perlis في ماليزيا، وذلك من خلال دراسة أجريت بدمج تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية بإدخال تأثير ثلاثة عوامل هيدروجيولوجية وهي كثافة القسمات الخطية، كثافة المسيلات والجيولوجيا. وقد تمَّ تقييم هذه العوامل وإعطاؤها أوزاناً حسب طريقة التحليل الهرمي وذلك وفقاً لدرجة تأثيرها في تخزين المياه الجوفية في منطقة الدراسة حيث كانت نسبة التطابق حسب هذه الطريقة ضمن الحدود المقبولة أي أقل من 0.1، ونتيجة لذلك تمَّ تصنيف المنطقة إلى أصناف عدة حسب نسبة تواجد المياه الجوفية فيها وهي (منخفض جداً – منخفض – متوسط – عالي – عالي جداً) وتمَّ توثيقها حسب بيانات الآبار في المنطقة وتبين أن دقة الخريطة التي تمَّ الحصول عليها تقدر ب 75% وبالتالي فالنتائج التي تمَّ الحصول عليها جيدة

(JASIN, B., HARUN, Z., SAID, U. & SAAD, S, 2005).

2-الهدف من البحث: يهدف هذا البحث إلى إيجاد مصفوفة رياضية لتحديد أوزان العوامل المؤثرة في تشكل المياه الجوفية وذلك باستخدام طريقة التحليل الهرمي التي تعتمد على المراجع وآراء الخبراء المحليين، واقتراح نظام رياضي يمكن من خلاله تحديد المواقع المحتملة للمياه الجوفية، ومقارنة النتائج مع الأعمال الحقلية السابقة.

3- البيانات المستخدمة: تم استخدام البيانات التالية: (الهيئة العامة للاستشعار عن بعد ، 2016)

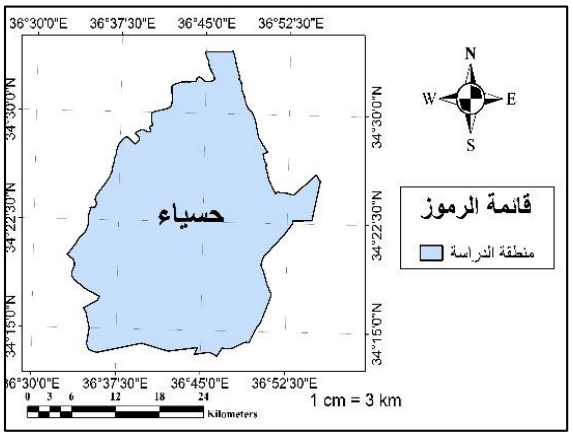
- الخريطة الجيولوجية بمقياس 1/200000حيث تم رسم مخططات التشكيلات الجيولوجية والفوالق.
- الخريطة الطبوغرافية بمقياس 1/50000 حيث تم استخلاص مخططات المسيلات المائية والارتفاعات ونموذج الارتفاع الرقمي والميول.
- خريطة مناطق الاستقرار للهطول المطري حيث تم الحصول منها على توزع معدلات الهطول المطري السنوية في المنطقة المدروسة.
- خريطة أنواع الترب في منطقة الدراسة .

4-منطقة الدراسة: إنَ منطقة الدراسة تقع إلى الجنوب من محافظة حمص بين:

- خطي العرض "30`34 °34 و "30`13 °34 شمالا. وخطي الطول`55 °36 و`33 °36 شرقاً.

تتشكل المنطقة عموماً من سهول وهضاب مختلفة الارتفاعات تتراوح بين (1200– 500) م عن سطح البحر، وبشكل عام فإن المنطقة تميل إلى الانخفاض من الجنوب والغرب نحو الشمال والشرق.

تخضع المنطقة لمناخ متوسط شبه جاف وتتميز بصيف حار وشتاء بارد ممطر، تبلغ كمية الهطولات بشكل عام في الجهة الغربية من المشروع (350–300) ملم/سنة، وتتناقص نحو الشرق لتصل إلى (150–100) ملم/سنة، كما تزداد من الجنوب نحو الشمال لتصل إلى (300 – 150) ملم/سنة ويبين الشكل1 منطقة الدراسة.



