



كلية الهندسة - جامعة بغداد

Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences

مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية

جمعية كليات الهندسة
اتحاد الجامعات العربية

تحديد المواقع المحتملة للمياه الجوفية باستخدام طريقة التحليل الهرمي

تماضر الابراهيم¹، معن سلامة²، محمد ملحم³*¹ جامعة البعث، حمص، سوريا، Email: tamadour.ibrahim83@gmail.com² قسم هندسة وإدارة الموارد المائية، جامعة البعث، حمص، سوريا، Email: salameh.maana@hotmail.com³ الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، سوريا، Email: melhem333@hotmail.com

*الباحث الممثل: تماضر الابراهيم، Email: tamadour.ibrahim83@gmail.com

نشر في: 31 كانون الأول 2021

الخلاصة – إن المياه الجوفية هي مصدر هام يساهم في التزويد السنوي الكلي، وعلى أي حال فإن الاستثمار المفرط أدى إلى استنزاف المياه الجوفية المتوفرة بشكل معتبر وبالتالي فإن تقييم المواقع المحتملة للمياه الجوفية هام جداً لحماية وإدارة أنظمة المياه الجوفية في منطقة الدراسة جنوبي محافظة حمص وذلك بإدخال تأثير كل من عوامل التكتونيك (فوالق وقسمات)، المسيلات المائية، الميل، الهطول المطري التراكمي الجيولوجية، وحساب أهمية (وزن) كل منها في نموذج المواقع المحتملة للمياه الجوفية باستخدام طريقة التحليل الهرمي (AHP). حيث تحدد هذه الطريقة الوزن النهائي لكل عامل مؤثر في تواجدها 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 والمتمثلة للعوامل المذكورة باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية (GIS)، وبالتالي الحصول على مخطط توزيع المواقع المحتملة للمياه الجوفية، حيث قسمت المنطقة من حيث ملائمتها إلى ثلاثة قطاعات (عالية، متوسطة، منخفضة) تم اختيارها بالتوافق مع الآبار الموجودة في منطقة الدراسة، وقد تبين أن توزيع 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، وجيدة في مجال التخطيط للموارد المائية والتنبؤ والمراقبة.

الكلمات المفتاحية – المواقع المحتملة للمياه الجوفية، طريقة التحليل الهرمي، مصفوفات المقارنة المزدوجة، نظام المعلومات الجغرافية.

1. المقدمة

بالطريقة الهيدروجيولوجية في حوض الساحل ووفقها قسم الشريط الساحلي إلى ثلاثة قطاعات [12].

قام الباحثون Nezar Hammouri, Ali El-Naqa, Mohammed Barakat عام 2012 م باستخدام الدمج لتقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية وذلك في حوض ميوجيب في الجزء الأوسط من الأردن، حيث تعتمد هذه الدراسة على تحديد المواقع المحتملة للمياه الجوفية من خلال تقييم مجموعة من البارامترات الطبوغرافية، الجيولوجية والهيدروجيولوجية (الميل، القسمات الخطية، الجيولوجيا، المسيلات المائية) المؤثرة على طبيعة حدوث المياه الجوفية. والنتائج التي تم الحصول عليها تظهر أن حوالي 40% من منطقة الدراسة صنف كمنطقة عالية من حيث وجود المياه الجوفية فيها وهي تتركز في الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة وذلك على طول الوديان وبمحاذاة نظام الفوالق [6].

تم توصيف وتصنيف المواقع المحتملة للمياه الجوفية في حوض نهر بيلت في أنيوبيا من قبل الباحثين Anirudh Bhowmick, Jai Ram Ojha عام 2019 م بدمج عدة شرائح في برنامج نظام المعلومات الجغرافية ممثلة للعوامل: الجيولوجيا، الجيومورفولوجيا، كثافة المسيلات، كثافة القسمات الخطية، الهطول المطري، الميل، التربة، استخدام الأرض. وذلك بعد إعادة تصنيفها حسب قوة تأثيرها في تواجدها الجوفية. باستخدام تقنية التركيب الخطي الموزون. والخريطة النهائية لمواقع المياه الجوفية قسمت إلى ثلاثة مجموعات: جيدة، متوسطة، فقيرة. حيث المناطق المتوسطة تشغل حوالي 88.4% من المنطقة الكلية وتتركز في الجزء الغربي [3].

في منطقة النوبية في مصر طور الباحثون

مع تزايد معدل الضخ للمياه الجوفية بسبب النمو المتزايد للسكان مترافقاً مع التطور الصناعي والزراعي أدت جميعها إلى ظهور التنافس على استعمالات المياه، ومن هنا كانت مشكلة المياه الأخذة بالتفاهم من أهم تحديات هذا القرن، مما جعل إدارتها وحسن استثمارها من أولويات اهتمامات الشعوب والحكومات خاصة في وطننا العربي. وقد بينت الدراسات بأن الأسلوب التكامل ما بين الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية والمعلومات والمشاهدات التي تجمع من خلال المسوحات الميدانية من أهم الوسائل الناجحة في هذا المجال، وذلك عبر تطبيق الطرق التحليلية لمختلف المرئيات الفضائية وعمليات النمذجة الرقمية لاستخلاص مجموعة من المخططات الهامة والتي بدورها تؤدي لفهم طبيعة النظام المائي في المنطقة محل الدراسة، وبالتالي تزويد المختصين بالمعلومات الضرورية لتوجيه أعمال التنقيب عن الموارد المائية. ويعتبر نظام المعلومات الجغرافية من التطبيقات المهمة في مجال تخطيط وإدارة الموارد المائية والمحافظة عليها من أخطار الاستنزاف فهو وسيلة لدعم القرار من خلال تزويد هذا البرنامج بالمعطيات الموثوقة والدقيقة ثم معالجتها وتحليلها وإعطاء نتائج سريعة ومضمونة بكلفة أقل مع اختصار الوقت، كما تعتبر طريقة التحليل الهرمي (AHP) من الطرق الهامة التي تستخدم آراء الخبراء المحليين في تقدير الوزن للعوامل المؤثرة في تحديد المواقع المحتملة للمياه الجوفية.

