محور التقنيات المكانية في تنمية الموارد الطبيعية

استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في رسم خرائط الأماكن المحتملة للمياه الجوفية في منطقة زليتن

آمنة على بن حليم
قسم الجغرافيا / كلية الآداب / الجامعة الأسمرية الإسلامية
amna02180@gmail.com

الملخص

إن عدم توفر المعلومات والبيانات الأساسية حول المياه الجوفية يقيد عملية اتخاذ القرار المكاني المناسب لإدارة المياه الجوفية في المناطق التي تشهد مستويات متذبذبة في العالم، إن تحديد وتوزيع الأماكن المحتملة للمياه الجوفية بالغ الأهمية. حيث ركزت الدراسة الحالية على تحديد الأماكن المحتملة للمياه الجوفية باستخدام التقنيات الجيو مكانية الحديثة في منطقة زليتن، حيث تم الاعتماد على بيانات الاستشعار عن بعد المستمدة من صور الأقمار الصناعية ومصادر البيانات التقليدية من الجهات المتخصصة والحكومية لرسم الطبقات المحددة لاحتمالية توفر مياه جوفية، وذلك بتطبيق تقنيات نظم المعلومات الجغرافية مع عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) إحدى أساليب القرار متعدد المعايير (MCD) لتحليل وتصنيف ونمذجة الطبقات الثمانية للعوامل والمؤشرات الداخلة في إنشاء نموذج الأماكن المحتملة للمياه الجوفية بالمنطقة، بالاعتماد على الدراسات السابقة و أراء الخبراء في التخصص وتم تمثيلها على شكل طبقات خرائطية ومن ثم دمجها، بعد أن تم تحديد وزن لكل معيار من المعايير المحددة حسب أهميته، وذلك باستخدام أداة التحليل المكاني (OWA) لانتاج نموذج مكاني للأماكن المحتملة للمياه الجوفية في منطقة زليتن ، وتوصلت الدراسة إلى نموذج خرائطي تم تقسيم نطاقاته إلى أربع فئات من حيث احتمالية وجود مياه جوفية، منها نطاقات عالية الاحتمالية للمياه الجوفية وصولا النطاقات منخفضة الاحتمالية، وتتوزع مساحات نطاقات الاحتمالية، بحيث شكلت نسبة مساحة الأماكن عالية الاحتمالية لتوفر مياه جوفية (0.7%) تقريبا، و(77%) للجيدة، و(22%) المتوسطة، و(0.4%) لمحدودة احتمالية توفر المياه الجوفية بها، من اجمالي مساحة منطقة زليتن.

وتوصلت الدراسة بفاعلية دمج تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد مع القرار متعدد المعايير باستخدام عملية التسلسل الهرمي التحليلي AHP، في تحديد أماكن المياه الجوفية المحتملة. وتوصي الدراسة

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

بالاستفادة من هذه التقنيات وتكاملها مع بعضها لصنع قرار مكاني متعدد المعايير، وتحقيق أهداف الدراسات الجغرافية والبيئية.

الكلمات المفتاحية: احتمالية المياه الجوفية، القرار المكاني متعدد المعايير MCD ، تقنية التحليل الهرمي AHP، زليتن، الموارد المائية، التقنيات الجيومكانية.

Applications of GIS and remote sensing in mapping potential groundwater sites in Zliten region

Amna Ali Ben Halim

Department of Geography / Faculty of Arts / Al_Asmarya Islamic University

amna02180@gmail.com

Abstract

The lack of basic information and data on groundwater constrains the appropriate spatial decision-making process for groundwater management in areas with fluctuating groundwater levels, and the identification and distribution of potential groundwater locations is very important. The current study focused on identifying potential groundwater places using modern geospatial techniques in Zliten region, where remote sensing data derived from satellite images and traditional data sources from specialised and governmental authorities were relied upon to map the layers of groundwater potential, by applying GIS techniques with the Analytical Hierarchy Process (AHP) one of the multi-criteria decision (MCD) methods to analyse, classify and model the eight layers of factors and indicators involved in creating the groundwater potential places model in the region, based on previous studies. Based on previous studies and the opinions of experts in the discipline, they were represented in the form of map layers and then merged, after assigning a weight to each of the identified criteria according to its importance, using the spatial analysis tool (OWA) to produce a spatial model of potential groundwater places in the Zliten region. The study came up with a cartographic model whose ranges were divided into four categories in terms of the likelihood of the presence of groundwater, from high probability ranges to low probability ranges, and the areas of the probability

 Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

ranges were distributed, so that the percentage of the area of places with high probability of groundwater availability constituted (0.7%), (77%) for good, (22%) for moderate, and (0.4%) for low probability of groundwater availability, out of the total area of Zliten region.

The study found the effectiveness of integrating GIS and remote sensing techniques with multi-criteria decision making using the Analytical Hierarchy Process (AHP) in identifying potential groundwater locations. The study recommends utilising and integrating these techniques to make a multi-criteria spatial decision and achieve the objectives of geographical and environmental studies.

Keywords: Groundwater potential, MCD, AHP, Zliten, water resources, geospatial techniques.

1. المقدمة

تعد المياه الجوفية من أهم الموارد الطبيعية، وهي المياه المتواجدة تحت سطح الأرض، وهي مصدر للمياه العذبة حيث تشكل ثلثي المياه العذبة المستخرجة في جميع أنحاء العالم [1]. وهي المصدر الرئيسي لتخزين المياه وللتقليل من نقصها [2]. ويعتمد عليها الكثير من سكان العالم للاستعمال اليومي وللشرب والزراعة وبعض الصناعات، ولها دور بالغ الأهمية في النمو الاقتصادي والاجتماعي [3]. وتشهد المياه الجوفية في العقود الأخيرة تذبذبا وتدهورا وهذا نتيجة لممارسات خاطئة ناتجة عن الإفراط في استخراجها. وهذا ما جعل من هذا المورد محل طلب لتلبية الضغط ولسد الاحتياجات المائية.

إن التغير في عمليات العرض والطلب له تأثير مباشر في تغير تخزين المياه الجوفية، حيث الزيادة في الإمدادات ونقص في الطلب يقلل من الاعتماد على المياه الجوفية كمورد رئيسي للمياه.

ونتيجة التغيرات المناخية العالمية والتي لها تأثير مباشر على كمية ونوعية مكونات الدورة الهيدرولوجية العالمية. ساهمت هذه التغيرات في ارتفاع درجات الحرارة وقلة كمية الأمطار الساقطة واختلاف توزيعها المكاني والزماني وهذا ما يؤدي لزيادة كميات التبخر من المسطحات المائية والتربة، والذي له التأثير في تغير النظام الهيدرولوجي للطبقات الحاملة للمياه الجوفية، وعلى تغذيتها وتخزين المياه بها في جميع أرجاء العالم [4].وهذا ما سبب في زيادة الضغط والطلب على المياه الجوفية تزامنا مع زيادة النمو الاقتصادي والاجتماعي والسكاني. وبالتالي ساهمت هذه الأسباب مجتمعة في تباين أماكن تواجد المياه الجوفية، وان الاستنزاف المفرط للمياه

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

الجوفية يؤدي الى شح المياه المتاحة أو تذبذبها، بل قد يؤدي الى زياده الطاقة المستهلكة لاستخراج وضخ المياه، وهذا ما يسبب في هبوط الأراضي، وزياده الفيضانات ومخاطرها بشكل كبير[1].

ان استدامه المياه الجوفية يعزى إلى عوامل منها ما هو مرتبط بالتغيرات المناخية، ومنها ما سببه زيادة الضغوطات البشرية، ولهذا فان استدامة الموارد المائية تشكل تحدياً كبيراً.

وهذا ما نعيشه ونراه في منطقة زليتن، والتي تعتمد على المياه الجوفية كمصدر لتوفير مياه الشرب والري والأغراض الصناعية المختلفة، وذلك لعدم توفر بديل للمياه العذبة بالمنطقة، وتقع زليتن ضمن المناطق الجافه وشبه الجافه والتي تواجه تحديات كبيره في إدارة المياه الجوفية، حيث تلعب المياه الجوفية دورًا حاسمًا في تلبية احتياجات المياه، وما تشهده المنطقة من نمو سكاني واقتصادي وانتشار الزراعة المروية، وتقلبات مناخية من جفاف و ارتفاع درجات الحرارة، كل ذلك يساهم في زيادة نسبة الفاقد من المياه الجوفية، بالإضافة لمشكلة اهتراء وعدم صيانة شبكات خطوط نقل المياه والصرف الصحي داخل مخطط المدينة، والتعدي على خطوط نقل وتوزيع مياه النهر الصناعي ، ناهيك عن رخص المقابل المادي للمياه، وانتشار ظاهرة الحفر العشوائي للآبار ، وعدم تطبيق القوانين الخاصة بحماية المياه، إن سوء الإدارة والتخطيط وعدم الوعي بأهمية هذا المورد الحيوي وما يترتب عليه من مخاطر بيئية وإنسانية، ساهمت جل هذه الأسباب في زيادة استنزاف المياه الجوفية وتدهورها وتعرضها للتلوث والتذبذب.

ولهذا فإن الدقة والكفاءة العالية في تحديد الأماكن المحتملة لتوفر المياه الجوفية أمر بالغ الأهمية، وفي هذا السياق تلعب التقنيات الجيو مكانية مع استخدام القرار متعدد المعايير (MCD) دورا مهما في تحسين عمليات تقييم واستكشاف مناطق المياه الجوفية بالمنطقة.