الشكل (1): منطقة الدراسة.

5– مواد وطرق البحث:

5-1- نمذجة المعايير المؤثرة في تشكل المياه الجوفية من خلال طريقة التحليل الهرمي (AHP):

تعتبر 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. وترتكز AHP على إنشاء سلسلة من مصفوفات المقارنة المزدوجة PCMS، والتي تتضمن مقارنة كل الأزواج المحتملة للمعايير لتحديد أي من كل المعايير ذي أولوية أعلى(SAATY, T.L. and VARGAS, L.L.G, (2006). فقد اقترح مقياس(9-1) لعناصر مصفوفات المقارنة المزدوجة كما هو مبين بالجدول1 حيث أخطاء الاجتهادات يتم تحديدها ونسبة التطابق يتم حسابها. وتشير القيمة (1) إلى المقياس المساو بالأهمية بينما تشير القيمة (9) إلى أن المقياس المأخوذ بالاعتبار هام جداً مقارنة مع المقياس الآخر. ويتضمن اختبار التطابق لمصفوفات المقارنة المزدوجة وفق الخطوات التالية:

- تحديد المقياس المهم في المشكلة (المواقع المحتملة للمياه الجوفية)

- تقييم الأهمية المتعلقة بكل مقياس بالنسبة للآخر وعادة يتم إجراؤها من قبل الخبراء باستخدام مقياس 9-1 وهذه الخطوة تتضمن ثلاثة إجراءات رئيسية: (SAATY, T.L 2008,)

1- حساب الموجه الأولي (priority vector) للمقياس

2- حساب معامل التحول الخطي λmax (principal Eigen value)

3- حساب دليل التطابق (CI)

- تحديد القيمة التقديرية لنسبة التطابق العشوائي (RI) كما هو مبين بالجدول2
- حساب نسبة التطابق CR

الجدول (1) : مقاييس طريقة المقارنة المزدوجة

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

الجدول (2): قيم متوسط دليل التطابق العشوائي لعدد مختلف من المعايير

عدد المعايير	1	2	3	4	5	6	7	8
دليل التطابق العشوائي (RI)	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41
عدد المعايير	9	10	11	12	13	14	15	16
دليل التطابق العشوائي (RI)	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.59	

ولتحديد المواقع المحتملة للمياه الجوفية لابد من تحديد الأوزان والتصنيف لكل عامل مؤثر، حيث استخدمت آراء الخبراء والمراجع لاختيار ستة معايير فيزيائية وبالمقابل استخدمت وجهة نظر العملية التحليلية الهرمية (AHP) لتقييم التوافق بين آراء الخبراء عن طريق استخدام نسبة التطابق (CR) والتي ينبغي أن تكون أقل أو تساوي0.1 وبالتالي تم تحديد الأوزان. التصنيف لكل معيار تم تقييمه بالمقياس(5-1) والذي تم اعتماده من قبل معظم المراجع ذات الصلة (GHAMGOSAR M, HAGHYGHY M, (MEHRDOUST F, And ARSHAD N, 2011). يبين الجدول (3) قيم المقاييس لمصفوفة المقارنة المزدوجة وفق خمسة خبراء محليين. والجداول (4) (5) (6) (7) (8) تلخص مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق كل خبير وذلك للمعايير التي تم اختيارها. والجدول (9) يلخص مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق المتوسط .