في سورية أجريت دراسة للموازنة المائية في حوض الساحل من قبل المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) بالتعاون مع الشركة العامة للدراسات المائية (حمص) والهيئة العامة للموارد المائية (دمشق) عام 2015 م لتحديد البنيات المأمولة لاستثمار المياه الجوفية

المورفولوجية للسطح حول النهر. تتراوح التصنيفات للخريطة النهائية ضمن المجال 1-4 أي بدءاً من تصنيف ممتاز إلى فقير والتي تم الحصول عليها من تحليل القدرة الممتازة للتراب على حمل الماء، القسامات الخطية الأساسية، مناطق ذات ميل معتدل [4].

دمجت تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية وبالإستناد إلى طريقة التحليل الهرمي لتحديد المناطق الواعدة للمياه الجوفية في حوض نهر سوس في المغرب من قبل الباحثين A. Argaz, B.Ouahman, A. Darkaoui, H.Bikhtar, K.Yabsa عام 2019م حيث استخدمت سبعة بارامترات مؤثرة في حدوث المياه الجوفية وهي: الجيولوجيا، الميل، كثافة القسامات الخطية، التربة، الارتفاع، كثافة المسيلات، استخدام الأرض. وتم الحصول على نسب تأثيرها من طريقة التحليل الهرمي ومن ثم تم دمجها باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية لإنشاء الخريطة النهائية للمواقع المحتملة للمياه الجوفية في منطقة الدراسة، والتي قسمت إلى خمس مجموعات حسب أهميتها في تواجدها المياه الجوفية وهي: جيدة جداً، متوسطة، فقيرة، فقيرة جداً. وهذه المناطق تم التحقق منها حسب توزيع الآبار في منطقة الدراسة [1].

الهدف من البحث: يهدف هذا البحث إلى تحديد المواقع المحتملة للمياه الجوفية في المنطقة الجنوبية من محافظة حمص 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 الجغرافية ومقارنة النتائج مع الأعمال النظرية والحقلية السابقة.

2. البيانات المستخدمة: للحصول على الهدف المنشود من الدراسة تم استخدام البيانات التالية: [13]

- صورة فضائية ETM ذات دقة تمييز مكاني (15×15) متر حيث تم وضع مخطط القسامات الخطية.
- الخريطة الجيولوجية بمقياس 1/200000 حيث تم رسم مخططات التشكيلات الجيولوجية والفوائق.
- 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 توزيع معدلات الهطول المطري السنوية في المنطقة المدروسة.

3. منطقة الدراسة: إن منطقة الدراسة تقع إلى الجنوب من محافظة حمص والشكل 1 يحدد الامتداد الجغرافي لمنطقة الدراسة بين: خطي العرض $34^{\circ} 34'$ و $34^{\circ} 12'$ شمالاً، خطي الطول $36^{\circ} 53'$ و $36^{\circ} 31'$ 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 (300-350) ملم/سنة، وتتناقص نحو الشرق لتصل إلى (100 - 150) ملم/سنة، كما تزداد من الجنوب نحو الشمال لتصل إلى (150 - 300) ملم/سنة ويبين الشكل 1 منطقة الدراسة.

May Yuan, Samia K. Ibrahim, and Mona F. Kaiser, and Tarek A. Seleem, عام 2016 م نموذج هيدرولوجي لتوفر المياه الجوفية باستخدام معلومات طبوغرافية و جيومورفولوجية و جيولوجية وذلك باستخدام عدة عوامل مؤثرة هي: الليتولوجيا، القسامات الخطية، الفوالق، الميول، استخدام الأراضي وبيانات استشعار عن بعد ودراسات حقلية. حيث أدخلت البيانات إلى هذا النموذج كشرائح راستر، وقد تم دمج الشرائح الممثلة لهذه العوامل في برنامج نظام المعلومات الجغرافية بعد إعطائها أوزاناً حسب أهميتها في تواجدها المياه الجوفية وفق رأي الخبراء والدراسات السابقة. وتبين أن الخريطة الناتجة لها درجة عالية من الموثوقية وخصوصاً أنها تضيف مواقع جديدة لاستثمار المياه الجوفية. حيث إن أسفل الحوض تمثل مناطق جيدة جداً لاستثمار المياه الجوفية كما أن أعلى الحوض من الممكن اعتباره مناطق واعدة لاستثمار المياه الجوفية، وهذه المناطق ميولها معتدلة ذات كثافة مسيلات منخفضة إلى متوسطة، من جهة أخرى فإن الصخور شبه النفوذة والرسوبيات الطينية منتشرة بشكل واسع والتي تساعد على تغذية الطبقة الحاملة [11].