في الواقع لا يوجد إطار شامل لرصد وتقدير المياه الجوفية، على العكس من موارد المياه السطحية، حيث لا توجد شبكات رصد للمياه الجوفية عدا مراقبة بيانات الآبار، فقد تم استحداث وتطوير بعض الطرق والأساليب الحديثة ومن أهمها استخدام بيانات الاستشعار عن بعد والأقمار الاصطناعية، وأساليب الاستيفاء المكاني والنمذجة والمحاكاة بتقنيات نظم المعلومات الجغرافية، لمراقبة المياه الجوفية وإدارتها وتقديرها زمانيا ومكانيا بتقنيات رصد حديثة ونماذج محاكاة تنبؤية مستقبلية[5] .

تعد تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد أدوات فعاله في إدارة و تخطيط الموارد المائية الجوفية، تشهد التقنيات الجيو مكانيه تطورا كبيرا ترافق مع الزيادة الملحة لا داره الموارد المائية الجوفية فهي

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

تعتبر وسائل لدعم صانع القرار والباحثين وأصحاب الإدارات لاستخدام مصادر ومناهج عمل مختلفة في هذا المجال فيمكن استخدام هذه التقنيات في إدارة المياه الجوفية للمحافظة عليها ومراقبتها وتحديد الملوثات وحمايتها من الاستنزاف ورفع كفاءه استخدامها[6] ، وهذا يساعد في إدارة الكوارث ومواجهة التحديات والتنبؤ بها، وتطوير الخطط لإدارة مورد المياه الجوفية واستدامتها واتخاذ القرار السليم، ودعم التخطيط العمراني والبيئي المستدام للمناطق الحضرية والريفية. .واستخدمت هذه التقنيات في نطاقات واسعه لاتخاذ قرار متعدد المعايير لدراسة المياه الجوفية في العديد من أنحاء العالم، فهي توفر افضل الحلول للعديد من المشاكل لصنع قرار متعدد المعاييروالبدائل.

الجغرافية المعلومات نظم تقنيات استخدام السابقة الدراسات من العديد تناولت (GIS) بعد عن والاستشعار (RS) التحليلي الهرمي التسلسل وعملية (AHP) من الجغرافية، البيئات مختلف في الجوفية لمياه المحتملة المناطق لتحديد في والحضرية والزراعية والساحلية والجبلية قوالصحراوي القاحلة شبه المناطق هذه جميع وخلصت .[16،15،14،13،12،11،10،9،8،7] منها العالم من مختلفة أرجاء الجغرافية المعلومات نظم تقنيات استخدام وفاعلية جودة إلى الدراسات المناطق تحديد في التحليلي الهرمي التسلسل عملية مع بعد عن والاستشعار إدارة تحسين في وفعالة مفيدة لنتائج وتوصلت الجوفية، لمياه المحتملة واعتمدت .الجوفية لمياه الاستكشافي الحفر لعمليات والتخطيط المائية الموارد .جغرافية بيئة كل طبيعة حسب معايير عدة على

منها .فيها المستخدمة الأساليب من الاستفادة تم الدراسات، هذه مراجعة خلال من تقنيات استخدامGISو RSو AHPفي الجوفية لمياه المحتملة المناطق لتحديد ، المؤثرة المعايير اختيار آلية حول أفكار وبناء لاستخلاص المختلفة البيئات منطقة في الجوفية المياه أماكن تحديد في الدراسة وتساهم .أهمية والأكثر يساعد مما المحتملة، الجوفية هالمياه لأماكن خرائطي نموذج تقديم خلال من زلتن، من دراسة عليها تجري لم والتي المنطقة هذه في المائية الموارد إدارة تحسين في .النوع هذا

2. أهداف الدراسة

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly

وتهدف الدراسة إلى مايلي:

1. توضيح دور تطبيقات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافيه لتحسين وإدارة موارد المياه وعرض المشاكل المرتبطه بها، بغرض استدامتها.

2. إنشاء وتصميم قاعدة بيانات جغرافية للمنطقة، وتمثيل كارتوغرافي للخصائص الطبوغرافية والهيدرولوجية لمنطقه زليتن.

3. دراسة تأثير العوامل الجيولوجية والهيدرولوجية والجغرافية والبيئية في مدى احتمالية توفر مياه جوفية بالمنطقة.

4. استخدام اسلوب النمذجه المكانية الذي يعتمد على انشاء طبقات مواضيعية للكشف عن الأماكن المحتمل توفر مياه جوفيه بها بمنطقة زليتن، بتطبيقات نظم المعلومات الجغرافيه.

3. المواد والأساليب المتبعة في الدراسة

3.1. منطقة الدراسة وخصائصها الجغرافية

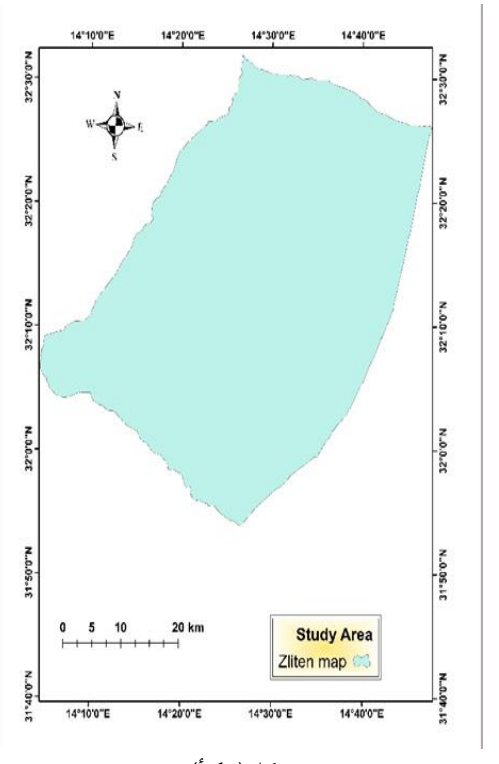
تقع منطقه زليتن على ساحل البحر الأبيض المتوسط، بطول 35 كيلو متر، إلى الشرق من العاصمة طرابلس بحوالي 160 كيلو متر، بين دائرتي عرض (N "37.09 '31 °32) و (N "18.19 '5 °32)شمالا، وبين خطي طول (E "99 24 '46 °14و E "90 42 4 '4 °14) شرقا.

إن جيولوجية المنطقه تشكلت من نهاية العصر الكريتاسي آخر عصور الزمن الثاني الى عصر الهولوسين المنتمي للزمن الرابع وعلى الرغم من طول المدة الزمنية التي تكونت فيها المعالم السطحية للأرض في المنطقة، إلا أنها لم تحدث تغيرات كبيرة في جيومورفولوجيتها، حيث يتصف سطحها بشبه الاستواء تم الارتفاع الفجائي بالاتجاه نحو الجنوب الغربي حيث يرتفع السطح نحو ثلاثة أمتار لكل كيلو متر واحد تقريبا، مشكلة التلال الموجودة بجنوب وجنوب غرب المنطقة، ونجد أن لعوامل التعرية دور في تشكيل معالمها التضاريسية.

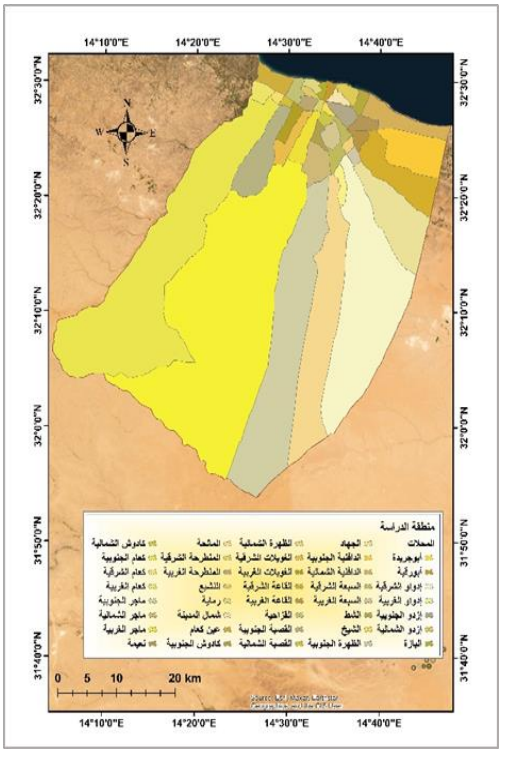
وبشكل عام تنقسم المنطقة إلى سهل ساحلي على طول الشريط الساحلي وهو جزء من سهل مصراتة، يتسع نحو الشرق، ثم هضبة قليلة الارتفاع تمتد جنوب وجنوب غرب المنطقة وتتخللها بعد التلال قليلة الارتفاع. [17] شكل (1أ، ب).

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly

من الناحية المناخية تقع المنطقة ضمن المنطقة شبه الجافة وتتميز بشتاء بارد وصيف حار، وتبلغ معدلات الأمطار 250 ملم ، حيث تناقص بالاتجاه من الشمال الى الجنوب ومن الغرب الى الشرق.



شكل(1 أ)



شكل (1 ب)

المصدر:من عمل الباحثة باستخدام برنامج ARC GIS10.8.

3.2. مصادر البيانات

تم الاعتماد على العديد من البيانات لإنتاج النموذج المكاني في بيئة نظم المعلومات الجغرافية منها البيانات الأرضية وبيانات الأقمار الاصطناعية والاستعانة بالعديد من المصادر في جمع البيانات والمعلومات المتعلقة بالبحث وهي كما موضحة بالجدول (1).