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

	الخبير1	الخبير2	الخبير3	الخبير4	الخبير5
المسيلات	**6**	**5**	**5**	**4**	**4**
الهطول المطري	9	8	9	8	8
الجيولوجيا	7	8	7	6	6
الفوالق	5	6	5	7	6
الميل	8	8	9	7	9
رطوبة التربة	4	4	5	4	4

الجدول(4): مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبير الأول

	المسيلات	الهطول المطري	الجيولوجيا	الفوالق	الميل	رطوبة التربة
المسيلات	1	**0.666**	0.857	1.2	0.75	1.5
الهطول المطري	1.5	1	1.285	1.8	1.125	2.25
الجيولوجيا	1.166	0.777	1	1.4	0.875	1.75
الفوالق	0.833	0.556	0.714	1	0.625	1.25
الميل	1.333	0.888	1.142	1.6	1	2
رطوبة التربة	0.667	0.444	0.571	0.8	0.5	1
المجموع	6.496	4.331	5.569	7.8	4.875	9.75
الوزن	15.39	23.09	17.95	12.82	20.52	10.23
$\lambda max = 6.47 \geq 5$ ok, CI = 0.094, RI = 1.24, CR = 0.076 ≤ 0.1 ok						

$$\lambda max = \frac{\sum sum}{n} \geq n \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \leq 0.1 \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

$$CI = \frac{\lambda max - n}{n-1} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

λmax: معامل التحول الخطي

CI: دليل التطابق

RI: دليل التطابق العشوائي (يتم الحصول عليه من الجدول2 حسب عدد المعايير)

CR: نسبة التطابق

n : عدد المعايير(خمسة في البحث)

∑sum: مجموع الأعمدة أو الأسطر في المصفوفة

الجدول (5): مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبير الثاني

	المسيلات	الهطول المطري	الجيولوجيا	الفوالق	الميل	رطوبة التربة
المسيلات	1	**0.625**	**0.625**	0.833	**0.625**	1.25
الهطول المطري	1.6	1	1	1.333	1	2
الجيولوجيا	1.6	1	1	1.333	1	1
الفوالق	1.2	0.75	0.75	1	0.75	1.5
الميل	1.6	1	1	1.333	1	2
رطوبة التربة	0.8	0.5	0.5	0.666	0.5	1
المجموع	7.8	4.875	4.875	6.498	4.875	9.75
الوزن	12.82	20.51	20.51	15.38	20.51	10.27

$\lambda max = 6.445 \geq 5$ ok, CI = 0.0891, RI = 1.24, CR = 0.072 ≤ 0.1 ok

الجدول (6): مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبير الثالث

	المسيلات	الهطول المطري	الجيولوجيا	الفوالق	الميل	رطوبة التربة
المسيلات	1	**0.555**	0.714	1	**0.555**	1
الهطول المطري	1.8	1	1.285	1.8	1	1.8
الجيولوجيا	1.4	0.777	1	1.4	0.777	1.4
الفوالق	1	0.555	0.714	1	0.555	1
الميل	1.8	1	1.285	1.8	1	1.8
رطوبة التربة	1	0.555	0.714	1	0.555	1
المجموع	8	4.442	5.712	8	4.442	8
الوزن	12.5	22.5	17.5	12.5	22.5	12.5

$\lambda max = 6.432 \geq 5$ ok, CI = 0.0864, RI = 1.24, CR = 0.069 ≤ 0.1 ok

الجدول (7): مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبير الرابع

	المسيلات	الهطول المطري	الجيولوجيا	الفوالق	الميل	رطوبة التربة
المسيلات	1	**0.5**	0.666	0.571	0.571	1
الهطول المطري	2	1	1.333	1.142	1.142	2
الجيولوجيا	1.5	0.75	1	0.857	0.857	1.5
الفوالق	1.75	0.875	1.166	1	1	1.75
الميل	1.75	0.875	1.166	1	1	1.75
رطوبة التربة	1	0.5	0.666	0.571	0.571	1
المجموع	9	4.5	5.997	5.141	5.141	9
الوزن	11.11	22.22	16.66	19.44	19.44	11.11

$\lambda max = 6.46 \geq 5$ ok, CI = 0.0926, RI = 1.24, CR = 0.075 ≤ 0.1 ok

الجدول (8): مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبير الخامس

	المسيلات	الهطول المطري	الجيولوجيا	الفوالق	الميل	رطوبة التربة
المسيلات	1	**0.5**	0.666	0.666	0.444	1
الهطول المطري	2	1	1.333	1.333	0.888	2
الجيولوجيا	1.5	0.75	1	1	0.666	1.5
الفوالق	1.5	0.75	1	1	0.666	1.5
الميل	2.25	1.125	1.5	1.5	1	2.25
رطوبة التربة	1	0.5	0.666	0.666	0.444	1
المجموع	9.25	4.625	6.165	6.165	4.108	9.25
الوزن	10.81	21.62	16.21	16.21	24.32	10.81