هنالك محاولة نفذت من خلال دراسة لوصف مناطق المياه الجوفية المتوفرة في الطبقة الحاملة الرئيسية في الجزء الشمالي الشرقي من محافظة سيسان جنوب العراق باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية وذلك من قبل الباحثين Allaa Al-Shamma, Ayser Al-Abadi, عام 2014 م من خلال استخدام عدد من العوامل المؤثرة على تواجدها المياه الجوفية، وهي: الجيولوجيا، الجيومورفولوجيا، التربة، وكثافة القسامات الخطية وقد تم وضع الخرائط الممثلة لها لتوصيف الأصناف المحتملة للمياه الجوفية وذلك بعد إعطائها أوزاناً محددة باستخدام طريقة التحليل الهرمي حسب دورها في تشكل المياه الجوفية. وكل هذه الخرائط تم دمجها وتحليلها في برنامج نظام المعلومات الجغرافية ومن ثم الحصول على خريطة المواقع المحتملة للمياه الجوفية باستخدام تقنية التركيب الخطي الموزون. حيث تم تصنيفها إلى ثلاثة أصناف من حيث توفر المياه الجوفية فيها وهي: عالية، متوسطة، منخفضة. والتي تم التحقق منها باستخدام بيانات الآبار الموجودة في منطقة الدراسة. تساعد هذه الخريطة على وضع خطة استثمار مناسبة في المستقبل من أجل التخطيط الفعال لمياه جوفية نظيفة وأمنة في منطقة الدراسة [2].

وفي دراسة أخرى أجريت في العراق أيضاً وذلك في الصحراء الشرقية الواقعة في الرمادي من قبل الباحثين prof. Dr. Mudhaffars. Hasan Al Zuhairy, Assis. Prof. Dr. Alauldeen Abdulrahman Hasan, Fadhil Mezher Shnewer عام 2017 م من خلال دمج بيانات الاستشعار عن بعد مع نظام المعلومات الجغرافية للتحري عن المياه الجوفية عن طريق تحليل بيانات الآبار والعوامل المؤثرة وهي: الميل، كثافة المسيلات، الفوالق، الجيولوجيا، التربة والتي تم الحصول عليها من الصور الفضائية والبيانات الجيولوجية. وباستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية تم الحصول على الخريطة النهائية للمواقع المحتملة للمياه الجوفية والتي قسمت إلى خمسة أصناف من حيث توقع وجود المياه الجوفية فيها وهي: عالية جداً، عالية، متوسطة، منخفضة جداً وتم توثيق النتائج بالمقارنة مع بيانات الآبار، وكانت الدقة بحدود 57% [8].

وفي دراسة تم إجراؤها في مقاطعة توماكورو في الهند من قبل الباحثين Busavarajappa H.T, Jeevan L, Manjunath M.C عام 2014م للتحري عن المواقع المحتملة للمياه الجوفية في الأماكن ذات الطبيعة الصخرية الصلبة والتي استخدم فيها تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية من أجل الحصول على الخرائط الممثلة للجيولوجيا، المسيلات، القسامات الخطية، أنواع التربة، الميل. حيث أعطيت وزن محدد حسب أهميتها المتعلقة بحدوث المياه الجوفية ومن ثم تم الحصول على الخريطة الممثلة للمواقع المحتملة بعد دمج الخرائط الممثلة للعوامل المؤثرة باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية. بينت هذه الخريطة أن التوقعات الجيدة لتواجد المياه الجوفية تكون على طول أماكن القسامات الخطية الأساسية والثانوية في الأراضي السهلية ذات الميل المعتدل وتكون على شكل قنوات مائية. كما أن كميات متوسطة من المياه الجوفية تمت ملاحظتها مخزنة في مناطق التجميع والمسارات المتشققة، حيث يتم تشكل المياه الجوفية أسفل جدول الماء عند أعماق تتراوح 70-14متر، وتعتمد تغذية المياه الجوفية بشكل رئيسي على نوع الصخر، الشقوق، الفواصل، الميول، السمات

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	0.90	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	1.58	1.59

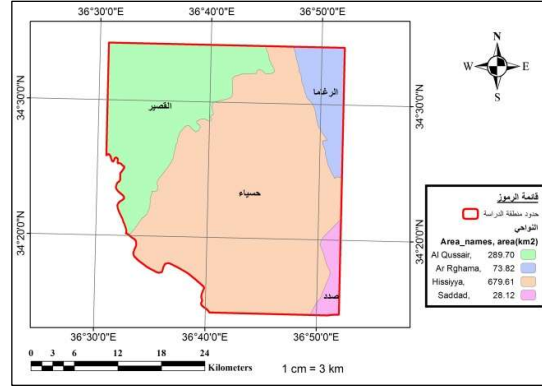
وتحديد المواقع المحتملة للمياه الجوفية لادب من تحديد الأوزان والتصنيف لكل عامل مؤثر، حيث استخدمت آراء الخبراء والمراجع لاختيار خمسة معايير فيزيائية وبالمقابل استخدمت وجهة نظر العملية التحليلية الهرمية (AHP) لتقييم التوافق بين آراء الخبراء عن طريق استخدام نسبة التطابق (CR) والتي ينبغي أن تكون أقل أو تساوي 0.1 وبالتالي تم تحديد الأوزان. التصنيف لكل معيار تم تقييمه بالمقياس (5-1) والذي تم اعتماده من قبل معظم المراجع ذات الصلة [5]. يبين الجدول (3) قيم المقاييس لمصفوفة المقارنة المزدوجة وفق خمسة خبراء محليين. والجدول (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