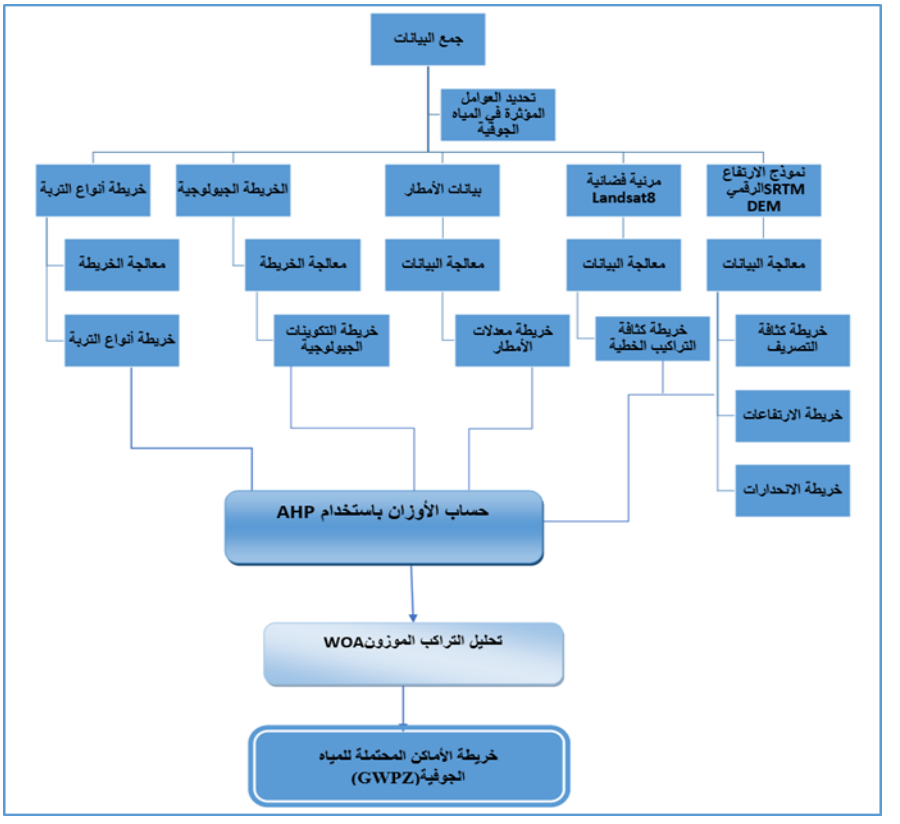
Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

جدول (1) مصادر البيانات المستخدمة في الدراسة

الطبقات	مصدر البيانات	دقة البيانات
الجيولوجيا	خريطة ليبيا الجيولوجية، مركز البحوث الصناعية إدارة البحوث الجيولوجية و التعدين طرابلس – ليبيا – 1985،الطبعة الثانية،2009، بمقياس رسم 1000000:1	–
الانحدارات	نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) /https://earthexplorer.usgs.gov	30م
كثافة التراكيب الخطية	Landsat8(OLI) https://earthexplorer.usgs.gov/	–
كثافة التصريف	نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) https://earthexplorer.usgs.gov/	30م
الأمطار	https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg	°0.5*°0.5
التربة	خريطة التربة في العالم المشتركة بين منظمة الفاو واليونيسكو (FAO,UNESCO) http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/soil-maps-and-	–
الارتفاع	نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) https://earthexplorer.usgs.gov/	30م
استخدام الأرض والغطاء الارضي	Landsat8(OLI) https://earthexplorer.usgs.gov/	–

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

4 .الإجراءات المنهجية المتبعة



شكل (2) المنهجية المتبعة

4.1تكامل تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد مع منهجية القرار متعدد المعايير في دراسة المياه الجوفية والكشف عن أماكن توافرها

إن التطورات التكنولوجية الحديثة في التقنيات المكانية ساعد في جمع البيانات وعرضها بسهوله، وهذه التقنيات قادر على إدارة وتحليل بيانات كبيرة، وربطها مكانيا لإنشاء خرائط توضح المناطق التي تتوفر بها المياه الجوفية بالاعتماد على عده معايير جغرافية وبيئية.

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

توفر نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد أدوات لجمع وتحليل وتخزين البيانات المكانية المتعلقة بالمياه الجوفية لتسهيل التخطيط الفعال لصناع القرار لإدارة الموارد المائية الجوفية، حيث يتيح استخدام هذه التقنيات تحليل البيانات المكانية والزمانية المتعلقة بالمياه الجوفية، وتحديد مصادر توزيعها وتقدير التغيرات في مستوياتها، و حجم التخزين عبر الفترات الزمنية، كذلك استخدامها في الكشف عن الأماكن المحتملة للمياه الجوفية لإدارتها و استغلالها، وتوفر لنا بيانات ذات دقة عالية وسريعة وغير مكلفة، على العكس من الاعتماد على الطرق التقليدية المكلفة لاكتشاف أماكن المياه الجوفية.

وتستخدم الأقمار الصناعية أو الطائرات في مراقبة وتقييم الموارد الطبيعية والتغيرات البيئية، ويؤدي دمجها مع نظم المعلومات الجغرافية إلى تحسين دقة النتائج المتحصل عليها بشكل كبير، وذلك من خلال الجمع بين قوة التقنيتين، حيث تسمح نظم المعلومات الجغرافية بتكامل البيانات ودمج مصادرها وتحليلها، بما في ذلك صور الأقمار الصناعية والخرائط الطبوغرافية والبيانات الهيدرولوجية لإنشاء و تحليل نموذج مكاني، ونتائج ذات دقة وقوة، وتعد أدوات فعالة تطرح تصوراً لأماكن المياه الجوفية المحتملة، [18، 19، 20]، بخاصة عند دمجها مع تقنيات اتخاذ القرار متعدد المعايير(MCD) ومنها عملية التسلسل الهرمي التحليلي، يسمح هذا التكامل بإدخال البيانات المكانية من مصادر متنوعة ودمجها في عملية صنع القرار [21]، وتساهم في تحديد الأوزان النسبية للمعايير المختلفة واختيار البدائل الأنسب [22]. وهذا يوفر دقة للنتائج متعددة المعايير، وتخصيص الأوزان النسبية واختيار البديل الأمثل، واختيار العوامل المحددة والمؤثرة في المياه الجوفية وتوزيعها المكاني ومستوياتها،مما يساهم في تحسين وجودة وكفاءة التقييم للبيانات الجغرافية والكمية، وتساعد في توفير الوقت والتكاليف والجهد من خلال تقليل الحاجة للمسح الميداني لاستكشاف المياه الجوفية، وتساهم في دعم اتخاذ القرار بتوفير بيانات موثوقة، للمساعدة في وضع استراتيجية مستدامة لإدارة المياه الجوفية والمساهمة في التكيف مع التغيرات الحاصلة من خلال توفر أداة للتنبؤ والمساعدة في فهم الأثار المترتبة عن هذه التغيرات على المياه الجوفية، وتقدير العديد من الحلول للمشاكل المعقدة، وتوفير البدائل للعديد من المعطيات .

وهي بذلك تساعد في تحديد مناطق المياه الجوفية المحتملة بهدف إدارة الموارد المائية والتخطيط الحضري وتقييم الأثار البيئية، فضلا عن إنها تغطي مساحات واسعة وكبيرة، وهذا يعزز من الكشف عن المياه الجوفية وإدارتها من خلال رسم نموذج خرائطي للأماكن المحتملة للمياه الجوفية. [23، 24].

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

وفي دراستنا تم تطبيق تقنية نظم المعلومات الجغرافية في إنشاء وتصنيف ونمذجة الطبقات الجغرافية المحددة لموضوع البحث، وإجراء عمليات التحليل المكاني، والجيواحصائي، وتطبيق الأوزان المحددة من عملية التسلسل الهرمي التحليلي لكل طبقة، عن طريق أداة التراكب الموزون (WOA) .

4.2.العوامل المحددة والمؤثرة في احتمالية توفر المياه الجوفية بالمنطقة

1-عامل كمية الهطول المطري

تعتبر الأمطار عامل هام ورئيسي في تغذية المياه الجوفية، إن كميه الأمطار وتوزيعها تؤثر في احتمالية توفر المياه الجوفية، فكلما زادت كميه الهطولات المطرية زادت تغذية المياه الجوفية وهذا مؤشر في احتمالية توفرها..

ومن الشكل (3) يتضح أن الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة تقع ضمن أعلى نطاق لمعدلات الهطول المطري بلغت(227.20 – 250ملم)، وتتناقص كمية الأمطار كلما اتجهنا نحو الشرق والجنوب الشرقي من المنطقة، حيث غطت أقصى الأجزاء الجنوبية الشرقية أقل كمية تساقط وصلت(175 – 192ملم) خلال المدة المحددة.

2- عامل الجيولوجيا

إن دور العامل الجيولوجي وتأثيره يبرز في معرفة التكوينات الأكثر احتواء ونفاذية للمياه، والتي لها دور كبير في تغذية المياه الجوفية من خلال كمية تسريبها ومساميتها، وهو عامل رئيسي في تحديد الأماكن المحتملة للمياه الجوفية حيت تغطي المنطقة عدة تكوينات تنتمي لأزمنة مختلفة، شكل (4). وتباين في أهميتها وتأثيرها في تحديد الأماكن المحتملة للمياه الجوفية، وهي على النحو الآتي:

1- **التكوينات الرباعية** وهي تكوينات العصر الرابع وتمتد على طول الشريط الساحلي للمنطقة وهي ذات رواسب مائية ورياحية وركامية.

كذلك **تكوينات البليستوسين** التي تغطي الأجزاء الوسطى الشمالية والشرقية من المنطقة تتكون من رواسب الشاطئ والكثبان الرملية المتماسكة (كالكارينيت وتكوين قرقارش)، وهي ذات خصائص عالية النفاذية وتتميز بسهولة الوصول للمياه الجوفية في تكويناتها، وهي ذات تأثير عالي في تحديد أماكن المياه الجوفية.