$\lambda max = 6.593 \geq 5$ ok, CI = 0.1187, RI = 1.24, CR = 0.095 ≤ 0.1 ok

الجدول (9): مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق المتوسط (Mean)

	المسيلات	الهطول المطري	الجيولوجيا	الفوالق	الميل	رطوبة التربة
المسيلات	1	**0.625**	0.714	0.833	0.625	1.25
الهطول المطري	1.6	1	1.142	1.333	1	2
الجيولوجيا	1.4	0.875	1	1.166	0.875	1.75
الفوالق	1.2	0.75	0.857	1	0.75	1.5
الميل	1.6	1	1.142	1.333	1	2
رطوبة التربة	0.8	0.5	0.571	0.666	0.5	1
المجموع	7.6	4.75	5.426	6.331	4.75	9.5
الوزن	13.15	21.05	18.42	15.78	21.05	10.55

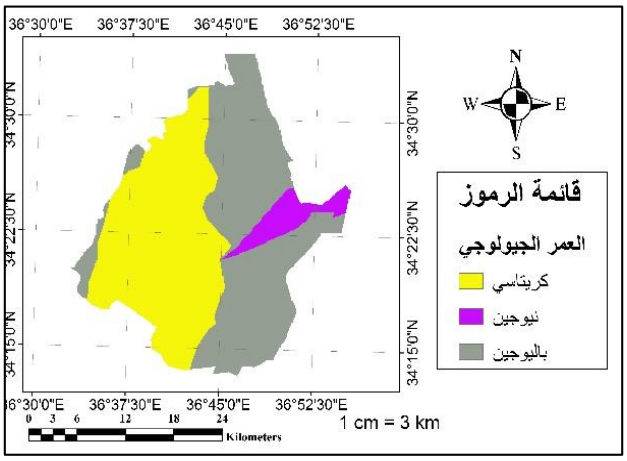
$\lambda max = 6.392 \geq 5$ ok, CI = 0.0784, RI = 1.24, CR = 0.063 ≤ 0.1 ok

2-5- معالجة وتحليل البيانات باستخدام نظام المعلومات الجغرافية (GIS):

من تطبيق نظام المعلومات الجغرافية (GIS) تم الحصول على المخططات الممثلة للعوامل التي تم إدخالها في تحديد المواقع المحتملة للمياه الجوفية وهي (الجيولوجيا، الفوالق، المسيلات المائية، الميول، الهطول المطري، رطوبة التربة).

1-2-5 – الجيولوجيا: من الخريطة الجيولوجية ذات المقياس 1\200000 يتبين أن الصخور المتكشفة في منطقة الدراسة تعود إلى أعمار الكريتاسي و الباليوجين و النيوجين كما يبين الشكل 2 وحيث: الكريتاسي الأعلى Cr : مؤلف من حجركلسي، مارل النيوجين N :ويتكون الوسط الصخري من حجر كلسي، حجر رملي

الباليوجين Pg :ويتكون الوسط الصخري من حجر كلسي، حجر كلسي غضاري ومارل.