	الخبير 1	الخبير 2	الخبير 3	الخبير 4	الخبير 5
الهطول المطري	9	9	9	8	8
الميل	9	8	9	7	8
الجيولوجيا	7	7	6	6	6
القسمات الخطية	7	6	6	5	5
المسيلات	6	5	5	4	4

الجدول 4: مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبير الأول

المعيار	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1	1.29	1.29	1.50
الميل	1	1	1.29	1.29	1.50
الجيولوجيا	0.78	0.78	1	1	1.17
القسمات	0.78	0.78	1	1	1.17
المسيلات	0.67	0.67	0.86	0.86	1
المجموع	4.23	4.23	5.44	5.44	6.34



الشكل 1: منطقة الدراسة.

4. مواد وطرق البحث:

4.1 طريقة التحليل الهرمي (AHP): تعتبر طريقة AHP إحدى أدوات تحليل القرار المتعدد المعايير (MCDA) المطور من قبل Satty 1980. 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 [9]. فقد اقترح Satty 1980 مقياس (1-9) لعناصر مصفوفات المقارنة المزدوجة كما هو مبين بالجدول 1 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: [10]

- تحديد المقياس المهم في المشكلة (المواقع المحتملة للمياه الجوفية)
- 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 λ_{max} (principal Eigen value)
- 3- حساب دليل التطابق (CI)
- تحديد القيمة التقديرية لنسبة التطابق العشوائي (RI) كما هو مبين بالجدول 2
- حساب نسبة التطابق CR

الجدول 1: مقاييس طريقة المقارنة المزدوجة

شدة الأهمية	التعريف	الشرح
1	زوج متساوي الأهمية	معاييرين 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 بفضيل أحد المعايير بأعلى مصداقية ممكنة
2,4,6,8	قيم متوسطة	عندما يكون الحل الوسط (التسوية) مطلوبة

المسيلات	0.5	0.57	0.67	0.80	1
المجموع	3.76	4.28	5	6	7.5
الوزن	26.60	23.36	20.00	16.67	13.33
$\lambda_{max} = 5.308 \geq 5 ok, CI = 0.077, RI = 1.12, CR = 0.069 \leq 0.1 ok$					

الجدول 8: مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبير الخامس

المعيار	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1	1.33	1.60	2.00
الميل	1	1	1.33	1.60	2.00
الجيولوجيا	0.75	0.75	1	1.20	1.50
القسمات	0.63	0.63	0.83	1	1.25
المسيلات	0.50	0.50	0.67	0.80	1
المجموع	3.88	3.88	5.16	6.20	7.75
الوزن	25.77	25.77	19.38	16.13	12.90
$\lambda_{max} = 5.374 \geq 5 ok, CI = 0.0935, RI = 1.12, CR = 0.083 \leq 0.1 \rightarrow ko$					

الجدول 9: مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق المتوسط (Mean)

المعيار	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1.13	1.50	1.50	1.80
الميل	0.89	1	1.33	1.33	1.60
الجيولوجيا	0.67	0.75	1	1	1.20
القسمات	0.67	0.75	1	1	1.20
المسيلات	0.56	0.63	0.83	0.83	1
المجموع	3.79	4.28	5.66	5.66	6.80
الوزن	26.39	23.36	17.67	17.67	14.71
$\lambda_{max} = 5.234 \geq 5 ok, CI = 0.0585, RI = 1.12, CR = 0.052 \leq 0.1 \rightarrow ok$					

4.2 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، التكتونيك، الفوالق والقسمات الخطية)، المسيلات المائية، الميول، الهطول المطري).

4.2.1 الجيولوجيا: من الخريطة الجيولوجية ذات المقياس 1\200000 يتبين أن الصخور المتكشفة في منطقة الدراسة تعود إلى أعمار الكريتاسي

الوزن	23.64	23.64	18.38	18.38	15.77
$\lambda_{max} = 5.136 \geq 5 ok, CI = 0.034, RI = 1.12, CR = 0.030 \leq 0.1 \rightarrow ok$					

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

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

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

λ_{max} : معامل التحول الخطي

CI: دليل التطابق

RI: دليل التطابق العشوائي (يتم الحصول عليه من الجدول 2 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

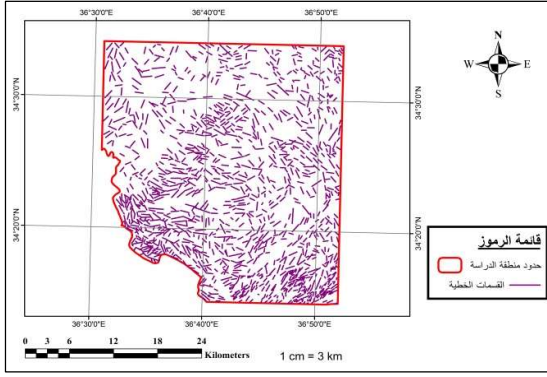
المعيار	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1.13	1.29	1.5	1.80
الميل	0.89	1	1.14	1.33	1.60
الجيولوجيا	0.78	0.88	1	1.17	1.40
القسمات	0.67	0.75	0.86	1	1.20
المسيلات	0.56	0.63	0.71	0.83	1
المجموع	3.90	4.39	5	5.83	7
الوزن	25.64	22.78	20.00	17.15	14.29
$\lambda_{max} = 5.224 \geq 5 ok, CI = 0.056, RI = 1.12, CR = 0.050 \leq 0.1 ok$					