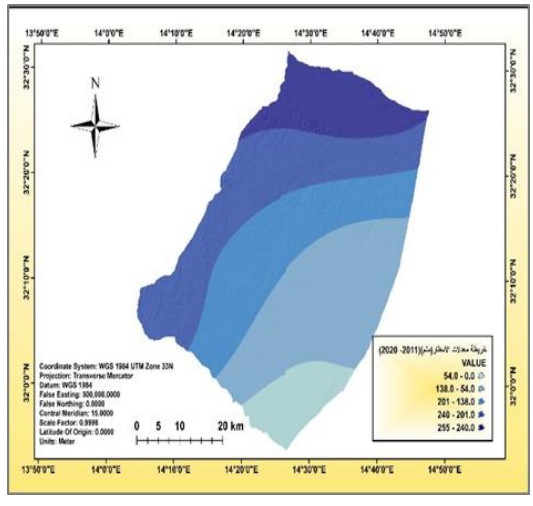
2 – تكوينات العصر الطباشيري الأعلى ومنها

تكوينات السانتوني وتغطي المناطق الجنوبية والجنوبية الغربية، وتتكون من حجر جيري متبلر محليا سيليسي وحجر جيري مع تداخلات من الحجر الجيري المارلي.

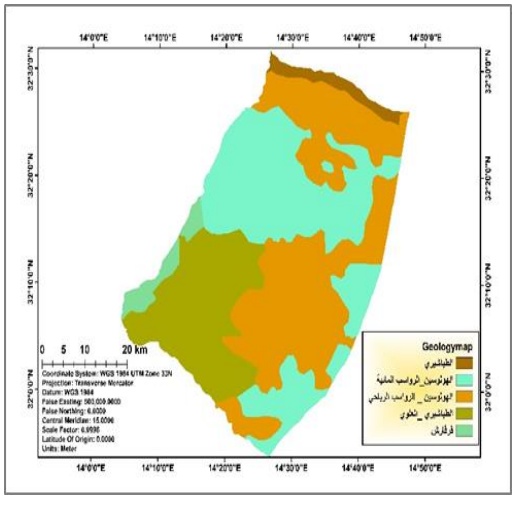
Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly

وتكوينات الكونياشي_ التوراني الأعلى وهي تغطي اقصى الأجزاء الجنوبية الغربية من المنطقة وتتكون من مارل وجبس متبوع بتبادلات من الحجر الطيني والمارل رقيق الطبقات وحجر جيري طباشيري من تكوين تغرنه. وهي ذي أهمية متوسطة إلى عالية في احتمالية توفر المياه الجوفية ضمن تكويناتها.

3 – **تكوينات الميوسين الأوسط (لانجي – سيرافالي)** وتمتد في وسط وغرب المنطقة والقليل من الأجزاء الشرقية وأقصي جنوب شرق المنطقة، وهي تتكون من تداخلات الكربونات ومارل وطين مع طبقات من الجبس قربه قمه تكوين الخمس والتي قد ينتمي الجزء العلوي منها الى الميوسين المتأخر، وهي متوسطه الأهمية في احتماليه توفر المياه الجوفية في تكويناتها وذلك حسب نوعية صخورها[25].



شكل (3)

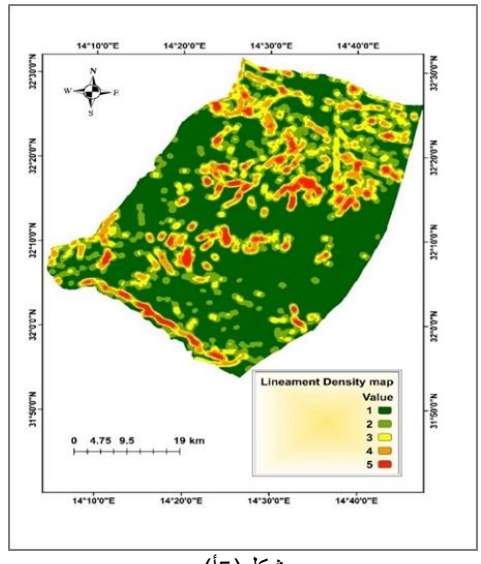


شكل (4)

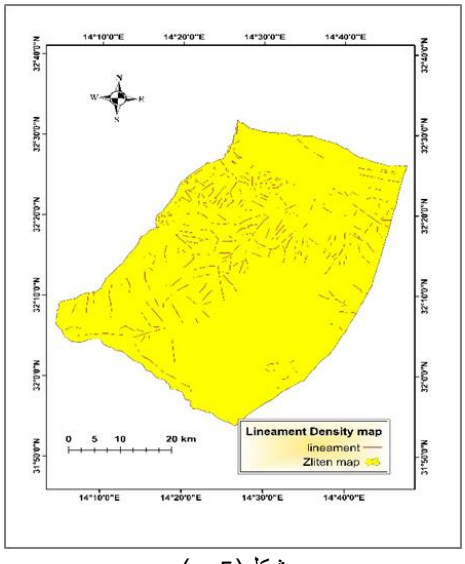
المصدر:من عمل الباحثة باستخدام برنامج ARC GIS10.8.

3- عامل كثافة التراكيب الخطية

تعتبر التراكيب الخطية عباره عن شقوق أو فواصل صخرية لم تحدث لها إزاحة، وحدثت نتيجة عمليات تكتونية مثل عمليات ضغط أو شد أو العمليتين معا. وتمثل مناطق الأكثر كثافة في التراكيب الخطية أهمية في تغذيه المياه الجوفية عن طريق تسريب ونفاذية المياه الى باطن الأرض وهي مؤشر دات أهميه كبيره في احتماليه تواجد مياه جوفيه في الأماكن الأكثر خطوطا، وقد تم استخراج التراكيب الخطية للمنطقة من المرئية الفضائية (Landsat8 (OLI)) باستخدام برنامج PCI Geomatica2018. الشكل(5أ،ب)



شكل(5أ)



شكل(5 ب)

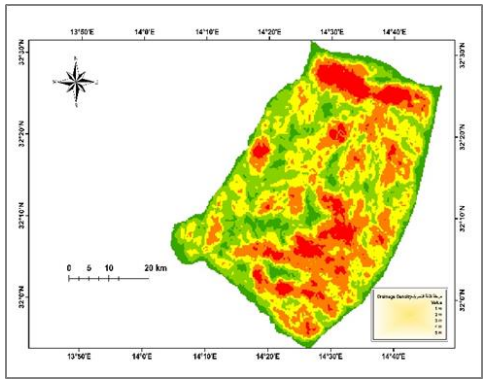
المصدر:من عمل الباحثة باستخدام برنامج ARC GIS10.8.

4 – عامل كثافة التصريف (Drainage Density)

هي مؤشر يعبر عن مدى كثافة شبكة التصريف في المنطقة، ويتم حساب كثافة التصريف بقسمة طول جميع المجاري المائية في المنطقة على مساحة المنطقة..

وللكثافة التصريفية أهمية وتأثير كبير في احتمالية توفر المياه الجوفية، فهي مؤشرًا مهم يعكس الخصائص الهيدرولوجية والتضاريسية للمنطقة، فالمناطق ذات الكثافة التصريفية المنخفضة غالبًا ما تكون أكثر ملاءمة لتجمع المياه الجوفية بسبب زيادة فرص تسرب المياه إلى باطن الأرض، وعلى العكس مناطق الكثافة التصريفية المرتفعة تكون أقل ملاءمة لتجمع المياه الجوفية نظرًا لسرعة تصريف المياه السطحية وقلة تسربها، بسبب سرعة حركتها. شكل (6).

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly

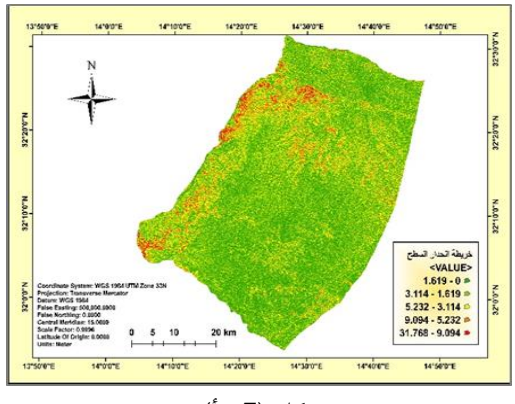


شكل (6)

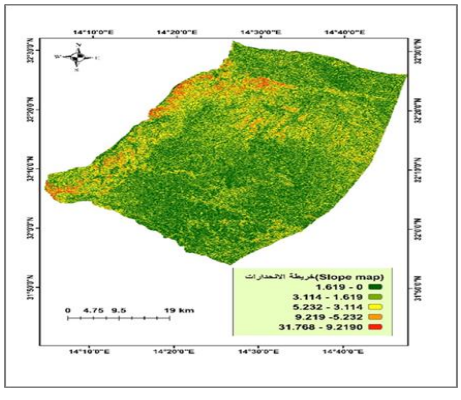
المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج ARC GIS10.8.

5 – عامل انحدار السطح Surface Slope

لدرجه الانحدار دوراً كبيراً في احتمالية توفر المياه الجوفية، حيث كلما قلت درجة الانحدار زادت احتمالية تسرب المياه، وتغذيتها للمياه الجوفية، بينما الانحدار الشديد يساعد في سرعة جريان الماء السطحي، وهذا بدوره يخفّض عملية ترشيح المياه الى باطن الأرض، مما يقلل من احتمالية توفر مياه جوفية. ونلاحظ من الشكل (7أ،ب) إن الأراضي المستوية تبلغ درجة الانحدار 0–2% وتزيد أهميتها في احتمالية وجود مياه جوفية في مناطقها، والأراضي قليلة الانحدار والمنحدرة التي تبلغ درجة انحدار سطحها (9 – 32%)، مما يقلل من احتمالية توفر مياه جوفية في أراضيها، وتقل درجة أهميتها .