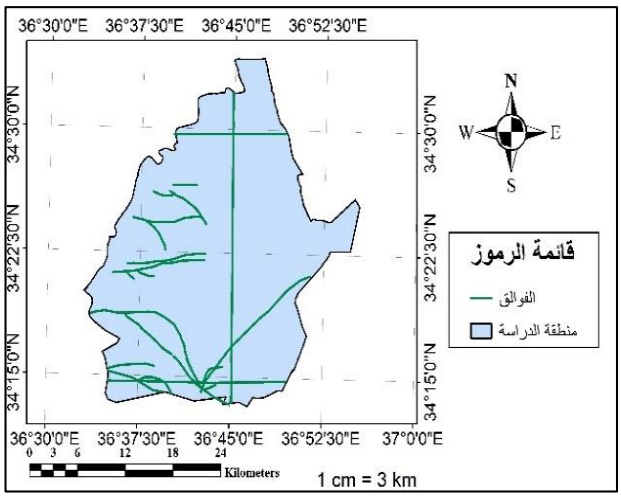


الشكل (2): الخارطة الجيولوجية في منطقة الدراسة

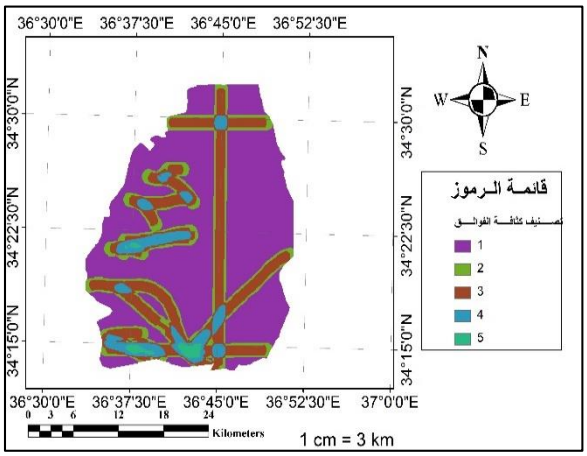
5-2-2 -الفوالق:

– الفوالق: من الخريطة الجيولوجية ذات المقياس 1\200000 تم إنشاء مخطط توزع الفوالق في منطقة الدراسة كما يبين الشكل 3.

ومن مخطط توزع الفوالق في منطقة الدراسة تم إنشاء مخطط توزع الكثافة للفوالق اعتماداً على أطوالها كما يبين الشكل 4، (حيث تعبر الكثافة عن وحدة القياس في وحدة المساحة أي كيلومتر ضمن الكيلومتر المربع) ويدل الرقم الأكبر على الكثافة الأكبر.

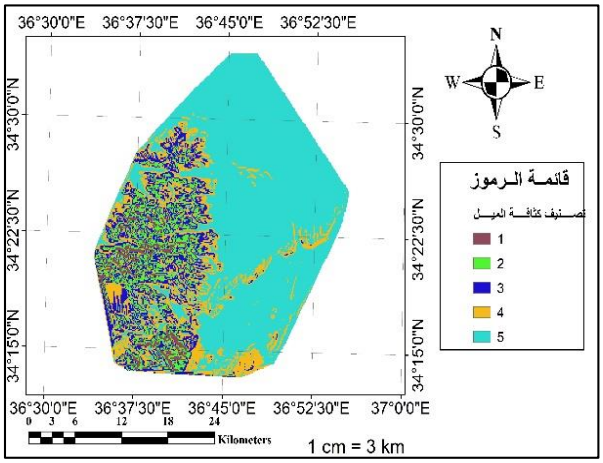


الشكل (3): توزع الفوالق في منطقة الدراسة.



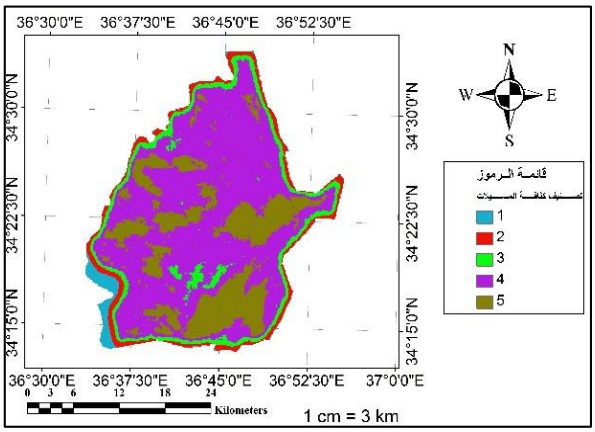
الشكل (4): تصنيف كثافة الفوالق في منطقة الدراسة.