الجدول 6: مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبير الثالث

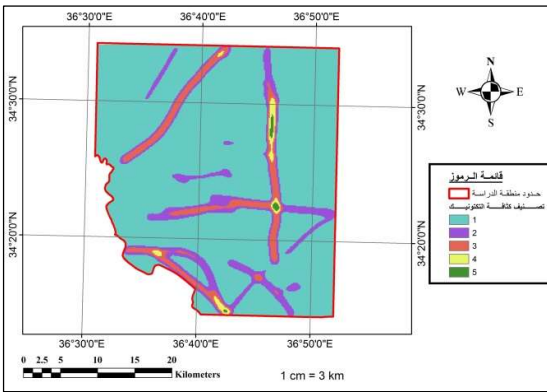
المعيار	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1	1.50	1.50	1.80
الميل	1	1	1.50	1.50	1.80
الجيولوجيا	0.67	0.67	1	1	1.20
القسمات	0.67	0.67	1	1	1.20
المسيلات	0.56	0.56	0.83	0.83	1
المجموع	3.9	3.9	5.83	5.83	7
الوزن	25.64	25.64	17.15	17.15	14.29
$\lambda_{max} = 5.292 \geq 5 ok, CI = 0.073, RI = 1.12, CR = 0.065 \leq 0.1 ok$					

الجدول 7: مصفوفة المقارنة المزدوجة وفق الخبير الرابع

المعيار	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1.14	1.33	1.60	2
الميل	0.88	1	1.17	1.40	1.75
الجيولوجيا	0.75	0.86	1	1.20	1.5
القسمات	0.63	0.71	0.83	1	1.25

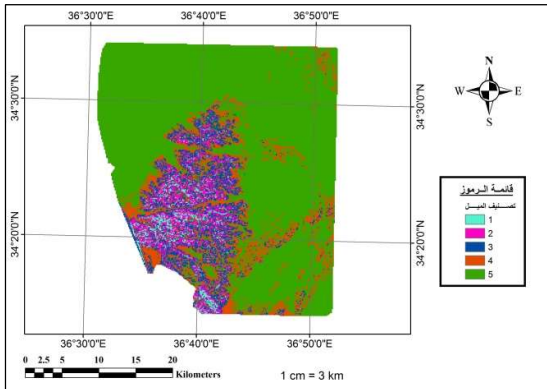


الشكل 4: توزيع القسمات الخطية في منطقة الدراسة.



الشكل 5: تصنيف كثافة التكتونيك في منطقة الدراسة.

4.2.3 الميول: من خلال استخدام الخرائط الطبوغرافية في منطقة الدراسة تم إنشاء نموذج الارتفاع الرقمي. ومنه تم إنشاء خريطة توزيع الميل ومنها تم إنشاء خريطة تصنيف كثافة الميل في منطقة الدراسة، كما يبين الشكل (6) حيث الرقم 5 في التصنيف يشير إلى درجة الميل الأقل والرقم 1 إلى درجة الميل الأكبر.



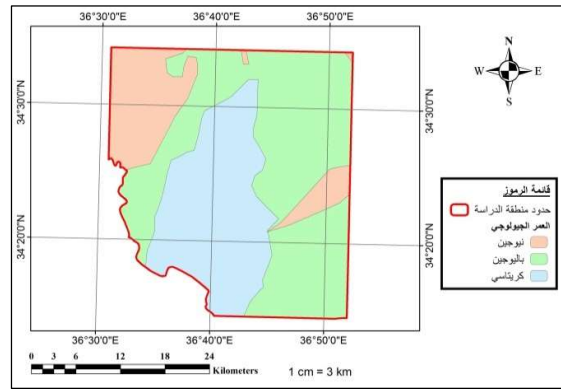
الشكل 6: تصنيف كثافة الميل في منطقة الدراسة.

4.2.4 المسيلات: من الخريطة الطبوغرافية 1/50000 والصورة الفضائية تم إنشاء توزيع شبكة المسيلات المائية في منطقة الدراسة. ومن توزيع شبكة المسيلات المائية تم إنشاء خريطة كثافة المسيلات في منطقة الدراسة. كما في

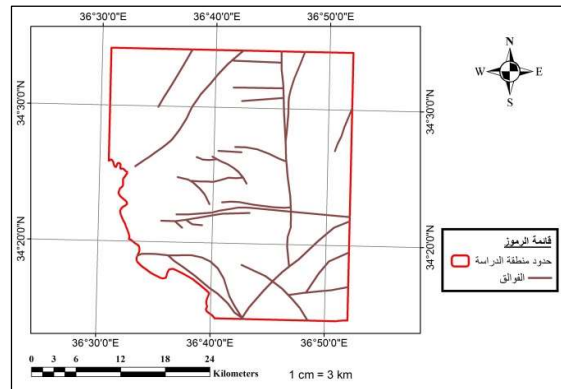
والباليوجين و النيوجين كما يبين الشكل 2 وحيث: الكريتاسي الأعلى Cr مؤلف من حجر كلسي، مارل النيوجين N ويتكون الوسط الصخري من حجر كلسي، حجر رملي الباليوجين Pg ويتكون الوسط الصخري من حجر كلسي، حجر كلسي غضاري ومارل.