شكل (7– أ)



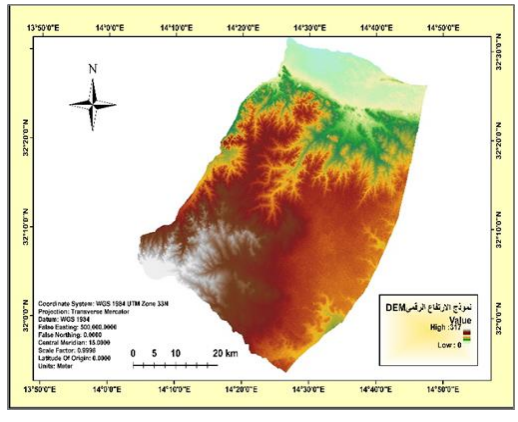
شكل (7– ب)

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج ARC GIS10.8.

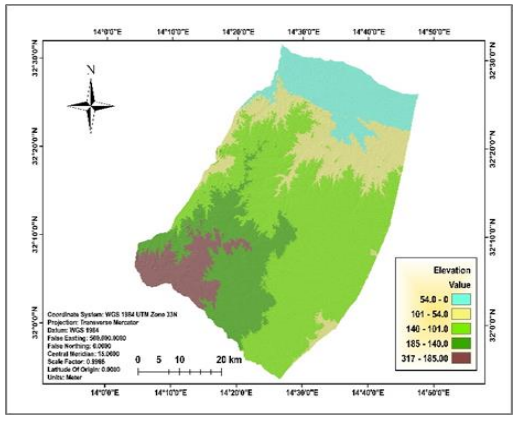
Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

6 –عامل الارتفاع

يؤثر ارتفاع السطح بشكل كبير على توفر المياه الجوفية، من خلال تأثيره على الانحدار والتغذية الجوفية فالمناطق المرتفعة يمكن أن تكون مصادر غير ذات جدوى في تغذية المياه الجوفية وبالتالي تقل احتمالية توفر المياه الجوفية بها، بينما المناطق المنخفضة غالبا ما تكون مواقع تجمع وتخزين للمياه الجوفية. بالتالي تزيد من احتمالية وجود مياه جوفية بها، كذلك ضرورة فهم تأثير الارتفاع والخصائص الهيدرولوجية والجيولوجية المرتبطة به، في تحديد المناطق الأكثر احتمالاً لوفرة المياه الجوفية. ونلاحظ من الشكل (8أ، ب) إن منطقة الدراسة تقع بين ارتفاع من –5 إلى 317 م فوق مستوى سطح البحر.



شكل (8– أ)



شكل (8– ب)

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج ARC GIS10.8.

7 – عامل التربة

إن نوع التربة ونسيجها وخصائصها من حيث نفاذيتها وقابليتها لتسريب المياه، أو قدرتها على الاحتفاظ بالمياه يلعب دور مهما في تحديد احتمالية توفر المياه الجوفية.

إن التربة خشنة الحبيبات مثل الرمل والحصى، تسمح بتسريب المياه بسهولة للطبقات الجوفية.

وهذا يزيد من احتمالية توفر المياه الجوفية. والتربة الغير نفاذية مثل الطين والطمي تعيق ترشيح المياه وتحتفظ بها على السطح أو بالقرب منه، مما يقلل احتمالية توفر المياه الجوفية.

و الشكل (9) يوضح التربة في منطقة الدراسة، وتنقسم إلى:

1– **تربة صحراوية (Aridisols)** ومن خصائصها نظام الصرف بها جيد جدًا، وهذا يجعلها تربة ذات نفاذية عالية وقليلة الاحتفاظ بالماء. ونسيجها غالبًا ما يكون رملي أو حصوي، وهذا يزيد من تسرب المياه بها.

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly

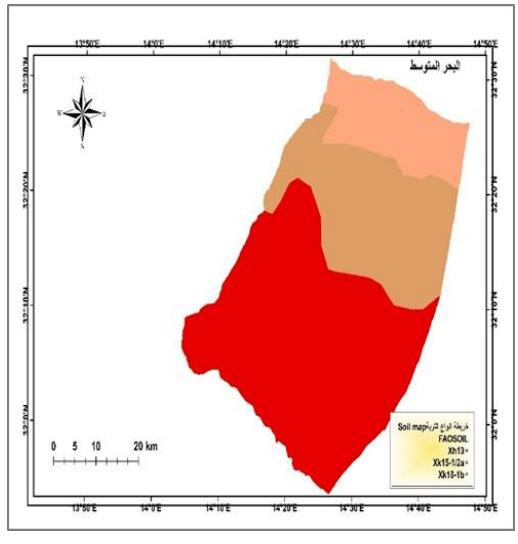
2- تربة كلسية (Calcisols) وهي جيده نظام الصرف، وذات نفاذية متوسطة ولها القدرة على الاحتفاظ بالماء مقارنة بالتربة الصحراوية ونسيجها مزيج من الرمل والطين مع مستويات مرتفعة من الكربونات الكلسية.

3- تربة طينية (Vertisols)

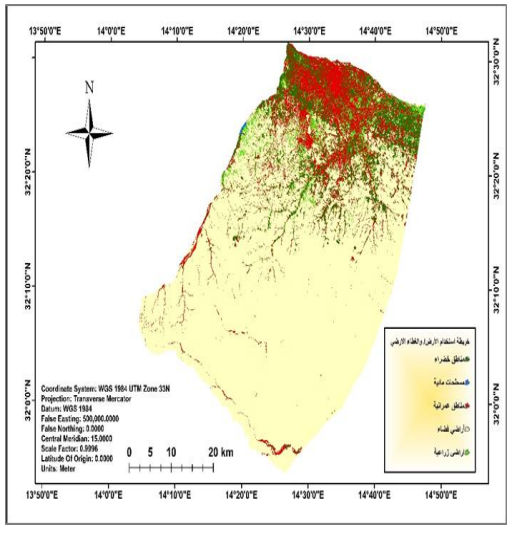
من خصائصها نظام الصرف بها من متوسط إلى ضعيف، وقد تكون ثقيلة ومتماسكة، وهذا يقلل من سرعتها في تسريب المياه، ويرتفع محتواها من الطين، مما يجعلها تتشقق في الفصول الجافة، وتنتفخ بالفصول الرطبة.

8 – عامل استخدامات الأرض والغطاء الأرضي

توفر استخدام الأراضي والغطاء الأرضي معلومات عن التربة ورطوبتها والمياه السطحية والغطاء النباتي، وامكانية تسرب وتغذية المياه الجوفية، وبالتالي زيادة احتمالية توفر مياه جوفية بها، وقد قسمت خريطة استخدام الأراضى والغطاء الأرضي إلى خمس فئات، وهي أراضي المناطق العمرانية، والأراضي الزراعية والأراضي الخضراء والمسطحات المائية و والاراضي الفضاء حيث تحصلت الأراضي الخضراء والمسطحات المائية على الدرجة(5) من الأهمية في احتمالية توفر المياه الجوفية بها، بينما عينت أقل درجة في الأهمية (1) للمناطق العمرانية، ودرجة(2) من الأهمية للمناطق الزراعية ودرجة الأهمية(3) للأراضي الفضاء، شكل(10) يوضح خريطة استخدام الأرض والغطاء الأرضي بمنطقة زليتن.



شكل (9)



شكل (10)

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج .ARC GIS10.8

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

5-.خطوات نمذجة القرار المكاني متعدد المعايير لبناء نموذج خرائطي للأماكن المحتملة للمياه الجوفية باستخدام عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) في نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

يمكن بناء نموذج خرائطي دقيق وفعال لتحديد الأماكن المحتملة للمياه الجوفية باستخدام التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية وعملية التسلسل الهرمي التحليلي (Analytical hierarchy process) للاستفادة من النتائج النهائية في إدارة الموارد المائية وسبل استغلالها وتنميتها، وفق الخطوات التالية:

- **الخطوة الأولى: تحديد الأهداف من التحليل**

الهدف الرئيسي من التحليل المتعدد المعايير، هو العثور على أفضل الأماكن المحتملة لاكتشاف المياه الجوفية وقد حددت معايير أو عوامل مؤثرة في إمكانية توفر المياه الجوفية حيث تم اختيار ثمانية معايير وهي عامل الأمطار ، عامل الجيولوجيا، عامل كثافة التراكيب الخطية ، عامل كثافة التصريف ، عامل الانحدار ، عامل الارتفاع ، عامل نوع التربة، عامل استخدامات الأرض والغطاء الأرضي .

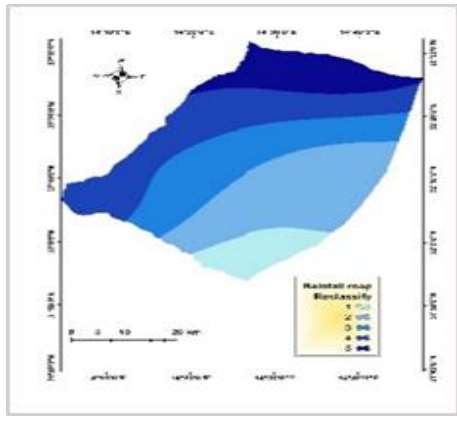
- **الخطوة الثانية: جمع واشتقاق البيانات**

جمعت البيانات المكانية والبيئية من مصادر مختلفة منها صور الأقمار الصناعية، والخرائط المنجزة من الهيئات الرسمية منها الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية للمنطقة، وبيانات الأمطار ، وبيانات خرائط أصناف التربة، والبيانات الهيدرولوجية والسطحية من نماذج الارتفاعات الرقمية، واستخدمت هذه البيانات التي تم جمعها في استخراج كثافة التصريف من خلال أدوات التحليل الهيدروجي في برمجية GIS وكذلك اشتقاق الانحدارات والارتفاعات من خلال تحليل بيانات نموذج الارتفاع الرقمي(DEM)، وتم استخراج كثافة التراكيب الخطية، والغطاء الأرضي من المرئية الفضائية ((Landsat8(OLI)، وتم تصنيف الترب بالمنطقة، حسب تصنيف الفاو للتربة.