5-2-3- الميول: من خلال استخدام الخرائط الطبوغرافية في منطقة الدراسة تم إنشاء نموذج الارتفاع الرقمي. ومنه تم إنشاء خريطة توزع الميل ومنها تم إنشاء خريطة تصنيف كثافة الميل في منطقة الدراسة، كما يبين الشكل (5) حيث الرقم 5 في التصنيف يشير إلى درجة الميل الأقل والرقم1 إلى درجة الميل الأكبر.



الشكل (5): تصنيف كثافة الميل في منطقة الدراسة

5-2-4– المسيلات: من الخريطة الطبوغرافية 1/50000 والصورة الفضائية تم إنشاء توزع شبكة المسيلات المائية في منطقة الدراسة. ومن توزع شبكة المسيلات المائية تم إنشاء خريطة كثافة المسيلات في منطقة الدراسة. كما في الشكل (6) حيث يشير الرقم الأكبر الدال على الكثافة إلى كثافة المسيلات الأعلى.



الشكل (6): تصنيف كثافة المسيلات في منطقة الدراسة.

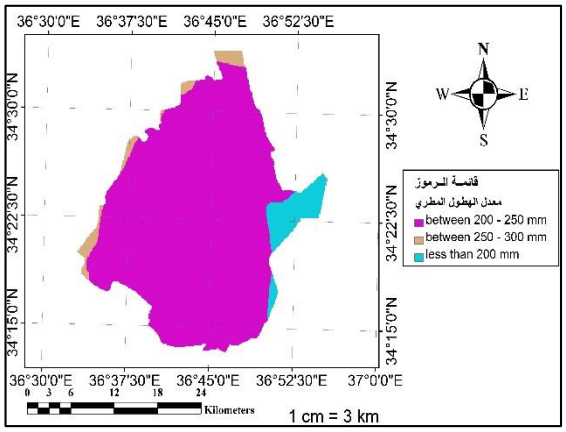
5-2-5- الهطول المطري: يعد الهطول المطري مصدراً أساسياً للتغذية فهو ذو تأثير مهم في تحديد المواقع المحتملة للمياه الجوفية وفعالية القرار متعدد المعايير. نلاحظ أن منطقة الدراسة ممتدة على ثلاث مناطق استقرار:

الرابعة حيث الهطول السنوي بين (200-250) ملم

الثالثة حيث الهطول السنوي بين (250 -300) ملم

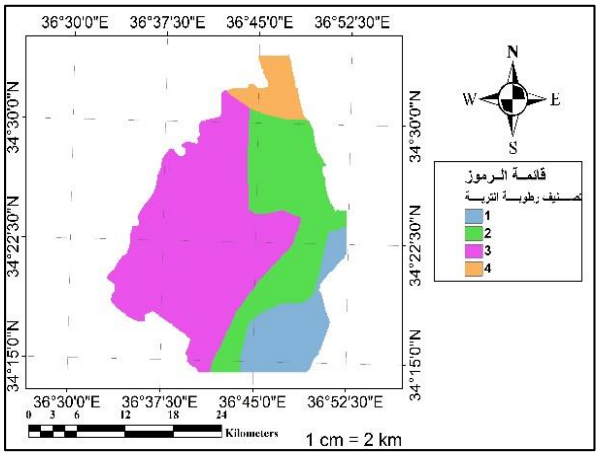
الثانية حيث الهطول السنوي بين (300-350) ملم

كما يبين الشكل (7) توزع الهطول المطري في منطقة الدراسة حيث إن منطقة الاستقرار الثانية هي المنطقة الأكثر أهمية في تشكل المواقع المحتملة للمياه الجوفية.



الشكل (7): توزع الهطول المطري السنوي في منطقة الدراسة.