4.2.2 التكتونيك (القوق والقسيمات الخطية):

- القوق: من الخريطة الجيولوجية ذات المقياس 1:200000 تم إنشاء مخطط توزيع القوق في منطقة الدراسة كما يبين الشكل 3.
- القسيمات الخطية: باستخدام صورة فضائية لمنطقة الدراسة تم إنشاء مخطط القسيمات الخطية كما يبين الشكل 4. ومن مخطط توزيع التكتونيك في منطقة الدراسة تم إنشاء مخطط توزيع الكثافة للتكتونيك (قوق و قسيمات خطية) اعتماداً على أطوالها كما يبين الشكل 5، (حيث تعبر الكثافة عن وحدة القياس في وحدة المساحة أي كيلومتر ضمن الكيلومتر المربع) ويبدل الرقم الأكبر على الكثافة الأكبر.

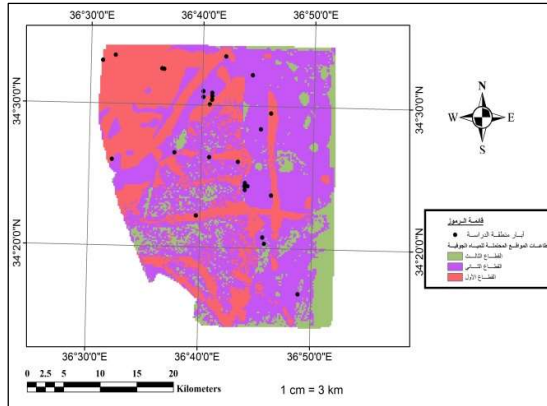


الشكل 2: الخارطة الجيولوجية في منطقة الدراسة



الشكل 3: توزيع القوق في منطقة الدراسة.

المسيلات ، (G): الجيولوجيا ، (Si): رقم لا بعدي يمثل عدد المواقع المحتملة للمياه الجوفية.



الشكل 9: قطاعات المواقع المحتملة للمياه الجوفية في منطقة الدراسة

6. النتائج والمناقشة:

تم الحصول على ثلاثة قطاعات ممثلة للمواقع المحتملة للمياه الجوفية في المنطقة المدروسة:

- 1- قطاع ذو مأمولية جيدة (القطاع الأول)
- 2- قطاع ذو مأمولية متوسطة (القطاع الثاني)
- 3- قطاع ذو مأمولية ضعيفة (القطاع الثالث)

بمقارنة التوزيع الفعلي للآبار في المنطقة المدروسة مع المواقع المحتملة للمياه الجوفية والتي حددها البرنامج يتبين أن (11) بئر تتوزع في القطاع الأول ذو المأمولية الجيدة الذي يتركز في الجزء الشمالي الغربي وأجزاء من وسط منطقة الدراسة حيث تكون معدلات الأمطار عالية وتنتشر الصخور الكلسية المشققة والرملية النفوذة، كما يمتاز هذا القطاع بميول تضاريسية منخفضة وكثافة مسيلات متوسطة مما يساعد على تغذية الطبقة الحاملة بينما (16) بئر تتوزع في القطاع الثاني ذو المأمولية المائية المتوسطة وذلك بالقرب من مواقع انتشار الفوالق. يشغل هذا القطاع مساحات كبيرة من منطقة الدراسة حيث تكون معدلات الأمطار أقل مقارنة بالقطاع الأول، وتنتشر الصخور الكلسية المشققة النفوذة ذات الميول المنخفضة إلى المعتدلة، وكثافة المسيلات المتوسطة إلى الجيدة. في حين أنه لا يوجد أي بئر في القطاع الثالث ذو المأمولية المائية الضعيفة. مما يؤكد منطقيّة التحليل.

وفي أبحاث مشابهة استخدمت طريقة أخرى لتحديد أوزان العوامل المؤثرة الداخلة. ففي دراسة أجريت في مقاطعة تاميل نادو في الهند عام 2012 م بغية تحديد المواقع المحتملة للمياه الجوفية تم استخدام طريقة العوامل المتعددة التأثير (MIF) ، حيث تم إدخال تأثير سبع عوامل وهي: الجيولوجيا الميل ، استخدام الأرض ، القسامات الخطية ، المسيلات ، التربة ، الهطول المطري [7]، وتم الوزن حسب قوة تأثير كل عامل على الآخر، فعندما يكون العامل ذو تأثير رئيسي يعطى القيمة (1) بينما يعطى قيمة (0.5) إذا كان تأثيره ثانوي ، ويكون الوزن النهائي الممثل لكل عامل يعطى بالعلاقة :

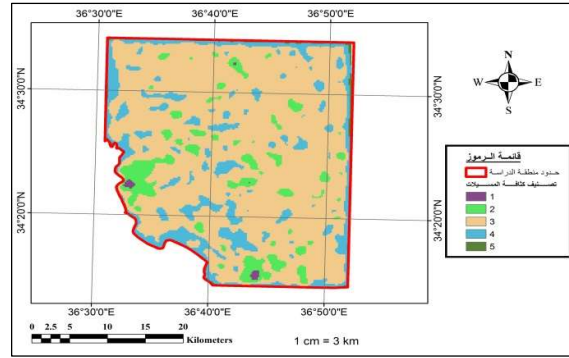
$$\text{حيث: } \frac{(A + B)}{\sum (A + B)} \times 100$$