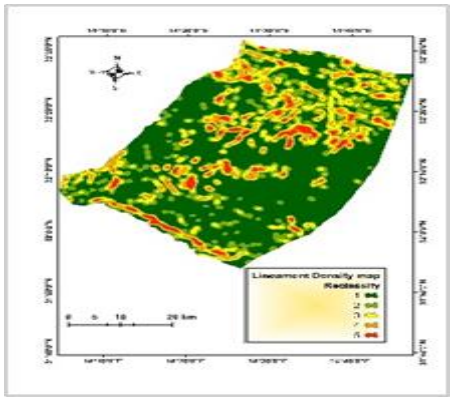
- **الخطوة الثالثة: معالجة وإعادة تصنيف طبقات المعايير**

تم معالجة وتحليل طبقات المعايير في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، ثم إعادة تصنيفها، حيث تم توحيد جميع الطبقات بنفس نظام الإحداثيات وحجم بكسل الخلية تم تحويل جميع الطبقات الخطية(layervector) إلى نوع شبكي (raster)، و ثم استخدمت أداة(Reclassify) لإعادة التصنيف وهي إحدى أدوات التحليل المكاني في بيئة ARCGIS. لتصنيف كل معيار إلى خمس فئات، والاشكال (11ا،ب،ج،د،ه،و،ي،ز) توضح إعادة تصنيف طبقات المعايير التي استندت عليها عملية التحليل المكاني متعدد المعايير.وبهذا تم تصنيف وتوحيد كل طبقات المعايير الداخلة في عملية بناء النموذج الخرائطي المحتمل للمياه الجوفية بالمنطقة..

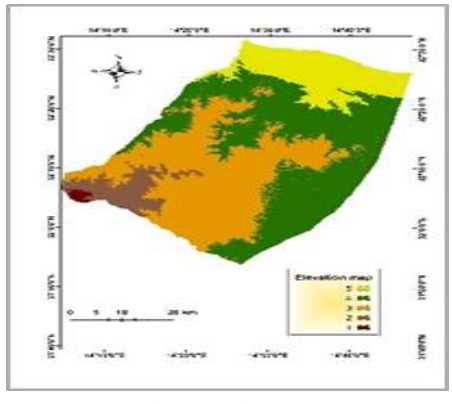
Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر



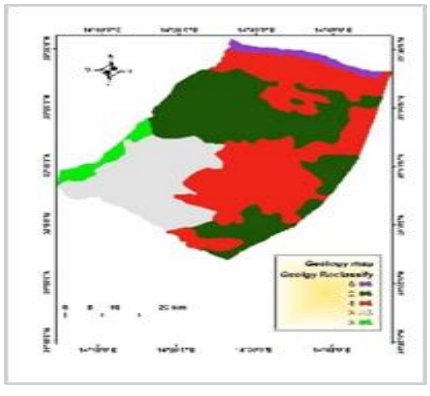
شكل. (11 – أ)



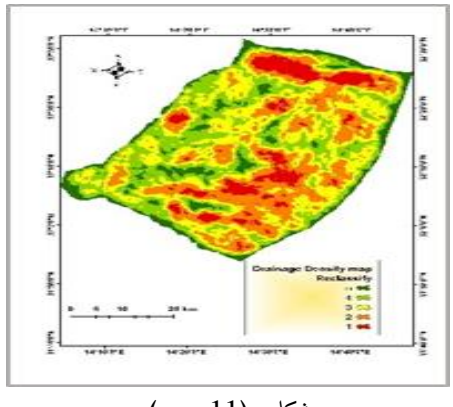
شكل. (11 – ب)



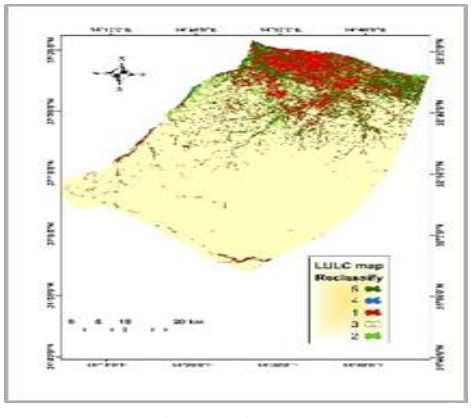
شكل. (11 – ج)



شكل. (11 – د)

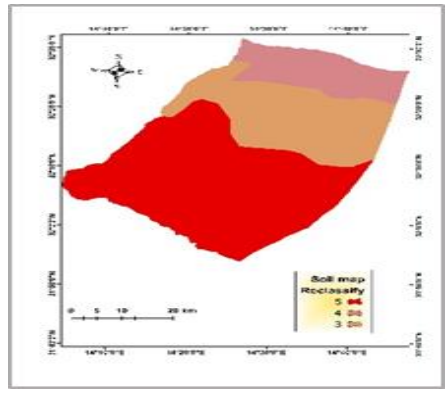


شكل. (11 – هـ)

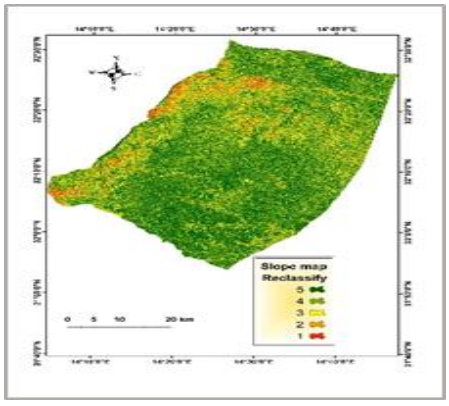


شكل. (11 – و)

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly



شكل. (11 – ي)



شكل. (11 – ز)

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج .ARC GIS10.8

- **الخطوة الرابعة: مراحل تقييم وتطبيق عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP)**

عمليه التسلسل الهرمي هي إحدى أساليب صنع القرار متعدد المعايير ، طورها توماس ساتي(Thomas Saaty) وهي نظرية رياضية للقياس، وقد اثبتت فاعليتها ونجاحها في المجالات المختلفة، وتعد تقنية التحليل الهرمي افضل منهجية تقوم باستخلاص أهمية المعايير المتعددة، و وما يقابلها من معايير بديله لها، والجدول (2) يوضح أهمية المعايير في عملية التسلسل الهرمي التحليلي التي قدمها توماس عام 1980

جدول (2) مقياس الأهمية للمعايير في عملية التسلسل الهرمي التحليلي

درجة الأهمية	الدليل
1	أهمية متساوية
2	أهمية ضعيفة
3	أهمية معتدلة
4	أهمية معتدلة أكثر
5	أهمية قوية
6	أهمية أقوى
7	أهمية قوية جدا
8	أهمية شديدة القوة
9	أهمية قصوى

المصدر: من عمل الباحثة استنادا لـ [22]

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

وتجرى عملية إخراج النموذج المكاني للأماكن المحتملة للمياه الجوفية باستخدام التحليل الهرمي وفق مراحل وهي كالتالي:

- **المرحلة الأولى: حساب أهمية المعايير وتحديد البدائل**

ووفقا للجدول السابق (2)يتم تعيين قيم الأهمية الأولوية لكل معيار بالنسبة للمعايير المقابله له، حيث يتم مقارنة كل معيار بالمعايير الاخرى من حيث الأهمية من خلال تطبيقها من الصف للعمود وفق مصفوفة المقارنة الزوجية، وقد تم الاستعانة بموقع (AHP Online) لإنجاز مصفوفة المقارنة التنائية.

- المرحلة الثانية: تعيين الأهمية وإجراء المقارنات المزدوجة للمعايير

لقد قامت الباحثة بتعيينن درجة الأهمية لكل معيار للعوامل المؤثره في احتماليه توفر المياه الجوفية، وكذلك بالاعتماد على ماورد في الأبحاث المتعلقه بالموضوع، ودعمت باراء الخبراء والمتخصصين في مجال الجيولوجيا والجيوموفولوجيا والهيدرولوجيا والجغرافيا،وتم ترتيب أهمية المعايير المؤثره كما هو موضح بالجدول(3)

جدول (3) درجة ونسبة أهمية المعايير

المعايير	درجة الأهمية حسب مقياسAHP	الأهمية النسبية للمعايير
هطول الأمطار	9	%28
التربة	8	%22.1
استخدام الأرض والغطاء الأرضي	7	%16.3
الارتفاع	6	%11.7
الجيولوجيا	5	%8.2
كثافة التراكيب الخطية	4	%5.9
الانحدار	3	%4.3
كثافة التصريف	2	%3.3

يتم إجراء مقارنات زوجية بين المعايير الثمانيةالمحددة، وتعيين الأهمية النسبية لكل منها. ثم حساب الأوزان النسبية للمعايير باستخدام طريقة حسابية متخصصة. باستخدام عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) وقد تم الاستعانة بموقع (AHP Online) لإنجاز مصفوفة المقارنة التنائية، كما موضح بالجدول (4).