5-2-6- رطوبة التربة: تساهم التربة في تحديد معدل تسرب المياه إلى الأرض وتخزينها في الطبقات الجوفية، فإذا كانت التربة جيدة في الاحتفاظ بالماء فإنها سوف تحتفظ بالماء وتحافظ على مستوى المياه الجوفية، وعندما يكون هناك جفاف طويل فإنَ مستوى المياه الجوفية ينخفض بسبب نقص التغذية. ومن الخريطة الممثلة للتربة والمصنفة حسب نظامها الرطوبي تم إنشاء خريطة رطوبة التربة في منطقة الدراسة كما في الشكل (8) حيث يشير الرقم الأكبر الدال على الرطوبة إلى رطوبة التربة الأعلى.



الشكل (8): تصنيف رطوبة التربة في منطقة الدراسة.

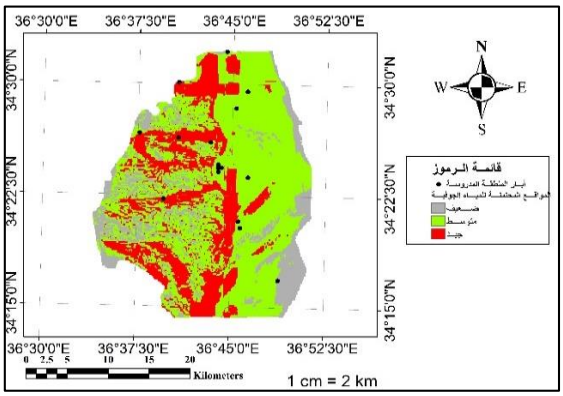
6-تحديد المواقع المحتملة للمياه الجوفية:

من خلال تطبيق الأوزان المستخلصة من طريقة (AHP) على الشرائح والمخططات في نظام المعلومات الجغرافية (GIS) (الجيولوجيا، كثافة الفوالق، الميول، كثافة المسيلات، الهطول المطري، التربة) بعد إعادة تصنيفها حسب أهميتها في تواجد المياه الجوفية. تم الحصول على المخطط النهائي لتوزع المواقع المحتملة للمياه الجوفية في منطقة الدراسة كما يبين الشكل(9) وذلك باستخدام تقنية التركيب الخطي الموزون (WLC) في برنامج نظام المعلومات الجغرافية من خلال المعادلة التالية:

$$Si = (Rw.\ Rr) + (SLw.\ SLr) + (LDw.\ LDr) + (DDw.DDr) + (Gw.Gr) + (Sw.Sr) \quad \ldots\ldots(4)$$

حيث:

W: يمثل وزن كل معيار (مقياس)، r: يمثل التصنيف لكل معيار، (R): الهطول، (SL): الميل، (LD): كثافة الفوالق، (DD): كثافة المسيلات، (G): الجيولوجيا، (S): رطوبة التربة،(Si): رقم لا بعدي يمثل عدد المواقع المحتملة للمياه الجوفية



الشكل (9): المواقع المحتملة للمياه الجوفية في منطقة الدراسة

7- النتائج والمناقشة:

تم الحصول على ثلاث مواقع محتملة للمياه الجوفية في المنطقة المدروسة:

1- موقع ذو احتمال جيد لتواجد المياه الجوفية

2- موقع ذو احتمال متوسط لتواجد المياه الجوفية

3- موقع ذو احتمال ضعيف لتواجد المياه الجوفية

بمقارنة التوزع الفعلي للآبار في المنطقة المدروسة مع المواقع المحتملة للمياه الجوفية والتي حددها البرنامج يتبين أن (3) بئر تتوزع في الموقع ذو الاحتمال الجيد لتواجد المياه الجوفية حيث تكون معدلات الأمطار عالية وتنتشر الصخور الكلسية المشققة والرملية النفوذة، كما يمتاز هذا القطاع بميول تضاريسية منخفضة وكثافة مسيلات منخفضة مما يساعد على تغذية الطبقة الحاملة بينما (12) بئر تتوزع في الموقع الثاني ذو الاحتمال المتوسط لتواجد المياه الجوفية. يشغل هذا القطاع مساحات كبيرة من منطقة الدراسة حيث تكون معدلات الأمطار أقل مقارنة بالموقع الأول، وتنتشر الصخور الكلسية المشققة النفوذة ذات الميول المنخفضة إلى المعتدلة، وكثافة المسيلات المتوسطة. في حين أنه لا يوجد أي بئر في الموقع الثالث ذو الاحتمال الضعيف لتواجد المياه الجوفية.