A: القيمة الممثلة للعلاقة الرئيسية بين عاملين

B: القيمة الممثلة للعلاقة الثانوية بين عاملين

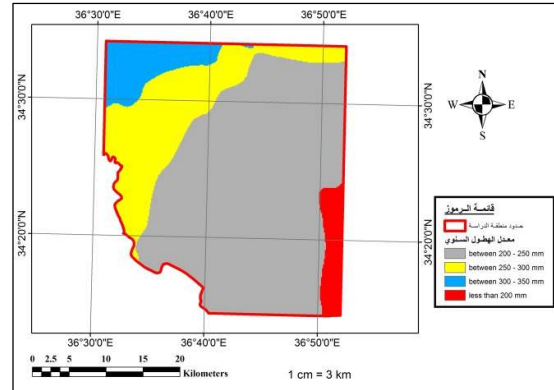
وبين الشكل (10) العلاقة بين العوامل المتعددة التأثير المتعلقة بالمواقع المحتملة للمياه الجوفية

الشكل (7) حيث يشير الرقم الأكبر الدال على الكثافة إلى كثافة المسيلات الأعلى.



الشكل 7: تصنيف كثافة المسيلات في منطقة الدراسة.

4.2.5 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 أربع مناطق استقرار: الخامسة حيث الهطول السنوي أقل من (200) ملم 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 (8) توزيع الهطول المطري في منطقة الدراسة حيث إن منطقة الاستقرار الثانية هي المنطقة الأكثر أهمية في تشكل المواقع المحتملة للمياه الجوفية.



الشكل 8: توزيع معدل الهطول المطري السنوي في منطقة الدراسة.

5. حساب توزيع المواقع المحتملة للمياه الجوفية:

من خلال تطبيق الأوزان المستخلصة من طريقة (AHP) على الشرائح والمخططات في نظام المعلومات الجغرافية (GIS) (الجيولوجيا، كثافة التكتونيك، الميول، كثافة المسيلات، الهطول المطري) بعد إعادة تصنيفها حسب أهميتها في تواجدها للمياه الجوفية. تم الحصول على المخطط النهائي لتوزيع 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:

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

حيث:

W: يمثل وزن كل معيار (مقياس)، R: يمثل التصنيف لكل معيار (R): الهطول، (SL): الميل، (LD): كثافة التكتونيك، (DD): كثافة

7. الاستنتاجات والتوصيات

7.1 الاستنتاجات

- 1- اعتماد منهجية تنقيح جديدة لمنطقة الدراسة مشتملة رياضياً من مصفوفة المقارنة المزدوجة لرأي الخبراء، حيث أظهرت النتائج صحة نسب التنقيح المفترضة في البحث بناء على الخوارزمية، وذلك بالمقارنة مع نتائج الخبراء لمناطق مشابهة بفحص نسبة التطابق للخبراء حيث وجد أن: $CR \leq 0.1$
- 2- منهجية التنقيح الجديدة تصلح للتطبيق على المناطق المشابهة لمنطقة الدراسة

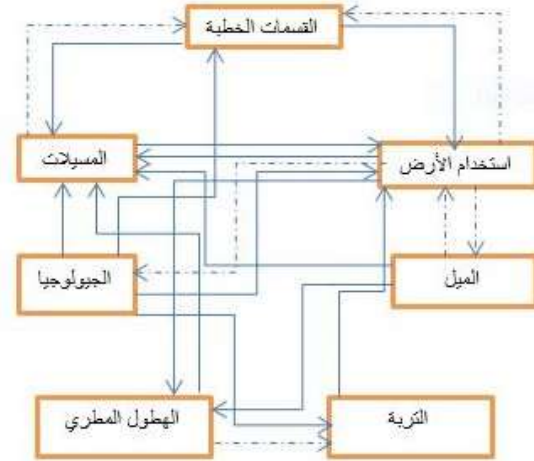
7.2 التوصيات

- 1- نوصي بتمسح المواقع الملائمة للتحقق من أن المواقع غير مشغولة باستخدامات اقتصادية اجتماعية عالية للأرض.
- 2- نوصي بالتحري الجيوفيزيائي لدراسة الطبقات تحت السطحية ضمن منطقة الدراسة للتحقق فيما إذا كانت هذه الطبقات ملائمة للمواقع المحتملة للمياه الجوفية.
- 3- الأبار داخل منطقة الدراسة يتوزع معظمها خارج القطاع الأول لذلك نقترح إعادة التوثيق بالدراسات الجيوفيزيائية وحفر آبار جديدة فيه وإهمال بقية القطاعات، وبالتالي الإسهام في استثمار أفضل وتحقيق جدوى اقتصادية في تكاليف الدراسات الجيوفيزيائية والبحث العلمي واتخاذ قرارات فعالة في مجال إدارة المياه.

- 4- نوصي بالتوسع في المعطيات (البيانات) من خلال زيادة العوامل المؤثرة مثل محتويات التربة من مواقع متعددة ضمن منطقة الدراسة لتوثيق مدى ملائمتها في تشكل المياه الجوفية والتي تؤدي إلى دقة أكثر في النتائج.
- 5- نوصي باستخدام 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.