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

جدول (4) مصفوفة المقارنة الزوجية للمعايير

المعايير	هطول الأمطار	التربة	استخدام الأرض والغطاء الأرضي	الارتفاع	الجيولوجيا	كثافة التراكيب الخطية	الانحدار	كثافة التصريف
هطول الأمطار	1	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00
التربة	1.00	1	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
استخدام الأرض والغطاء الأرضي	.0.50	1.00	1	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
الارتفاع	0.33	0.50	1.00	1	1.00	2.00	3.00	4.00
الجيولوجيا	0.25	0.33	0.50	1.00	1	1.00	2.00	3.00
كثافة التراكيب الخطية	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00	1	1.00	2.00
الانحدار	0.17	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00	1	1.00
كثافة التصريف	0.14	0.17	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00	1

- **المرحلة الثالثة: حساب مؤشر الاتساق والتحقق من الاحكام**

تعتبر المصفوفة متسقة عندما تكون قيم العمود متبادلة مع قيم الصف المقابل له، وحاصل ضرب القيمتين المتبادلتين يساوي واحد، ويحسب مؤشر الاتساق وفق المعادلة التالية (1):

$$\text{.....CI=}\frac{\lambda \max - n}{n_{-1}} \quad (1)$$

حيث قيمة $(\boldsymbol{\lambda max})$دائما تساوي عدد الصفوف والأعمدة في المصفوفة، وهي أكبر قيمة ذاتية فيها.

n = عدد المعايير

CI= 8.116-8/8-1=0.016

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly

وكلما اقتربت قيمة مؤشر الاتساق (CI) من الصفر ، كانت القيمة مقبولة وتزداد الثقة في مؤشر الاتساق ودليل على التناسق ، وعلى العكس عندما تبتعد قيمة المؤشر عن الصفر دل على عدم الاتساق، وتحسب نسبة الاتساق باستخدام المعادلة التالية (2)

(2) ……Consistency ratio (CR) = CI/R

Rهو المؤشر العشوائي وتحدد قيمته حسب عدد المعايير المستخدمة، من الجدول التالي (5)

جدول (5) ترتيت عدد المعايير ومايقابلها من قيم المؤشر العشوائي لتوماس [22]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

وفي هذه الدراسة تم استخدام ثمانية معايير، فكانت قيمة المؤشر العشوائي(R =1.4)، ونسبة الاتساق (CI=0.011 =%1.1) وهي في حدود 0.1(10%)تعتبر نسبة مقبولة وتدل على الاتساق، وكلما تجاوزت نسبة الاتساق 0.1 دل على التناقض وعدم الاتساق[14،15،16]. والجدول (6 أ، ب) يوضح أوزان المعايير وفق عملية التسلسل الهرمي التحليلي AHP .

الجدول (6 -أ ، ب). أوزان المعايير المستخدمة في الدراسة باستخدام AHP

قطة		أولوية	رتبة	(+)	(-)
1	هطول الأمطار	28.2%	1	4.6%	4.6%
2	تربة	22.1%	2	3.4%	3.4%
3	لولك	16.3%	3	2.9%	2.9%
4	الارتفاعات	11.7%	4	2.4%	2.4%
5	جيولوجيا	8.2%	5	1.8%	1.8%
6	كثافة الخطوط	5.9%	6	1.1%	1.1%
7	ميل	4.3%	7	0.7%	0.7%
8	كثافة الصرف	3.3%	8	0.5%	0.5%

(6 – أ)

العوامل	الأهمية النسبية	الأوزان المطلقة للمعايير
الأمطار	%28.2	0.282
التربة	%22.1	0.221
استخدام الأرض والغطاء الارضي	%16.3	0.163
الارتفاع	%11.7	0.117
الجيولوجيا	%8.2	0.082
كثافة التراكيب الخطية	%5.9	0.82
الانحدار	%4.3	0.043
كثافة التصريف	%3.3	0.033

(6 – ب)

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

المرحلة الرابعة: حساب الأوزان النسبية للمعايير

بناءً على نتائج المقارنات المزدوجة للمعايير يتم حساب أوزانها النسبية، والتي تعكس الأهمية النسبية لكل معيار أو عامل لتحقيق بناء نموذج محتمل لأماكن المياه الجوفية، وذلك من خلال قسمة الأهمية النسبية لكل معيار علي مجموع المعيار، والجدول يوضح أوزان المعايير المحدده وأهميتها مقابل كل معيار.

تم الحصول على الأوزان النسبية للمعايير المستخدمه في عمليه التسلسل الهرمي التحليلي من خلال مصفوفة المقارنة الثنائية والتي تم بناؤها في موقع AHP Online، جدول(5أ).

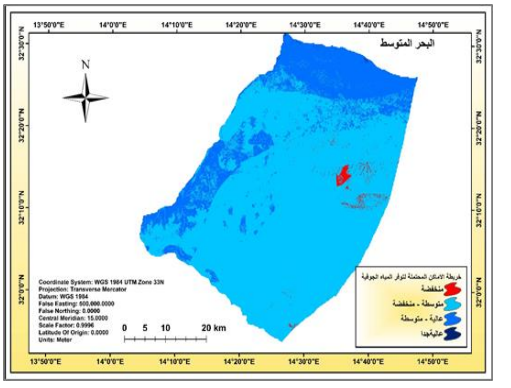
وتم استخدام الأوزان النسبية للمعايير لبناء نموذج القرار المكاني في بيئة نظم المعلومات الجغرافية GIS. ويتضمن هذا النموذج دمج طبقات العوامل الجغرافية المحددة باستخدام الأوزان النسبية لكل عامل باستخدام **أداة التراكب الموزون(WOA)** والتي تتميز بمعالجة المشاكل الجغرافية الخاصة بمدى ملائمة المكان باستخدام عناصر متعددة، ويمثل الوزن أو النسبة المئوية لتأثير أهمية المعياروالهدف وتستخدم درجات من 1 إلى 5 كمقياس تقييمي، تعين لكل مكون فرعي لكل عامل أو معيار حسب إمكاناتها ، حسب الأهمية، وعينت درجة 1 للأقل أهمية، إلى درجة 5 للأكثر أهمية في احتمالية توفر مياه جوفية، وذلك بالرجوع للدراسات السابقة وأراء الخبراء، بهدف تطبيق تحليل متعدد المعايير لإنتاج خريطة توضح الأماكن المحتملة للمياه الجوفية بالمنطقة كما موضح بالجدول(7).

الخطوة الخامسة: تطوير نموذج القرار متعدد المعايير لإنتاج خريطة الأماكن المحتملة للمياه الجوفية

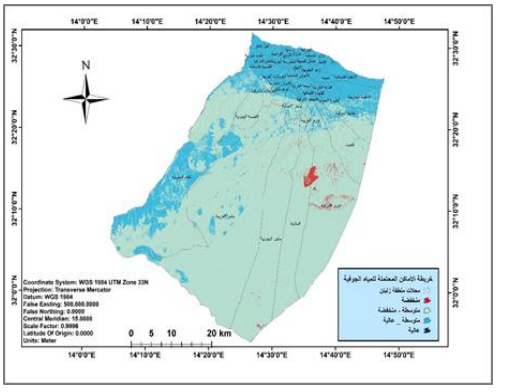
تم استخدام الأوزان النسبية للمعايير لبناء نموذج القرار المكاني في بيئة نظم المعلومات الجغرافية GIS.

ويتضمن هذا النموذج دمج طبقات العوامل الجغرافية المحددة باستخدام الأوزان النسبية لكل عامل، باستخدام أداة التحليل المكاني بهدف تطبيق تحليل متعدد المعايير لإنتاج خريطة توضح الأماكن المحتملة للمياه الجوفية بالمنطقة.شكل (12أ، ب).

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly



شكل. (12 – أ)



شكل. (12 – ب)

جدول (7) رتب مدى ملائمة مكونات كل معيار لاحتمالية توفر مياه جوفية

العوامل	المعلمة	الرتبة	الأهمية النسبية
هطول الأمطار	**255**	**5**	% 28
	240	**5**	
	201	**4**	
	138	**3**	
	54	**2**	
الجيولوجيا			%8
	الطباشيري	**5**	
	الهولوسين- الرواسب المائية	**2**	
	الهولوسين – الرواسب الرياحية	**4**	
	الطباشيري - العلوي	**3**	
	تكوين قرقارش	**3**	
كثافة التراكيب الخطية) كم$^{-1}$)	**0 - 0.428315783**	**1**	%6
	0.428315783 - 0.856631565	**2**	
	0.856631565 - 1.284947348	**3**	
	1.284947349 - 1.71326313	**4**	
	1.713263131 - 2.141578913	**5**	
كثافة التصريف			%4
	0 - 0.428315783	**5**	
	0.428315783 - 0.856631565	**4**	
	0.856631565 - 1.284947348	**3**	

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly

	2	1.284947349 - 1.71326313	
	1	1.713263131 - 2.141578913	
%4			انحدار السطح%
	5	% 2 – 0	
	4	%4 – 2	
	3	% 6 – 4	
	2	% 8 – 6	
	1	15 < %	
%12	5	0 - 54	الارتفاع
	4	54 -101	
	3	101 - 140	
	2	140 -185	
	1	185 - 317	
%22	5	Xh13	التربة
	4	Xk15-1/2a	
	3	Xk18-1b	
%16	2	أراضي زراعية	استخدامات الأرض/ والغطاء الأرضي
	3	أراضي فضاء	
	1	مناطق عمرانية / مباني	
	4	مسطحات مائية	
	5	أراضي خضراء	

الخطوة السادسة: تحليل النتائج والتحقق من دقتها

يتم تحليل النتائج النهائية للتحقق من دقتها وملائمتها وذلك بمراجعة نموذج الخريطة المنتجة للتحقق من توافقها ومطابقتها مع البيانات الميدانية.و إجراء عملية تحليل الحساسية وذلك لمعرفة مدى تأثير التغيرات في الأوزان النسبية على النتائج المستخلصة.

للتحقق من دقة النتائج وتحليلها اتبع الخطوات التالية:

- التأكد من صحة المدخلات

وذلك بمراجعة البيانات للتأكد من دقة وصحة البيانات المستخدمة في التحليل، وهي البيانات البيئية والخرائط، والتحقق من أن جميع المعايير المحددة والمؤثرة على المياه الجوفية تم اختيارها وتحديدها بشكل دقيق

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

- التحقق من الأوزان ومراجعتها للتأكيد من أن كل وزن خصص لكل معيار يمثل الأهمية النسبية لكل منها، وكذلك يتم مقارنة الأوزان المخصصة لكل معيار وتأثير التغيير في الأوزان على النتائج المستخلصة وذلك عن طريق استخدام تحليل الحساسية.