8- الاستنتاجات والتوصيات

1-8 الاستنتاجات

1- تبين صحة نسب التوزين المفترضة في البحث بناء على خوارزمية مصفوفات المقارنة المزدوجة، وذلك بالتحقق من نسبة التطابق للخبراء حيث وجد أن $CR \leq 0.1$

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

2-8 التوصيات

1- نوصي بالتحقق من أن المواقع المحتملة للمياه الجوفية غير مشغولة باستخدامات اقتصادية اجتماعية عالية للأرض من خلال مسح هذه المواقع.

2- يمكن تطوير عملية التغذية للمناطق عديمة ومنخفضة المأمولية المائية الجوفية وذلك من خلال إقامة مشاريع التغذية الاصطناعية من مياه الجريان السطحي والتي يتطلب تحديد مواقعها دراسات مستقلة يمكن أن تقدم في أبحاث أخرى.

3- الآبار داخل منطقة الدراسة يتوزع معظمها خارج الموقع الأول لذلك نقترح إعادة التوثيق بالدراسات الجيوفيزيائية وحفر آبار جديدة فيه ، وبالتالي الإسهام في استثمار أفضل وتحقيق جدوى اقتصادية في تكاليف الدراسات الجيوفيزيائية.

4- نوصي بالتوسع في المعطيات (البيانات) من خلال زيادة العوامل المؤثرة لتوثيق مدى ملاءمتها في تشكل المياه الجوفية والتي تؤدي إلى دقة أكثر في النتائج.

9- المراجع Refrences

[1] السيد خليل ، محمد أحمد . المياه الجوفية والآبار،2005.

[2] الطعاني، أيمن.2010، المجلة الدولية لتطبيقات نظام المعلومات الجغرافي والاستشعار عن بعد .Vol"جامعة الملك فيصل . قسم الدراسات الاجتماعية.

ISSN 2077-771X; Copyright © ICSRS Publication, 2010. www.i-csrs.org

[3] المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، الشركة العامة للدراسات المائية (حمص)، الهيئة العامة للموارد المائية (دمشق), مشروع دراسة الموازنة المائية في حوض الساحل. دمشق، الجمهورية العربية السورية(2015).

[4] الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، (2016). بيانات وصور فضائية. حمص، الجمهورية العربية السورية.

[5] GHAMGOSAR M, HAGHYGHY M, 1 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.

[6] GHoubache,S.Y, 2013 . Hydrogeological Studies Of the Malha sandstone aquifer at SUDR EL-HEITAN area, central sinai, Egypt. .

[7] JASIN, B., HARUN, Z., SAID, U. & SAAD, S, 2005. Permian Radiolarian Biostratigraphy of the Semanggol Formation, south Kedah, peninsular Malaysia. Geological Society of Malaysia Bulletin, No.51, p.19-30.

[8] Mashael Mohammed Al Saud ,2010. Mapping potential areas groundwater storage in Wadi Aurnah basin ,western Arabian Peninsula , using remote sensing and geographic information system techniques.Dol:10.1007/S .

[9] MIRSAC, 2010. Ground water potential zonation and surface water mapping of Mizoram. using Remote Sensing and GIS. Mizoram Remote Sensing Application Centre, Directorate of S&T, Mizoram.

[10] SAATY, T.L. and VARGAS, L.L.G,(2006).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.

[11] SAATY, T.L ,(2008), Decision making with the analytic hierarchy process.International, Journal of Services Sciences, 1(1), pp. 83-98.

[12] Tjahjanto, D., Othman, A. R., Ab. Latiff, A. A., Masiri,. Application of geographic information system (GIS) in demarcation groundwater potential zones, National Conference – Water for Sustainable Development Towards a Developed Nation by 2020, 3-14 July 2006, Guoman Resort Port Dickson.