References

- [1] Argaz, B.Ouahman, A.Darkaoui, H.Bikhtar,K.Yabsa, (2019).Application of remote sensing techniques and gis – multicriteria decision analysis for groundwater potential mapping in Souss watershed, Morocco.Journal of materials and environmental sciences,volume10,issue5,page411-421.
- [2] Allaa Al-Abadi,Ayser Al Shamma,(2014).Groundwater potential mapping of the major aquifer in northeastern Missan Governorate, south of Iraq by using Analytical Hierarchy process and gis.Journal of environment and earth science vol.4,N.10.
- [3] Anirudh Bhowmick, Jai Ram Ojha,(2019).Integrated gis and remote sensing techniques for geospatial analysis of groundwater potential zones of Bilate river Catchment,Main Ethiopian Rift Vally. International Journal of innovative technology and exploring engineering (IGATE), Volume -8 Issue -6S.



تأثير رئيسي

تأثير ثانوي

الشكل 10: العلاقة بين العوامل المتعددة التأثير المتعلقة بالمواقع المحتملة للمياه الجوفية
ومن الشكل 10 تم الحصول على الجدول المبين لتأثير العوامل وقيم الأهداف المرتبطة بكل عامل متوقع

الجدول 10: تأثير العوامل وقيم الأهداف المرتبطة بكل عامل متوقع

العامل المؤثر	تأثير رئيسي (A)	تأثير ثانوي (B)	مجموع التأثيرين (A+B)	الهدف المتوقع لكل عامل مؤثر
القسمات الخطية	1+1	0	2	13
استخدام الأراضي	1+1	0.5+0.5	3.5	22
الجيوولوجيا	1+1+1	0	4	25
المسيلات	1	0.5	1.5	9
الميل	1+1	0.5	2.5	16
الهطول المطري	1	0.5	1.5	9
التربة	1	0	1	6
المجموع			16	100

وقد أثبتت هذه الطريقة بأنها ذات كفاءة عالية في اختصار الوقت والجهد والمال، كما أنها تمكن من اتخاذ القرار السريع من أجل إدارة مصادر المياه الجوفية، وتعتبر ناجحة في توقع الأماكن المحتملة للمياه الجوفية ومن الممكن أن تطبق بشكل كبير للمناطق الواسعة ذات الطبوغرافيا الوعرة (القاسية) لاستثمار المواقع المناسبة.

the western desert of Iraq. International journal of Scientific & Engineering Research Volume 8, Issue 7.

[9] 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.

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

[11] Sara M.Abouzied,May Yuan,Samia K.Ibrahim,Mona F.Kaiser, and Tarek A.Seleem,(2016).Delineation of groundwater potential zones in Nuweiba Area (Egypt) using remote sensing and gis techniques.International Journal of Signal processing systems Vol.4,No.2.

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

[13] د. محمد ملحم،(2016). بيانات وصور فضائية، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد. حمص، الجمهورية العربية السورية.

[4] Busavarajappa H.T, Jeevan L,Manjunath M.C.(2014). Delineation of ground water potential zones in precambrian hard rock terrain of Tumakuru district,Karnataka, India using geomatics application, international Journal of Civil engineering and technology (IJCIET),Volume5,Issue,pp.305-31512.

[5] 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.

[6] Nezar Hammouri,Ali El-Naqa,Mohammed Barakat,(2012).An integrated Approach to groundwater exploration using remote sensing and geographic information system.Journal of water resource and protection, 4,717-724.

[7] N.S. Magesh, N. Chandrasekar, John Prince Soundranayagam ,(2012). Delineation of groundwater potential zones in Thenidistrict, Tamil Nadu, using remote sensing, GIS and MIFtechniques. GEOSCIENCE FRONTIERS 3(2) ,189-196.

[8] Prof.Dr.Mudhaffars, Hasan Al Zuhairy, Assis.Prof.Dr.Alauldeen Abdulrahman Hasan, Fadhil Mezher Shnewer,(2017).Gis – Based Frequency Ratio Model for mapping the potential zoning of groundwater in

Identify potential groundwater locations using hierarchical analysis method

Tamadour ibrahim^{1,*}, *Maan salameh*², *Mohammad melhem*³,

¹ Al-Baath University, Homs, Syria, E-mail: tamadour.ibrahim83@gmail.com

² Department of Management of Water Resources Engineering, Al-Baath University, Homs, Syria, E-mail: salameh.maam@hotmail.com

³ Research for the General Authority of Remote Sensing, Syria, E-mail: melhem333@hotmail.com

*Corresponding author: tamadour ibrahim, E-mail: tamadour.ibrahim83@gmail.com

Published online: 31 December 2021

Abstract—Groundwater is an important resource that contributes to the total annual supply, and in any case, the excessive investment has led to a significant depletion of the available groundwater. Therefore, the assessment of potential groundwater sites is very important to protect water quality and manage groundwater systems in the study area south of Homs Governorate. This can be done by introducing each of the tectonic factors (faults and lineaments), drainage, slope, rainfall, geological structures, and calculating the importance (weight) of each in the model of potential groundwater sites using the hierarchical analysis method (AHP). This method determines the final weight of each factor affecting the presence of groundwater, based on the opinions of local experts, using pairwise comparison matrices and calculating the percentage of congruence between these opinions. Then a weighted linear combination of the used, classified and representative maps of the mentioned factors was carried out using the Geographical Information System (GIS) program thus, obtain a scheme for the distribution of potential groundwater sites where the area was divided in terms of its suitability into three sectors (high, medium, and low) that were tested in accordance with the wells 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 could be useful in shortening the field of conventional hydrogeological investigations that are relatively expensive and good for water resource planning, forecasting and monitoring.

Keywords—: potential groundwater sites, hierarchical analysis method, pairwise comparison matrices, geographic information system.