وفي هذه الدراسة تم أجراء تغييرات طفيفة في الأوزان ولوحظ عدم وجود اختلاف كبير أو تأثير في النتائج المتحصل عليها وهو النموذج الخرائطي المحتمل لأماكن المياه الجوفية، وكانت النتائج مستقرة ولم يلاحظ وجود تغيرات كبيرة مع التغير في الأوزان المعطاة لكل معيار والتي من الممكن أن تؤثر على النتائج النهائية لنموذج الأماكن المحتملة للمياه الجوفية.

6. مناقشة النتائج

أظهرت نتائج تحليل التراكب الموزون أن المنطقة العالية إلى متوسطة استولت على الجزء الأكبر من منطقة الدراسة بنسبة 77% ما يعادل(**2027.593612** كم^2) ، ثم تليها المناطق المتوسطة بنسبة 22%، والمرتفعة بنسبة0.7% تقريبا، تليها المناطق المنخفضة بنسبة 0.04% من اجمالي مساحة منطقة الدراسة.كما هو مبين في الجدول (8).

ويتضح من النموذج المكاني المحتمل أن المناطق مرتفعة الاحتمالية تقع معظمها في شمال منطقة الدراسة في محلات النشيع ورماية وشمال محلة القزاحية ومحلات أبورقية وأجزاء من الدافنية الشمالية والجنوبية، وعين كعام وكعام الغربية وكعام الجنوبية بالقرب من مجرى وادي كعام، بينما تقع الأماكن منخفضة الأحتمالية لتوفر مياه جوفية بها في أجزاء من محلة الجهاد و المالحة ومحلة ادواوالشرقية وماجر الغربية والجنوبية شرق وجنوب شرق منطقة زليتن.

وبصفة عامة تقع أماكن احتمالية توفر مياه جوفية جيدة جدا في شمال وغرب منطقة الدراسة.

وتغطي باقي أجزاء المنطقة أماكن المياه الجوفية المعتدلةأو المتوسطة وأغلبها جنوب ووسط وشرق المنطقة. شكل (12ب).

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly

جدول (8) توزيع مساحة الأماكن المحتملة حسب كل فئة ونسب مساحتها

الفئة	المساحة كم^2	النسبة المئوية من اجمالي المنطقة
عالية	18.955376	%0.7
متوسط إلى عالي	2027.593612	77%
متوسطة	575.646852	22%
منخفضة	1.093356	0.04%
المجموع	2.623.289196	100%

من عمل الباحثة استنادا للشكل (12أ)

7. الاستنتاجات والتوصيات

وفي الختام توصلت الدراسة إلى أن الأماكن المحتملة للمياه الجوفية التي تم رسمها بلغت نسبة مساحة الأماكن مرتفعة الاحتمالية (0.7%) والجيدة جداً 77%، والمتوسطةأوالجيدة بنسبة (22%) والقليلة أو المنخفضة بنسبة مساحة (0.04%).

ويجب استخدام التحقق المباشر والغير مباشر مع دمج نظم المعلومات الجغرافيه والاستشعار عن بعد مع عملية التسلسل الهرمي التحليلي لصنع قرار متعدد المعايير، حيث ان اعداد كبيره من الآبار التي تم حفرها في السنوات السابقه جيدة الى ضعيفه الانتاجيه، ولم يتم التحقق بشكل مفصل في العوامل الباطنية والسطحية، التي تتحكم في حدود المياه الجوفيه ومنها الهيدرولوجيا والجيولوجيا والمناخ والبيئة.

8.قائمة المراجع والمصادر

[1] W. Dragoni and B. S. Sukhija, "Climate change and groundwater: a short review," Geological Society, London, Special Publications, vol. 288, pp. 1-12, 2008.

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

[2] Z. Chen, S. E. Grasby, and K. G. Osadetz, "Relation between climate variability and groundwater levels in the upper carbonate aquifer, southern Manitoba, Canada," J. Hydrol., vol. 290, pp. 43–62, 2004.
[3] F. Bouraoui, G. Vachaud, L. Z. X. Li, H. Le Treut, and T. Chen, "Evaluation of the impact of climate changes on water storage and groundwater recharge at the watershed scale," Climate Dynamics, vol. 15, pp. 153-161, 1999.
[4] I. P. Holman, "Climate change impacts on ground-water recharge: Uncertainty, shortcomings, and the way forward?" Hydrogeology Journal, vol. 14, no. 5, pp. 637–647, 2006.
[5] E. D. Sener, "An integration of GIS and remote sensing in groundwater investigations: A case study in Burdur, Turkey," Hydrogeol. J., vol. 13, pp. 826–834, 2005.
[6] فادي رحمه، "إدارة الموارد المائيةGIS ، حالة دراسة: الساحل السوري،" المؤتمر الدولي للموارد المائية والبيئة الجافه، ص 2،2024.
[7] V. Kumar, P. Singh, and A. Sharma, "Identification of potential groundwater zones using GIS, RS and AHP techniques in a semi-arid region," J. Hydrol., vol. 590, p. 125254, 2020.
[8] J. P. Smith and L. A. Jones, "Groundwater potential zone identification using GIS, RS, and AHP in a coastal region," Hydrol. Processes, vol. 33, no. 15, pp. 2145-2158, 2019.
[9] Y. Zhang, H. Liu, and Q. Wang, "Potential groundwater zone analysis using GIS and AHP in an agricultural region," Agric. Water Manage., vol. 191, pp. 246-256, 2017.
[10] R. Patel and S. Sharma, "Groundwater potential assessment using GIS, RS, and AHP in urban areas," Urban Water J., vol. 18, no. 3, pp. 179-192, 2021.
[11] M. Al Saud, "Groundwater Potential Mapping Using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Wadi As-Sirhan Basin, Saudi Arabia," Arabian J. Geosciences, vol. 13, no. 2, pp. 1-12, Feb. 2020.
[12] S. Q. Bai, Z. F. Yang, and Z. H. Zhang, "Assessment of Groundwater Potential Zones Using Remote Sensing, GIS, and AHP Techniques: A Case Study of Yinan Karst Spring Basin, China," J. Hydrol., vol. 567, pp. 612-623, Jun. 2018.
[13] O. Igwe, S. I. Ifediegwu, and O. S. Onwuka, "Determining the occurrence of potential groundwater zones using integrated hydro-geomorphic parameters, GIS and remote sensing in Enugu State, Southeastern, Nigeria," Sustainable Water Resources Manage., vol. 6, pp. 1-14, 2020.

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

[14]س. م. أ. عباس الجانقلي، "النمذجة المكانية لاحتمالية توطن المياه الجوفية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، محافظة نينوى انموذجا" رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة الموصل، الموصل، العراق، 2021.

[15]ح. ن. ع. محمد، "النمذجة الهيدروجومورفولوجية لتحديد مكامن المياه الجوفية بجوض وادي قصب باستخدام عملية التسلسل الهرمي التحليلي ونظم المعلومات الجغرافية"، المجلة الجغرافية العربية، العدد 49، عدد خاص، سبتمبر 2023.

[16] M. Rahman, H. Islam, and R. Ahmed, "Groundwater assessment using GIS and AHP techniques in a mountainous region," Environ. Earth Sci., vol. 77, no. 10, p. 362, 2018.

[17]آ.ع. محمد بن حليم، "تأثير المناخ على بعض المحاصيل الزراعية في منطقة مصراته بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية " رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة دمياط، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، ص. 14، 20، 2016.

[18] S. Q. Bai, Z. F. Yang, and Z. H. Zhang, "Assessment of Groundwater Potential Zones Using Remote Sensing, GIS, and AHP Techniques: A Case Study of Yinan Karst Spring Basin, China," J. Hydrol., vol. 567, pp. 612-623, Jun. 2018.

[19] M. Al Saud, "Groundwater Potential Mapping Using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Wadi As-Sirhan Basin, Saudi Arabia," Arabian J. Geosciences, vol. 13, no. 2, pp. 1-12, Feb. 2020.

[20] P. Prasad, S. Machiwal, and A. K. Singh, "Application of GIS and Remote Sensing Techniques for Delineation of Groundwater Potential Zones: A Case Study from Dhar District, Madhya Pradesh, India," Environ. Monit. Assess., vol. 192, no. 4, pp. 1-18, Apr. 2020.

[21] C. Leake and J. Malczewski, "GIS and Multicriteria Decision Analysis," J. Oper. Res. Soc., vol. 51, p. 247, 2000.

[22] T. L. Saaty, "Relative measurement and its generalization in decision making: why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors," RACSAM, vol. 102, pp. 251-318, 2008.

[23] S. Solomon and F. Quiel, "Groundwater Study Using Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) in the Central Highlands of Eritrea," Hydrogeology J., pp. 729–741, 2006.

[24] L. Yeshodha, H. N. Rajakumara, S. Arunachalam, and T. Meenambal, "Modelling of Ground Water Potential Zones Using Remote Sensing and GIS

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

Technique: a Case Study for Hosur Union, Krishnagiri District, Tamil Nadu, India," J. Environ. Res. Develop., vol. 5, pp. 76-84, 2010.

[25]خريطة ليبيا الجيولوجية، مركز البحوث الصناعية، إدارة البحوث الجيولوجية والتعدين،" 1985، بمقياس رسم 1:1000000،الطبعة الثانية، طرابلس – ليبيا، 2009.

2- روابط مواقع الإنترنت

1. https://earthexplorer.usgs.gov /
2. https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru_ts_4.04/cruts.2004151855.v4.04/pre//
3. http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/soil-maps-and-databases/faounesco-soil-map-of-the-world/en/4
4. https://bpmsg.com/ahp/ahp-calc.php

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر