International Journal of Informatics Media and Communication Technology
ISSN: Online 2682-2881 & Print 2682-2105

Recent trends in Spatial Modeling studies of groundwater during the period 2013-2023

Dr.Emad Abdel Fattah Saleh

Assistant Professor of Physical Geography and Geographic Information Systems, Department of Geography - Beni Suef University_

Submit Date: 2024-04-19 **Accept Date**: 2024-06-01

DOI: **10.21608/IJIMCT.2024.283790.1056**

Abstract

One of the most significant sources of freshwater, particularly for dry and semi-arid areas, is groundwater. Groundwater resources are under tremendous strain due to overexploitation of groundwater and significant climatic changes over time, as the demand for potable water for agriculture and human consumption grows globally. And industrial uses. Because of their exceptional efficiency in processing spatial information—which offers precise and direct information about the resource that can be used and rationalizes its consumption to ensure its continuity—studies based on geographic information systems (GIS) and remote sensing (RS) have gained significant importance in identifying potential areas for groundwater settlement. for the upcoming generations.

The review of recent developments in groundwater spatial modeling research from Arab and foreign sources for the years 2013–2023 is the focus of the current study. The study adhered to a number of methodological guidelines, first outlining the bibliometric analysis of groundwater spatial modeling works and the key research areas it examined. Next, research The study's sources were located by searching the intellectual output stored in the Egyptian Knowledge Bank (EKB) as well as the international databases Scoups & Web of Science, SCiNiTO, Dar Al-Mandumah, and the database of Iraqi academic scientific

journals. The latter contained research papers in a variety of Arabic sources. from international and Arab periodicals that are strongly associated with the research topic.

In the study, 221 studies from outside and the Arab world were examined. These were categorized numerically, qualitatively, and spatially, and they were analyzed based on historical stages that demonstrated the evolution of research trends and the changes they had observed. Along with reviewing researchers' participation work and scientific specializations, the study also offered the most significant research trends, issues, and approaches, as well as data collection and presentation methodologies and strategies. The study yielded a collection of findings that assess the study and offer some suggestions that could benefit scholars and those interested in groundwater spatial modeling investigations.

Keywords: spatial modeling of groundwater, geostatistical modeling, spatial suitability modeling, spatial simulation, multi-criteria modeling, modeling using geospatial artificial intelligence.

الاتجاهات الحديثة فى دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية خلال الفترة ٢٠١٣ - ٢٠٢٣

د/ عماد عبدالفتاح صالح

أستاذ الجغرافيا الطبيعية ونظم المعلومات الجغرافية المساعد بقسم الجغرافيا - جامعة بنى سويف

الملخـــص:

تمثل المياه الجوفية أحد أهم مصادر المياه العذبة خاصة بالأقاليم الجافة وشبه الجافة، وقد أدى الاستغلال المفرط للمياه الجوفية والتغيرات الملحوظة في المناخ على مر السنين إلى فرض ضغوط هائلة على موارد المياه الجوفية العالمية مع زيادة الطلب على المياه الصالحة للشرب في جميع أنحاء العالم للاستهلاك البشري والزراعة والاستخدامات الصناعية مما أكسبت الدراسات القائمة على نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار من بعد (RS) أهمية كبيرة في تحديد المناطق المحتملة لتوطن المياه الجوفية نظرًا لكفائتها الكبيرة في معالجة المعلومات المكانية مما يوفر معلومات

مباشرة ودقيقة عن المورد الذي يمكن الاستفادة منه وترشيد استهلاكة لضمان استمراريته للاجيال القادمة.

وتتناول الدراسة الحالية استعراضًا للاتجاهات الحديثة في دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية في المصادر الأجنبية والعربية خلال الفترة (٢٠١٣-٢٠٢٣)، وقد اتبعت الدراسة عدة إجراءات منهجية، بداية من عرض التحليل الببليومتري لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية، وأهم الميادين البحثية التي تناولتها، ثم البحث في قواعد البيانات العالمية Web of science & Scoups، كما تم استخدام قواعد بيانات سكينتو SCiNiTO ودار المنظومة وقاعدة بيانات المجلات العلمية الأكاديمية العراقية والتي شملت الأوراق البحثية في المصادر العربية المختلفة، بجانب البحث في الإنتاج الفكري المتاح ببنك المعرفة المصري (EKB)، لتحديد مصادر الدراسة من مجلات أجنبية وعربية ذات الصلة الوثيقة بموضوع الدراسة.

وشملت الدراسة **(٢٢١)** دراسة أجنبية وعربية، تم تناولها بالحصر والتصنيف العددي والنوعي والمكاني، ودراستها وفق مراحل زمنية تبرز تطور الاتجاهات البحثية والتغيرات التي شهدتها، كما استعرضت الدراسة العمل التشاركي للباحثين وتخصصاتهم العلمية، ثم عرض أهم الاتجاهات البحثية وإشكالياتها ومناهجها وطرق وأساليب جمع وعرض البيانات، وخرجت الدراسة بمجموعة من النتائج التي تُقيم هذه الدراسة، مع تقديم بعض التوصيات التي قد تساعد الباحثين والمهتمين بدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية.

الكلمات المفتاحية: النمذجة المكانية للمياه الجوفية، النمذجة الجيوإحصائية، نمذجة الملائمة المكانية، المحاكاة المكانية، النمذجة متعددة المعايير، النمذجة باستخدام الذكاء الاصطناعي الجغرافي المكاني.

المقدمـــــــة:

تندرج النمذجة المكانية تحت بند الاتجاهات الحديثة في تحليل وتفسير البيانات المكانية اعتماداً علي تقنيات الجيوماتكس حيث يدور مفهومها حول تمثيل تلك البيانات المكانية في نماذج تُسهل عملية تحليلها، وتتدرج هذه النماذج من النماذج البسيطة التي تستخدم أدوات التحليل البسيطة في تفسير الظاهرات الجغرافية إلي النماذج المعقدة التي تتألف من الكثير من المعطيات والأدوات والعلاقات والأوزان التي تنتهي الي تفسير وتحليل

تلك البيانات وتقديم حلول دقيقة ناجحة للعديد من القضايا التي يدور فلكها في نطاق البيانات المكانية. وتتعدد العلوم التي تعتمد على النمذجة المكانية في تفسير وتحليل البيانات المكانية مثل علوم الأرض والبيئة والجغرافيا والتخطيط بأقسامه المختلفة والهندسة إلى جانب علوم التسويق والاجتماع وغيرها من العلوم التي تقوم بشكل رئيسي على البيانات المكانية.

والنمذجة المكانية مهمة في العلوم الجغرافية تسمح بمحاكاة دقيقة لخصائص سطح الأرض الطبيعية والبشرية مما يساهم في فهم التفاعلات الدقيقة والمعقدة بين أنظمة الأرض ومن ثم إمكانية فهم سلوك تلك الظاهرات في المستقبل القريب وتقديم حلول للمشكلات المترتبة على ذلك. وحيث أن الظاهرات الجغرافية تتسم بالديناميكية والتغير فإن الاعتماد على النمذجة المكانية يفيد بشكل قاطع في تحليل الأنماط والاتجاهات لتلك الظاهرات ومن ثم إرشاد صناع القرار إلى إختيار أفضل المواقع والحلول لتلك الظاهرات. وبناء على ما تقدم يمكن القول إن تحليل النمذجة الجغرافية المكانية هو أحد الأدوات المهمة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية والتي يمكن من خلاله فهم العلاقات بين البيانات المكانية وظواهر العالم الحقيقي بشكل أكثر دقة مثل تطبيقات إدارة الموارد الطبيعية والكوارث البيئية وتطبيقات التخطيط الحضري وغيرها، فضلا عن أهميته الكبيرة في التنبؤ بالتغيرات المستقبلية في ظاهرات العالم الطبيعية والبشرية.

ولعل السؤال المهم الذي يمكن طرحه في هذا الصدد عن ماهية تحليل النمذجة المكانية ومكوناتها الأساسية، حيث أنها تتكون في الأساس من مجموعة من الإجراءات المنطقية والاحصائية على البيانات المكانية الرقمية بشقيها الاتجاهي والنقطي والتي تهدف إلى فهم توزيع الظاهرات الجغرافية وتحديد العلاقات بين مكوناتها الرئيسية والفرعية. ومن ثم يمكن القول إن النماذج المكانية هي في الأساس نماذج رياضية يتم صياغتها وبنائها لتمثيل الجانب غير المرئي بين الظاهرات الجغرافية – جانب العلاقات – بهدف توفير فهم أفضل لحاضرها وتوقع دقيق لمستقبلها. ومن ضمن النماذج الشائعة في الدراسات الجغرافية نموذج التفاوت الكبير الحضري، والنموذج الخطي المتعدد المتغيرات، والنموذج الجغرافي العاملي، والنموذج التحليلي التفصيلي، ونموذج الشبكات العصبية الاصطناعية.

وجدير بالأهمية التعرض بالدراسة لتمييز الفرق بين كلا من النمذجة المكانية والتحليل الجغرافي؛ فبينما تدور النمذجة المكانية حول إنشاء نماذج رياضية معقدة لتمثيل الظواهر الجغرافية المختلفة يمكن الاستعانة بها في تحليل التغيرات المكانية والتنبؤ بالتغير المستقبلي لتلك الظاهرات بهدف فهم العلاقات المكانية بينها وتحليل الأسباب التي أدت الي

تغيرها وصياغة حلول ناجحة للتعامل معها، فإن التحليل الجغرافي يدور حول عملية تفسير وتحليل البيانات المكانية اعتماداً علي أدوات التحليل التقليدية مثل الخرائط والإحصاءات بهدف فهم التغيرات المكانية وتوضيح العلاقات بين الظواهر المختلفة واستقراء تأثير التغيرات علي الظاهرات.

مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة الدراسة في البحث عن إجابة لبعض التساؤلات لعل أهمها: ما هي النمذجة المكانية للمياه الجوفية؟ ماهي الاتجاهات البحثية الحديثة في النمذجة المكانية للمياه الجوفية خلال الفترة (٢٠١٣ - ٢٠٢٣)؟ ما هي المناهج والإشكاليات والأساليب الحديثة في دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية المختارة خلال الفترة (٢٠١٣ - ٢٠٢٣)؟

أهمية الدراسة:

تكمن أهمية الدراسة في كونها دراسة تحليلية عن الاتجاهات الحديثة في دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية وتطورها، فهي تساعد المهتمين والمتخصصين في دراسات المياه الجوفية بفروعها المختلفة، والتقنيات الجغرافية الحديثة (GIS & RS) والذكاء الأصطناعي الجغرافي (GeoAI) على فحص ودراسة المياه الجوفية بطرق وأساليب جديدة تربط بين مزايا النمذجة المكانية والتقنيات الحديثة.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى فحص ومراجعة الدراسات الأجنبية والعربية في الدوريات العالمية التي تناولت النمذجة المكانية للمياه الجوفية خلال الفترة (٢٠١٣ - ٢٠٢٣) ورصد وتحليل التباين الزمني والمكاني لتطور أعداد الدراسات، والتعرف على الاتجاهات البحثية لمحاور موضوعاتها وتحديد اتجاهاتها المنهجية (الأهداف، الاشكاليات، المناهج والأساليب المتبعة)، مع توضيح التباين بين المدرستين الأجنبية والعربية، والوقوف على تطور اتجاهات النمذجة المكانية خلال فترة الدراسة.

مناهج الدراسة وأساليبها:

اتبعت الدراسة لتحقيق أهدافها عددًا من المناهج والأساليب، والتي أهمها: **المنهج الوصفي التحليلي** لوصف وتحليل الدراسات التي تناولت النمذجة المكانية للمياه الجوفية من خلال استعراض منظم لمفهومها وعلاقتها بالتقنيات الحديثة، والأسس النظرية التي قامت عليها، والنظريات البديلة التي يتوقع أن تسود مستقبلاً للخروج بنتائج وتعميمات تخدم البحث. كما تم الاعتماد على **المنهج المقارن، والمنهج التاريخي، والمنهج الموضوعي،** من خلال عرض لأهم الموضوعات البحثية التطبيقية في النمذجة المكانية للمياه الجوفية

ورصد تطورها التاريخي مع إجراء مقارنة بين المدرستين الأجنبية والعربية، وبين الأساليب المستخدمة في النمذجة المكانية للمياه الجوفية، **الأساليب الأحصائية** لعرض وتحليل البيانات من خلال مجموعة من الأشكال البيانية المختلفة، كما أستخدم **الأسلوب الكارتوجرافي** في رسم بعض الخرائط اعتمادًا على برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

مصادر الدراسة :

أعتمدت الدراسة قواعد البيانات العالمية Web of science & Scoups، كما تم استخدام قواعد بيانات سكينتو SCiNiTO(*) ودار المنظومة وقاعدة بيانات المجلات العلمية الأكاديمية العراقية والتي شملت الأوراق البحثية في المصادر العربية المختلفة، بجانب البحث في الإنتاج الفكري المتاح ببنك المعرفة المصري (EKB)، لتحديد مصادر الدراسة من مجلات أجنبية وعربية ذات الصلة الوثيقة بموضوع الدراسة.

أولاً: التحليل الببليومتري Bibliometric Analysis لدراسات المياه الجوفية وعلاقتها بالتقنيات والتخصصات المختلفة خلال الفترة (٢٠١٣ – ٢٠٢٣):

تجدر الإشارة إلى أن دراسات المياة الجوفية ترتبط ارتباطًا وثيقًا بتخصصات عدة نظرًا لتعقيداتها وأهميتها في العديد من الجوانب البيئية والاقتصادية والاجتماعية، ومن بين هذه التخصصات علم الجيولوجيا والهيدروجيولوجيا فهما الأساس في فهم تشكيل الأرض وتوزيع المياه الجوفية وخصائصها، والهندسة المدنية والبيئية التى لها دورًا حيويًا في تصميم وإدارة أنظمة استخدام المياه الجوفية والمحافظة على جودة المياه وحماية الموارد المائية، وعلم البيئة الذى يدرس تأثير الأنشطة البشرية والتغيرات البيئية على الأنظمة البيولوجية في المياه الجوفية وكيفية الحفاظ على التوازن البيئي.

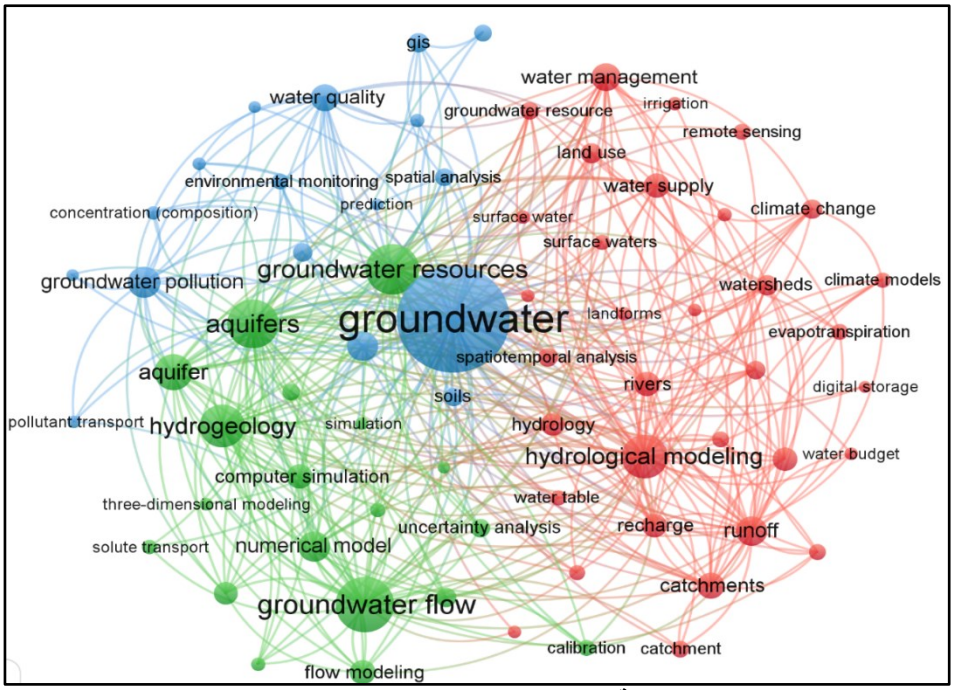
أما عن تخصصى الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية(GIS) والاستشعار من البعد(RS) اللذان يسهما وبشكل كبير في تحليل التوزيع المكاني للمياه الجوفية وإدارة الموارد المائية بشكل فعال من خلال النمذجة المكانية والمحاكاة المكانية ثلاثية الأبعاد

(*) في نوفمبر عام ٢٠٢٣ دخلت Notion Wave في شراكة مع بنك المعرفة المصري لنشر نظامها البيئي البحثي الرائد (SCiNiTO) في بنك المعرفة، وطُرح الإصدار الأول منها في يونيو ٢٠٢٣، وتتضمن جميع المجلات والكتب والمؤتمرات الدولية، والأهم من ذلك أنه يتيح الوصول إلى النص الكامل لمصادر الوصول الحر المفتوح لأكثر من ٢٥٠ مليون مقالة علمية.

واكتشاف مكامن مستجمعات المياة الجوفية والتنبؤ باحتمالية تركزها ومراقبتها من خلال الصور الفضائية وتقنيات الاستشعار من البعد فائقة الدقة، والجدير بالذكر أن هناك اتجاهًا بحثيًا حديثًا وهو علم البيانات والذكاء الاصطناعي الذي يُمكن تقنيات الذكاء الاصطناعي المتعددة كالتعلم الآلى والتعلم العميق والشبكات العصبية الاصطناعية في تحليل كميات كبيرة من البيانات لفهم النماذج والتوقعات فيما يتعلق بحركة وتوزيع المياه الجوفية، ولايمكن أن نغفل دور تخصص الزراعة والتربة فهما يتعلقان ويرتبطان ارتباطا وثيقا بالمياه الجوفية حيث الزراعة والرى فضلا عن جودة التربة وإنتاجية المحاصيل، تلك الاختصاصات والتخصصات تعمل معًا لفهم وإدارة الموارد المائية الجوفية بشكل أفضل، وضمان استدامتها للأجيال الحالية والمستقبلية.

وبناء على ماتقدم قام الباحث بتطبيق منهجية التحليل الببليومترى والذى يهدف إلى تحليل الشبكات الببليومترية والعلاقات بين العناصر الببليومترية المختلفة مثل الأوراق البحثية والمقالات العلمية، ويستخدم برنامج VOS viewer البيانات المستخرجة من قواعد بيانات عالمية مثل WOS, Scopus لبناء الشبكات وتمثيلها بصورة بصرية، كما يتيح البرنامج استكشاف العلاقات بين العناصر الببليومترية بطرق متعددة، مثل تحليل التواجد المشترك، وتحليل الاقتران الببليومتري، وتحليل الكلمات الرئيسية (Van Jan Eck, et al., 2023). ويساعد هذا البرنامج الباحثين على فهم هيكل وديناميات البحوث العلمية في مجالات معينة، ويساعدهم في استخراج الأنماط والاتجاهات المهمة، أضف إلى ماسبق إمكانيته فى توليد مخططات بصرية متعددة تسهل عرض البيانات وفهمها بشكل أفضل، مما يسهل على الباحثين تحليل الشبكات الببليومترية واستخلاص النتائج الرئيسية.

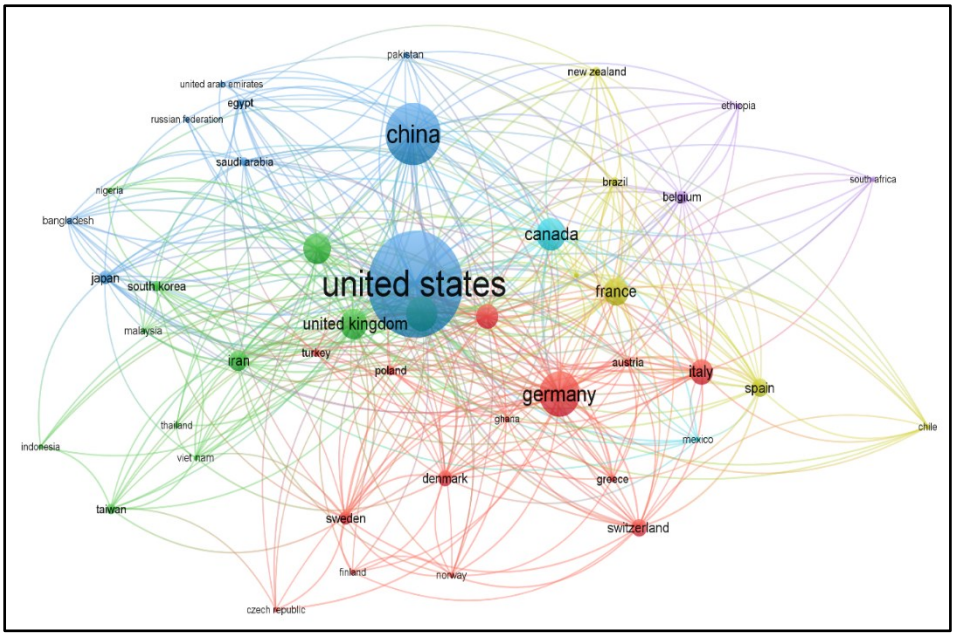
تقوم قاعدة بيانات Scopus بإنشاء كلمات رئيسية من الملخصات وفقًا لأهميتها طبقاً للبحوث المتعلقة بالمياه الجوفية وتم تجميعها حسب الموضوعات، وتتناسب طول الارتباط بين العقد التى يبينها الشكل (١) طرديًا مع علاقة الموضوعات بعضها ببعض، ويتم تمثيل الكلمات الرئيسية كعقد وروابط بين هذه العقد يمثل عدد مرات ظهور هذه الكلمات الرئيسية معًا (Centre for Science and Technology Studies, 2023).



المصدر إعداد الباحث إعتمادا على قاعدة بيانات Scopus باستخدام برنامج Vos Viewer

شكل (١) التحليل الببليومتري لدراسات المياة الجوفية وعلاقتها بالتخصصات المختلفة

ومن تحليل الكلمات المفتاحية يتضح أن هناك حوالي ٢٨٧٣٢ كلمة مفتاحية (ممثلة بالدوائر) مجمعة في ثلاث مجموعات بألوان مختلفة كما هو مبين في الشكل (١)، ونلاحظ أن الكلمات الرئيسة الأكثر شيوعًا، والتي تركز عليها المقالات بشكل مكثف هي المياة الجوفية وتكررت نحو (٣٣٨٩)، ونظم المعلومات الجغرافية (٤٦٥)، الاستشعار من البعد (٦٩٢)، النمذجة ثلاثية الأبعاد (٢٢١)، التحليل المكانى (٣٨٤)، النمذجة بالخوارزميات الرياضة والاحصائية (٣٤٤)، وتقنيات الذكاء الاصطناعى (٤٧٧)، ومعظم هذه الأوراق نشرت خلال الفترة من ٢٠١٣ - ٢٠٢٣م .



المصدر إعداد الباحث إعتمادا على قاعدة بيانات Scopus باستخدام برنامج Vos Viewer

شكل (٢) التحليل الببليومتري لدول العالم التى تناولت دراسات المياة الجوفية

ومن خلال الشكل (٢) يتضح أن هناك نحو ١٣٧ دولة مهتمة بدراسات المياة الجوفية بأنواعها ومختلف تخصصاتها، ولمؤلفيها أوراقا منشورة في العديد من المجلات الدولية ذات معاملات تأثير رصينة، واحتلت الولايات المتحدة الأمريكية المرتبة الأولى بنحو ٩٠٩ ورقة بحثية، يليها دولة الصين ٦٧٥ ورقة، ثم المانيا والهند وكندا بعدد تراوح بين ٢٢٧ - ٣٦١ ورقة، ويلى هذه الدول المملكة المتحدة وإيران وفرنسا وإيطاليا وهولندا وهذه الدول العشر إحتلت المراتب العشر الأولى، وجدير بالذكر أن هناك أوراقا بحثية للباحثين في منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا حسب قاعدة بيانات Scopus جاءت المملكة العربية السعودية فى طليعة الدول العربية والأفريقية بعدد أوراق تعدى الخمسون ورقة بحثية، ولم تسهم عمان وقطر وفلسطين والعراق ومصر إلا بعدد محدود للغاية لم يتجاوز العشر ورقات فى بعضهم والبعض الأخر خمس ورقات.

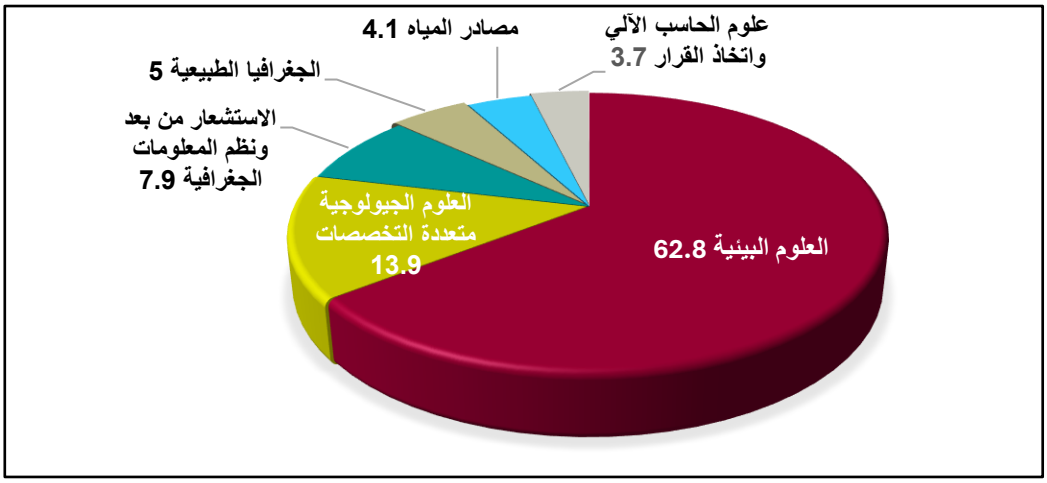
ثانيًا : الميادين البحثية الرئيسية في دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالمصادر الأجنبية والعربية خلال الفترة (٢٠١٣ – ٢٠٢٣):

بدأت الدراسة بتحديد الميادين البحثية الرئيسية التي تناولت النمذجة المكانية للمياه الجوفية في الدوريات والمصادر المختلفة خلال الفترة (٢٠١٣ – ٢٠٢٣) لتحديد التمثيل الجغرافي لها بين مختلف العلوم والتخصصات المهتمة بدراستها، ومن خلال البحث في كافة الدوريات الأجنبية لقاعدة بيانات Scoups وقاعدة بيانات Web of science بإستخدام الكلمات الدالة Spatial suitability modeling, Spatial modeling, Predictive modeling, Geostatistical modeling, Multi-criteria modeling (بالتطبيق على المياه الجوفية)، وبدراسة جدول (١) وشكل (3) يتبين أن إجمالي عدد الأوراق البحثية لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية على مستوى كافة الدوريات الأجنبية على كلا القاعدتين بلغ ١٣٩٦٦ ورقة بحثية، أحتلت العلوم البيئية المرتبة الأولى بنسبة تقترب من ثلثي عدد الأوراق البحثية ٦٢,٨٪ من إجمالي الأوراق البحثية، يليها في المرتبة الثانية العلوم الجيولوجية متعددة التخصصات بنسبة بلغت ١٣,٩٪، ثم في المرتبة الثالثة الأستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية بنسبة بلغت ٧,٩٪، وفي المرتبة الرابعة الجغرافيا الطبيعية بنسبة ٥٪، وفي المقابل سجلت علوم (مصادر المياه، الحاسب الآلي واتخاذ القرار، تكنولوجيا العلوم المستدامة الخضراء) المراتب الثلاثة الأخيرة بنسبة ٤,١٪، ٣,٧٪، ٢,٧٪ من إجمالي عدد الأوراق البحثية على الترتيب.

جدول (١) التوزيع العددي والنسبي للميادين البحثية الأجنبية فى دراسات النمذجة المكانية

الميادين البحثية الرئيسية	عدد الدراسات	%
العلوم البيئية	٨٧٦٥	٦٢,٨
العلوم الجيولوجية متعددة التخصصات	١٩٣٩	١٣,٩
الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية	١٠٩٧	٧,٩
الجغرافيا الطبيعية	٧٠٢	٥,٠
مصادر المياه	٥٧١	٤,١
علوم الحاسب الآلي واتخاذ القرار	٥١٢	٣,٧
تكنولوجيا العلوم المستدامة الخضراء	٣٨٠	٢,٧
الإجمالي	١٣٩٦٦	١٠٠,٠

المصدر: إعداد الباحث اعتمادا على قواعد بيانات WOS & Scoups



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على جدول (١)

شكل (٣) التوزيع العددي والنسبي للميادين البحثية الأجنبية فى دراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية

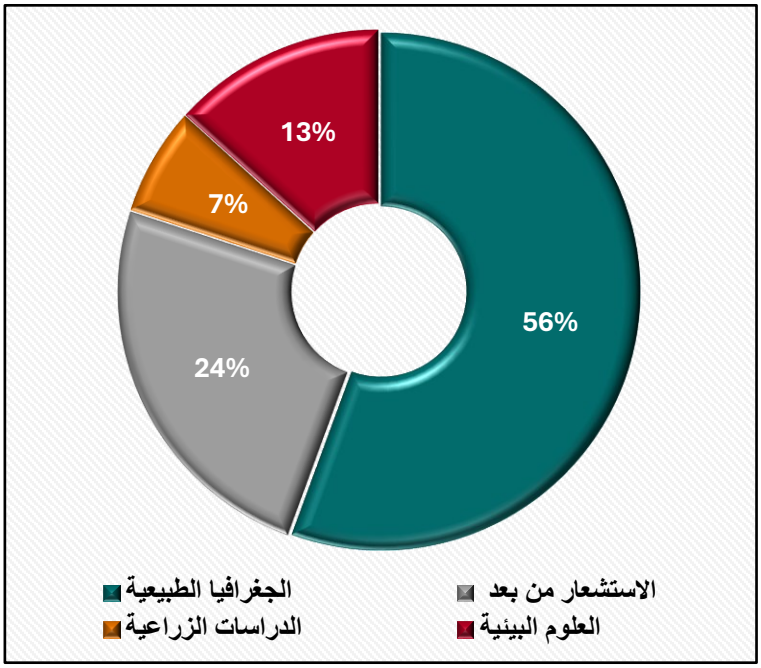
بينما تبين من خلال البحث في المصادر العربية بقواعد بيانات دار المنظومة للأوراق البحثية والرسائل العلمية، الأنتاج الفكري المصري المتاح ببنك المعرفة EKB عن الدراسات التي تناولت النمذجة المكانية للمياه الجوفية في الدوريات العربية المختلفة خلال الفترة (٢٠١٣ – ٢٠٢٣) ومن خلال الكلمات الدالة نمذجة الملائمة المكانية، النمذجة المكانية، النمذجة التنبؤية، النمذجة الجيوأحصائية، النمذجة متعددة المعايير (بالتطبيق على المياه الجوفية) أن إجمالي عدد الأوراق البحثية لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بلغ ٤٥ ورقة بحثية، أحتلت الجغرافيا الطبيعية المرتبة الأولى بإكثر من نصف عدد الأوراق البحثية بنسبة بلغت ٥٥,٦٪ من إجمالي الأوراق البحثية، يليها في المرتبة الثانية الاستشعار من بعد بما يقارب ربع عدد الأوراق البحثية بنسبة بلغت ٢٤,٤٪ من إجمالي عدد الأوراق البحثية، ثم في المرتبة الثالثة العلوم البيئية بنسبة بلغت ١٣,٣٪، وفي المرتبة الأخيرة جاءت الدراسات الزراعية بنسبة ٦,٧٪، جدول (٢) وشكل (٤).

جدول (٢) التوزيع العددي والنسبي للميادين البحثية العربية فى دراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية (٢٠١٣ - ٢٠٢٣)

الميادين البحثية الرئيسية	عدد الدراسات	%
الجغرافيا الطبيعية	٢٥	٥٥,٦
الاستشعار من بعد	١١	٢٤,٤
الدراسات الزراعية	٣	٦,٧
العلوم البيئية	٦	١٣,٣
الإجمالى	٤٥	١٠٠

المصدر: إعداد الباحث اعتمادا على قاعدة بيانات سكينتو ودار المنظومة وقاعدة بيانات المجلات العلمية الأكاديمية العراقية و الإنتاج الفكري المصرى المتاح ببنك المعرفة المصري (EKB)

شكل (٤) التوزيع العددي والنسبي للميادين البحثية العربية فى دراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على جدول (٢)

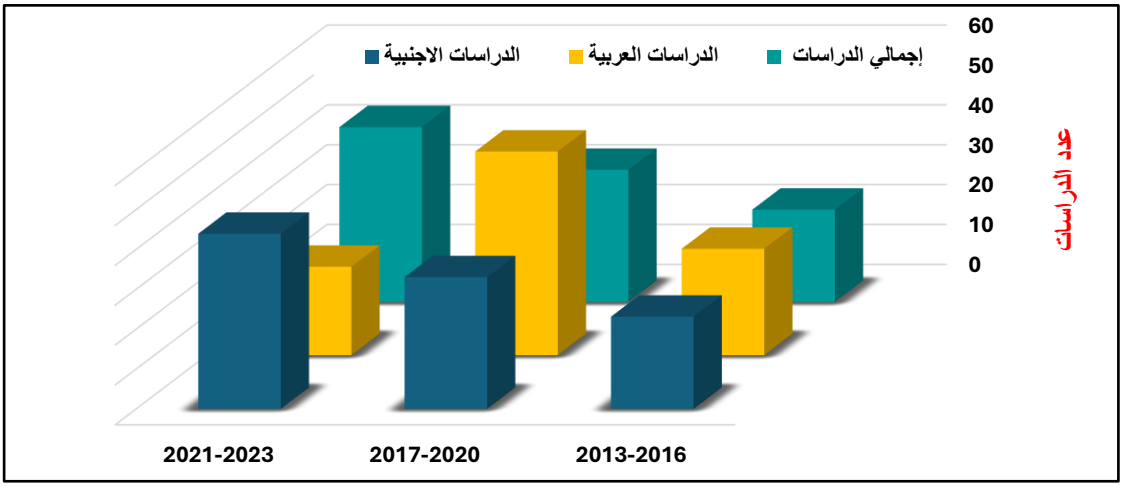
ويشير تحليل الانتاج العلمي للأوراق البحثية لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية خلال الفترة (٢٠١٣ – ٢٠٢٣) جدول (٣) وشكل (٥) إلى زيادة واضحة خلال جميع فترات الدراسة في الميادين البحثية المختلفة في كافة الدوريات الأجنبية والعربية، حيث

يلاحظ تصاعد المنحنى من ٣٢٤٢ دراسة بنسبة بلغت ٢٣,١٪ من إجمالي عدد الدراسات في الفترة (٢٠١٣ – ٢٠١٦) إلى ٤٦٣٣ دراسة بنسبة بلغت ٣٣,١٪ في الفترة (٢٠١٧ – ٢٠٢٠) وصولاً إلى ٦١٣٦ دراسة بنسبة بلغت ٤٣,٨٪ في الفترة (٢٠٢١ – ٢٠٢٣).

جدول (٣) تطور دراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية بالدوريات الأجنبية والمصادر العربية وفقًا للميادين البحثية الرئيسية خلال الفترة (٢٠١٣ – ٢٠٢٣)

الفترات الزمنية	الدراسات الاجنبية		الدراسات العربية		الإجمالي	
	العدد	%	العدد	%	العدد	%
٢٠١٣-٢٠١٦	٣٢٣٠	٢٣,١	١٢	٢٦,٧	٣٢٤٢	٢٣,١
٢٠١٧-٢٠٢٠	٤٦١٠	٣٣,٠	٢٣	٥١,١	٤٦٣٣	٣٣,١
٢٠٢١-٢٠٢٣	٦١٢٦	٤٣,٩	١٠	٢٢,٢	٦١٣٦	٤٣,٨
اجمالى	١٣٩٦٦	١٠٠,٠	٤٥	١٠٠,٠	١٤٠١١	١٠٠,٠

المصدر: إعداد الباحث اعتمادا على قواعد بيانات WOS & Scoups ودار المنظومة (بنك المعرفة المصرى)



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على جدول (٣)

شكل (٥) تطور دراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية بالدوريات الأجنبية والمصادر العربية وفقًا للميادين البحثية الرئيسية

ثالثًا : تصنيف دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالمصادر الأجنبية والعربية المُختارة خلال الفترة (٢٠١٣ – ٢٠٢٣):

أعتمدت الدراسة لرصد وتصنيف دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية وتحليل اتجاهاتها البحثية على تحليل قواعد البيانات الرئيسية واختيار المجلات العلمية التي تخدم موضوع البحث على مستوى الدراسات الأجنبية والعربية، تمهيدًا لحصرها وإجراء التحليلات عليها كما يلي:

(١) تحديد الدوريات والمصادر العلمية المُختارة للدراسة :

لتحديد الدوريات والمصادر العلمية لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية تم البحث في قاعدة بيانات Scoups وقاعدة بيانات Web of science، وهي أكبر قواعد البيانات العالمية للمصادر العلمية المُحكمة وفقًا لمعايير التقييم العالمية التي تعتمد على معامل تأثير البحوث في الدوريات العلمية اعتمادًا على عدد الاستشهادات المرجعية للبحوث في تلك الدوريات، وأسفر البحث عن وجود (٥٠) دورية علمية أجنبية مُحكمة تم إجراء بحث تفصيلي عنها لتصنيف وترتيب واختيار الدوريات اعتمادًا على معايير التقييم العالمية، وتم اختيار (١٠) دوريات رئيسية تصدرت قائمة الدوريات وفقًا للمعايير العالمية وتغطي الجوانب المختلفة للدراسة، كما تغطي فترة الدراسة (٢٠١٣ - ٢٠٢٣)، جدول (٤).

جدول (٤) الدوريات الأجنبية المُختارة لدراسة الاتجاهات الحديثة في النمذجة المكانية للمياه الجوفية خلال الفترة (٢٠١٣ - ٢٠٢٣)

No.	Journal	COUNTRY	H-INDEX	COVERAGE	SJR	Quartile	IF	PUBLISHER
1	Catena	Netherlands	150	1975 – 2024	1.47	Q1	6.2	Elsevier
2	Science of the Total Environment	Netherlands	317	1972 – 2024	1.95	Q1	9.8	Elsevier
3	Applied Water Science	Germany	68	2011 – 2024	0.97	Q1	4.4	Springer
4	Ecological Indicators	Netherlands	162	2001 – 2024	1.4	Q1	6.9	Elsevier
5	Water Resources Management	Netherlands	117	1987 – 2024	0.89	Q1	4	Springer
6	Water	Switzerland	85	2009 – 2024	0.72	Q1	3.4	MDPI
7	Modeling Earth Systems and Environment	Switzerland	47	2013 – 2024	0.73	Q1	3.8	Springer
8	Journal of Environmental Management	USA	218	1977 – 2024	1.68	Q1	8.7	Elsevier
9	Groundwater for Sustainable Development	Netherlands	43	2013 – 2024	1.08	Q1	5.9	Elsevier
10	Journal of Hydrology	Netherlands	260	1963 – 2024	1.67	Q1	6.4	Elsevier

المصدر: إعداد الباحث اعتمادًا على Scimago Journal & Country Rank https://www.scimagojr.com

جدول (٥) الدوريات العربية المُختارة لدراسة الاتجاهات الحديثة في النمذجة المكانية للمياه الجوفية خلال الفترة (٢٠١٣- ٢٠٢٣)

م	الدوريات العربية	الناشر	الدولة	التغطية	ISSN
١	مجلة كلية التربية	كلية التربية جامعة واسط	العراق	2007-2024	2518-5586
٢	مجلة كلية التربية	كلية التربية جامعة المستنصرية	العراق	2005-2024	1813-0380
٣	مجلة تكريت للعلوم الصرفة	كلية العلوم جامعة تكريت	العراق	2015-2024	2415-1726
٤	مجلة الهندسة والتكنولوجيا	الجامعة التكنولوجية	العراق	1977-2024	2412-0758
٥	مجلة البصرة للعلوم الهندسية	كلية الهندسة جامعة البصرة	العراق	2005-2024	2311-8385
٦	المجلة الجغرافية العربية	الجمعية الجغرافية المصرية	مصر	1967-2024	2682-4795
٧	مجلة البحوث الجغرافية والكارتوجرافية	مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية بقسم الجغرافيا كلية الآداب جامعة المنوفية	مصر	2003-2023	2735-5284
٨	المجلة الدولية للعلوم الانسانية والاجتماعية	جامعة بنى سويف	مصر	2019-2023	2314-8810

المصدر: إعداد الباحث اعتمادا على قواعد بيانات المجلات العلمية الأكاديمية العراقية و الإنتاج الفكري المصرى المتاح ببنك المعرفة المصري

وعلى الجانب الآخر تم إجراء حصر وتحديد للدوريات العربية المصنفة محليا والمعنية بدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية من خلال البحث في قواعد بيانات قواعد بيانات المجلات العلمية الأكاديمية العراقية و الإنتاج الفكري المصرى المتاح ببنك المعرفة المصري، وأسفر الحصر عن وجود (٣٠) دورية عربية مُحكمة تم اختيار (٨) دوريات منها للدراسة، جدول (٥).

(٢) التوزيع العددي والنسبي لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالدوريات المُختارة:

بلغ إجمالي عدد الدراسات التي اعتمد عليها الباحث في دراسة الاتجاهات الحديثة للنمذجة المكانية للمياه الجوفية جدولي (٦ ، ٧) وشكلي (٦ ، ٧) خلال الفترة (٢٠١٣-٢٠٢٣) ٢٢١ دراسة، منها ١٩٢ دراسة بالدوريات الأجنبية المُختارة بنسبة ٨٦,٩٪ من إجمالي الدراسات، بجانب (٢٩) دراسة في المصادر العربية بنسبة ١٣,١٪.

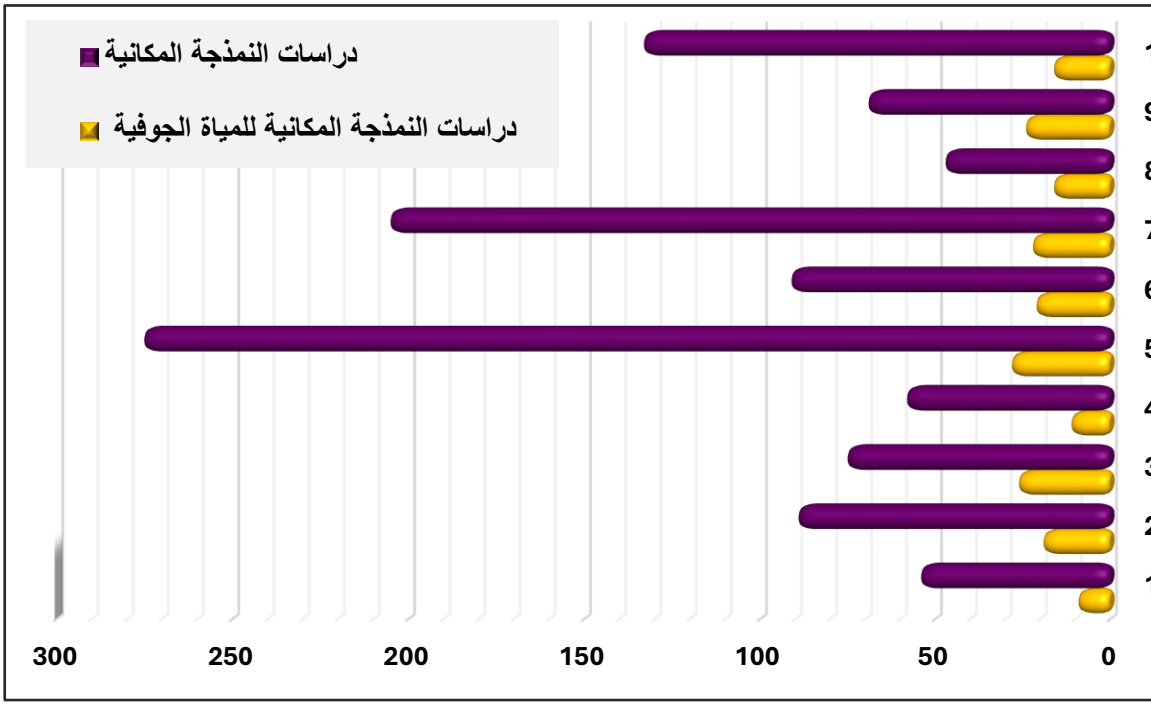
وبتحليل جدول (٦) وشكل (٦) تبين أن إجمالي عدد دراسات النمذجة المكانية بالدوريات الأجنبية المُختارة بلغ ١٠٦٩ دراسة، في حين بلغ عدد دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية ١٩٢ دراسة بنسبة ١٧,٥٪ من إجمالي دراسات النمذجة المكانية عمومًا، ويرجع ذلك لأهمية المياه الجوفية كأحد مصادر المياه العذبة، بجانب أن دراسات المياه الجوفية من التخصصات الجغرافية التي يمكن فيها تطبيق النماذج المكانية اعتمادًا على

التقنيات المكانية الحديثة، بالإضـــافة إلى ارتباطها بالعديد من التخصـــصـــات الآخرى ذات الصـــلة، وقد تبين أن دورية Water Resources Management تأتي في المرتبة الأولى بنســـبة ١٤,٦٪ من إجمالي عدد الدراســـات، تليها دورية Applied Water Science في المرتبـة الثـانيـة بنســـبـة ١٣,٥٪، ثم دوريـة Groundwater for Sustainable Development في المرتبـة الثـالثـة بنســـبـة ١٢,٥٪، ثم دوريـة Modeling Earth Systems and Environment في المرتبة الرابعة بنســـبة ١١,٥٪، ثم دورية Water في المرتبة الخامســـة بنســـبة ١٠,٩٪، وتشـــكل هذه الدوريات الخمسة مجتمعة ٦٣٪ من إجمالي عدد الدراسات، في حين تُشكل الدوريات الخمس الأخرى ٣٧٪.

٦) توزيع الأوراق البحثية في دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالدوريات الأجنبية خلال الفترة (٢٠١٣ – ٢٠٢٣)

الدوريات الأجنبية	دراسات النمذجة المكانية	دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية		
		العدد	نمذجة المياه الجوفية (%)	المجلات (%)
Catena	٥٤	٩	١٦,٧	٤,٧
Science of the Total Environment	٨٩	١٩	٢١,٣	٩,٩
Applied Water Science	٧٥	٢٦	٣٤,٧	١٣,٥
Ecological Indicators	٥٨	١١	١٩	٥,٧
Water Resources Management	٢٧٥	٢٨	١٠,٢	١٤,٦
Water	٩١	٢١	٢٣,١	١٠,٩
Modeling Earth Systems and Environment	٢٠٥	٢٢	١٠,٧	١١,٥
Journal of Environmental Management	٤٧	١٦	٣٤	٨,٣
Groundwater for Sustainable Development	٦٩	٢٤	٣٤,٨	١٢,٥
Journal of Hydrology	١٣٣	١٦	١٢	٨,٣
اجمالى	١٠٩٦	١٩٢	١٧,٥	١٠٠

المصدر: إعداد الباحث اعتمادا على قواعد بيانات WOS & Scoups



در: من عمل الباحث اعتمادًا على جدول (٦)

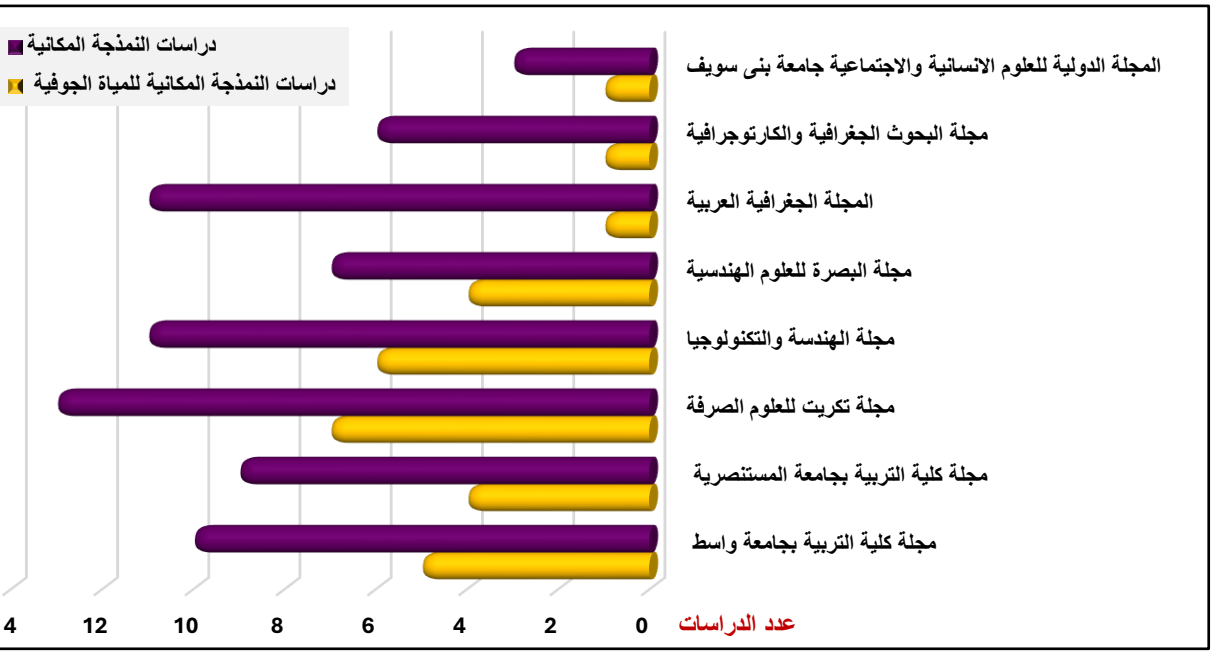
شكل (٦) توزيع الأوراق البحثية في دراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية بالدوريات الأجنبية

٧) توزيع الأوراق البحثية في دراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية بالمصادر العربية خلال الفترة (٢٠١٣ – ٢٠٢٣)

الدوريات العربية	دراسات النمذجة المكانية	دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية		
		العدد	نمذجة المياه الجوفية (%)	المجلات (%)
جلة كلية التربية بجامعة واسط	١٠	٥	٥٠	١٧,٣
جلة كلية التربية بجامعة المستنصرية	٩	٤	٤٤,٤	١٣,٨
جلة تكريت للعلوم الصرفة	١٣	٧	٥٣,٨	٢٤,٢
جلة الهندسة والتكنولوجيا	١١	٦	٥٤,٥	٢٠,٧
جلة البصرة للعلوم الهندسية	٧	٤	٥٧,١	١٣,٨
مجلة الجغرافية العربية	١١	١	٩,١	٣,٤
جلة البحوث الجغرافية والكارتوجرافية	٦	١	١٦,٧	٣,٤

مجلة الدولية للعلوم الانسانية والاجتماعية جامعة بنى سويف	٣	١	٣٣,٣	٣,٤
الإجمالى	٧٠	٢٩	٤١,٤	١٠٠

: إعداد الباحث اعتمادا على قواعد بيانات المجلات العلمية الأكاديمية العراقية و الإنتاج الفكري المصرى المتاح ببنك المعرفة



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على جدول (٧)

شكل (٧) توزيع الأوراق البحثية في دراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية بالدوريات العربية

أما على مستوي الدراسات العربية التي تناولت النمذجة المكانية للمياه الجوفية جدول (٧) وشكل (٧) فقد تبين أن إجمالي عدد دراسات النمذجة المكانية بالدوريات المُختارة بلغ ٧٠ دراسة، في حين بلغ عدد دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية ٢٩ دراسة بنسبة ٤١,٤٪ من إجمالي دراسات النمذجة المكانية عمومًا، وشكلت الدوريات الخمس الأولى ٨٩,٧٪ من إجمالي عدد الدراسات، وجميعها تصدر في دولة العراق، بينما شكلت الدوريات الثلاث الأخرى ١٠,٣٪ وتصدر في مصر، وتصدرت مجلة تكريت للعلوم الصرفة الصدارة بنسبة ٢٤,٢٪ من إجمالي عدد الدراسات، تليها مجلة الهندسة والتكنولوجيا في المرتبة الثانية بنسبة ٢٠,٧٪، وفي المرتبة الثالثة مجلة كلية التربية بجامعة واسط بنسبة

١٧,٣٪ ثم مجلة كلية التربية بجامعة المستنصرية ومجلة البصرة للعلوم الهندسية بنفس النسبة ١٣,٨٪ من إجمالي عدد الدراسات.

وتجدر الإشارة إلى أن هناك العديد من الدوريات التي تصدر في البلدان العربية الأخرى والتي استخدمت تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد في دراسات التحليل المكاني؛ ولكنها لم تستخدم أيا من النماذج المكانية ذات الصلة بالمياه الجوفية.

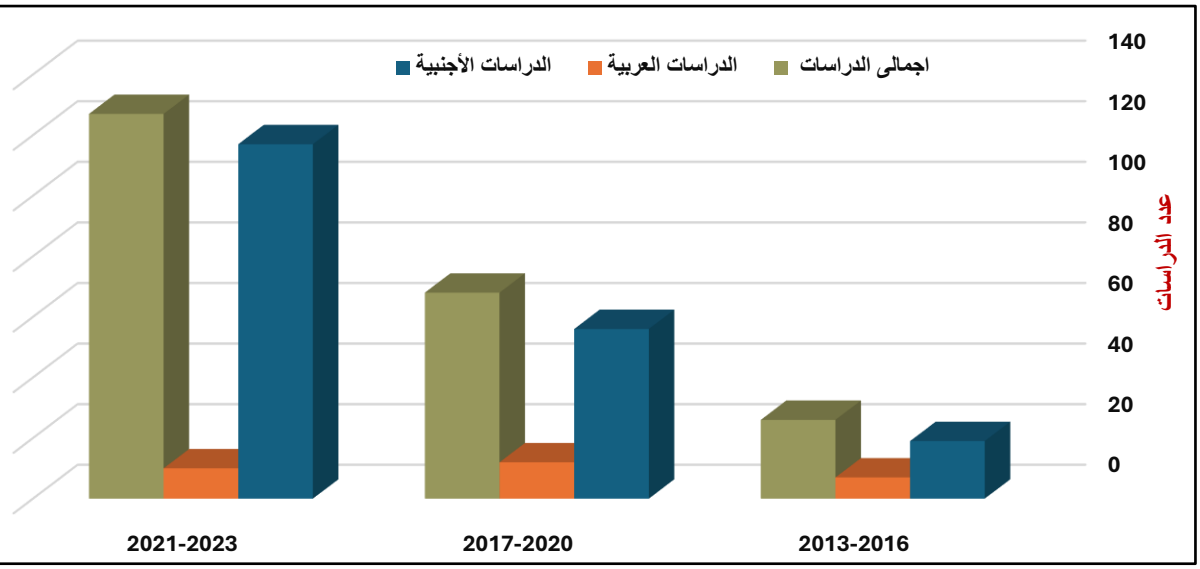
(٣) التطور الزمني لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالمصادر الأجنبية والعربية (٢٠١٣-٢٠٢٣):

تطورت دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالمصادر الأجنبية والعربية المُختارة خلال الفترة (٢٠١٣-٢٠٢٣) بشكل واضح كما يتضح من تحليل جدول (٨) وشكل (٨)، حيث ارتفعت من ٢٦ دراسة إلى ٢٢١ دراسة خلال تلك الفترة بزيادة قدرها ٨٥٠٪، ويُعزى ذلك لأهمية المياه الجوفية كأحد مصادر المياه العذبة بالإضافة إلى تعدد الأساليب والنماذج المكانية الحديثة، وقد بلغ المتوسط السنوي٢٠,١٪ دراسة/العام خلال تلك الفترة، ويمكن تقسيمها إلى ثلاث مراحل كالتالي:

جدول (٨) تطور دراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية بالدوريات الأجنبية والعربية خلال الفترة (٢٠١٣ – ٢٠٢٣)

الفترات الزمنية	الدراسات الاجنبية		الدراسات العربية		الإجمالي		المتوسط السنوي (دراسة / عام)
	العدد	%	العدد	%	العدد	%	
٢٠١٣-٢٠١٦	١٩	٩,٩	٧	٢٤,١	٢٦	١١,٨	٦,٥
٢٠١٧-٢٠٢٠	٥٦	٢٩,٢	١٢	٤١,٤	٦٨	٣٠,٨	١٧
٢٠٢١-٢٠٢٣	١١٧	٦٠,٩	١٠	٣٤,٥	١٢٧	٥٧,٤	٤٢,٣
اجمالى	١٩٢	١٠٠	٢٩	١٠٠	٢٢١	١٠٠	٢٠,١

المصدر: إعداد الباحث اعتمادا على قواعد بيانات WOS & Scoups ودار المنظومة (بنك المعرفة المصرى)



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على جدول (٨)

شكل (٨) تطور دراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية بالدوريات الأجنبية والمصادر العربية

الفترة الأولى (٢٠١٣-٢٠١٦): شهدت هذه الفترة أقل عدد لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية حيث بلغت (٢٦) دراسة بنسبة ١١,٨٪، بمتوسط سنوي ٦,٥ دراسة/العام، وقد ركزت معظم الدراسات في هذه الفترة على استخدام النماذج المكانية في تحديد أماكن تواجد المياه الجوفية ورسم خرائط لها، ومن أهم دراسات هذه الفترة: دراسة (Mahmoud, S. H., et al., 2014) عن تحديد المواقع المحتملة لتغذية المياه الجوفية باستخدام نظام دعم القرار القائم على نظم المعلومات الجغرافية في منطقة جيزان بالمملكة العربية السعودية، بينما استخدم (Rahmati, O., et al., 2016) البيانات المستمدة من نظم المعلومات الجغرافية مدفوعة بالغابات العشوائية، واستخدام نموذج الإنتروبيا لرسم خرائط المياه الجوفية بإقليم مهران، إيران، ودراسة (Kumar, T., et al., 2014) عن تقييم دقة تقنية اتخاذ القرار متعدد المعايير القائم على نظم المعلومات الجغرافية لتحديد المناطق المحتملة للمياه الجوفية بإقليم دورج بالهند، ودراسة (Al-Aboodi, A. H., et al., 2013) الإدارة المثلى للمياه الجوفية في منطقة الطيب، محافظة ميسان، العراق، باستخدام تقنية الخوارزمية الجينية.

الفترة الثانية (٢٠١٧-٢٠٢٠): أزدادت أعداد دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية في هذه الفترة حيث بلغت (٦٨) دراسة بنسبة ٣٠,٨٪، بمتوسط سنوي ١٧

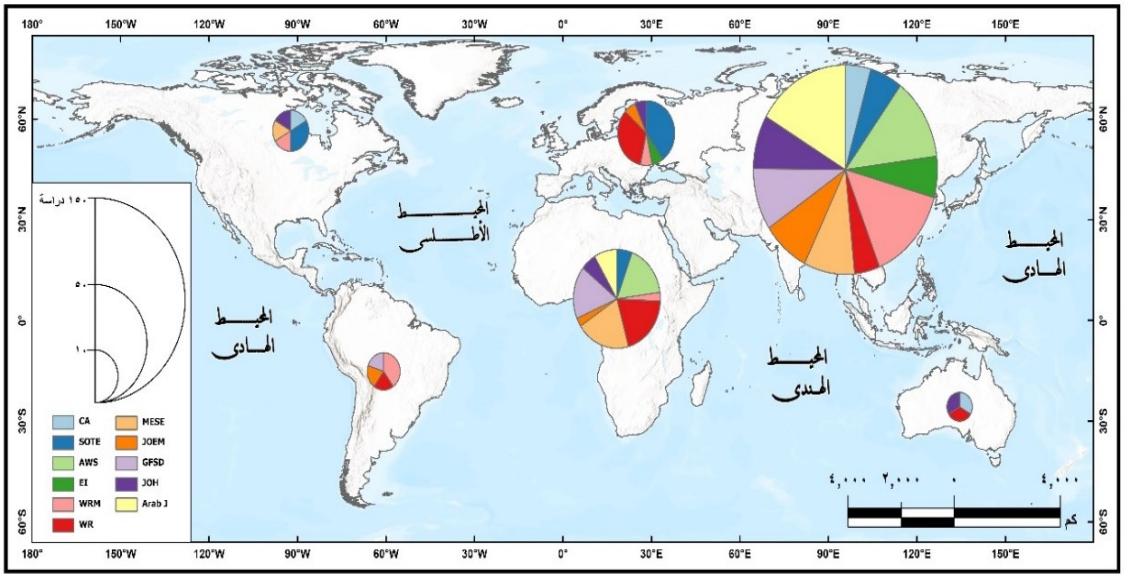
دراسة/العام، وقد ركزت معظم الدراسات في هذه الفترة على تطوير النماذج المكانية واستحداث أساليب جديدة في دراستها تعتمد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد والتي منها أسلوب أتخاذ القرار متعدد المعايير (MCDM)، أسلوب الذكاء الحسابي الهجين، أسلوب التعلم الآلي، الأسلوب الجيوإحصائي، ومن أهم دراسات هذه الفترة: دراسة (Barzegar, B., et al., 2018) عن رسم خرائط لمخاطر تلوث المياه الجوفية المتعددة باستخدام مجموعة متعددة النماذج من خوارزميات التعلم الآلي بإيران، بينما طبق (Pham, B. T., et al., 2019) نماذج الذكاء الحسابي الهجين لرسم خرائط أمكانية تواجد المياة الجوفية بإقليم جوزارات بالهند، ودراسة (Moghaddam, D. D., et al., 2020) عن تأثير حجم العينة على نماذج التعليم الآلي المختلفة لرسم خرائط إمكانات المياه الجوفية في طبقات المياه الجوفية الجبلية بطهران، إيران.

الفترة الثالثة (٢٠٢١-٢٠٢٣): شهدت هذه الفترة طفرة كبيرة في دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية حيث بلغت (١٢٧) دراسة ما يزيد عن نصف إجمالي عدد الدراسات بنسبة ٥٧,٤٪، بمتوسط سنوي ٤٢,٢ دراسة/العام، وركزت الدراسات هنا على توسيع تطبيق النماذج المكانية التي اعتمدت على تطبيقات التقنيات المكانية الحديثة بجانب تطبيقات الذكاء الأصطناعي الجغرافي، واستخدام نماذج التحليل الهرمي، واسلوب المنطق الضبابي، واسلوب المحاكاه المكانية، واساليب الشبكات العصبية، وذلك للوصول إلى أفضل النتائج العلمية، ومن أهم دراسات هذه الفترة: دراسة (Kamel, M., & Hafez, E. A. F., 2021) التنبؤ بخرائط المياه الجوفية المحتملة للتنمية المستدامة باستخدام النموذج الإحصائي ثنائي المتغير القائم على نظم المعلومات الجغرافية لمحافظة السويس، مصر، ودراسة (Mallik, S., et al., 2021) تحليل صلاحية المياه الجوفية للشرب باستخدام المنطق الضبابي القائم على نظم المعلومات الجغرافية بالهند، ودراسة (Yenehun, A., et al., 2022) المحاكاه المكانية والزمنية لتغذية المياه الجوفية والتحقق من صحة تقديرات طبقات المياه الجوفية البركانية مع التضاريس المتغيرة باثيوبيا، ودراسة (Mohammed, M. A., et al., 2023) عن نمذجة مؤشر جودة المياه الجوفية باستخدام الذكاء الأصطناعي شمال الخرطوم، السودان.

(٤) التوزيع الجغرافي لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالمصادر الأجنبية والعربية:

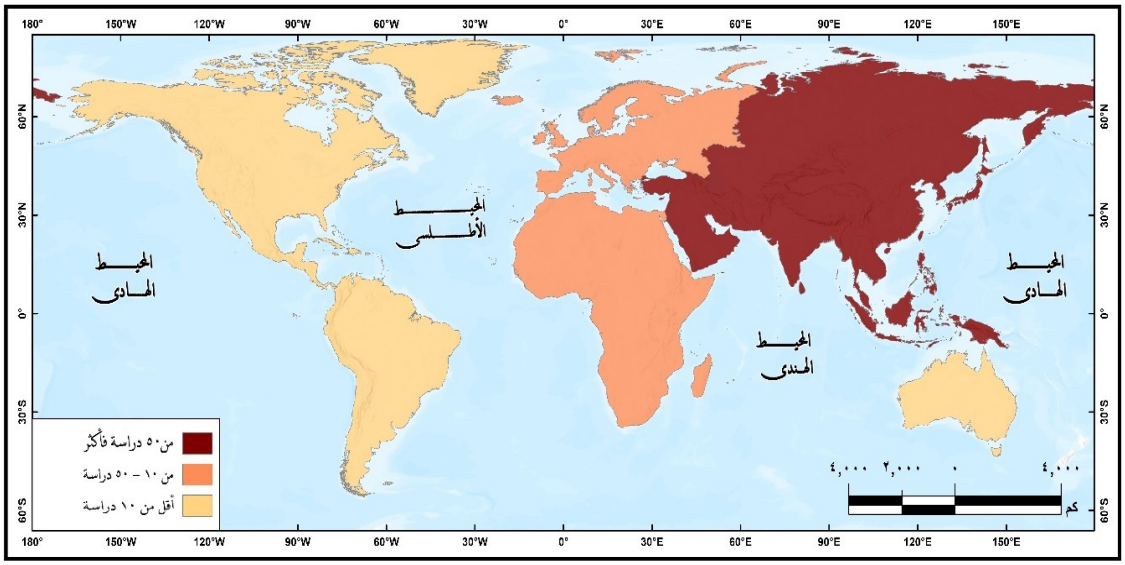
يتمثل أحد أهداف الدراسة في تحديد صورة التوزيع الجغرافي والنطاق الإقليمي للأوراق البحثية التي تم حصرها من الدوريات الأجنبية والعربية المُختارة خلال الفترة (٢٠١٣-٢٠٢٣)، ويتضح من جدول (٩) انتشار دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية على مستوى ٤٣ دولة مختلفة، تم تقسيمها إلى ثلاث فئات شكلي (٩ ، ١٠):

الفئة الأولى (٥٠ دراسة فأكثر): وتضم القارات التي تزيد بها عدد الدراسات عن ٥٠ دراسة وتمثلها قارة آسيا فقط بعدد ١٥٧ دراسة بنسبة بلغت ٧١٪ من إجمالي دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية، وتوزعت تلك الدراسات على ١٩ دولة من دول القارة، تتقدمها الهند بنحو ٤٨ دراسة بنسبة ٢١,٧٪ من إجمالي الدراسات على مستوى قارات العالم، تليها إيران بنحو ٣٦ دراسة بنسبة ١٦,٣٪، ثم العراق بنحو ٣٠ دراسة بنسبة ١٣,٦٪، ثم الصين بنحو ١٤ دراسة بنسبة ٦,٣٪، وتشكل الدول الأربعة مجتمعة أكثر من نصف الدراسات التي تناولت النمذجة المكانية للمياه الجوفية على مستوي العالم بنسبة ٥٧,٩٪، وتأتي دورية Water Resources Management كأكثر الدوريات التي تناولت دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بقارة أسيا بنحو ٢٣ دراسة.



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على جدول (٩)

شكل (٩) التوزيع الجغرافي لدراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية بالدوريات الأجنبية والعربية على مستوى القارات خلال الفترة (٢٠١٣-٢٠٢٣)



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على جدول (٩)

شكل (١٠) التوزيع العددي لدراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية بالدوريات الأجنبية والعربية على مستوى القارات خلال الفترة (٢٠١٣-٢٠٢٣)

جدول (٩) التوزيع الجغرافي لدراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية بالمصادر الأجنبية والعربية (٢٠١٣ – ٢٠٢٣)

منطقة الدراسة		المجلات العلمية											الجملة			
القارة	الدولة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	Arab	عدد		%	
أسيا	الهند	٣	١	١١	٤	٩	٠	٧	١	١١	١	٠	48	١٥٧	21.7	71
	ايران	٢	٤	٢	١	٦	٤	٥	٧	١	٤	٠	٣٦		16.3	
	الصين	٠	٣	٠	٢	١	١	٠	٢	١	٤	٠	١٤		6.3	
	السعودية	٠	١	٢	٠	٢	٢	٠	٠	٠	٠	٠	7		3.2	
	تركيا	٠	٠	١	٠	١	٠	١	٠	٠	٠	٠	3		1.4	
	كوريا الجنوبية	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	١	٠	2		0.9	
	تايلاند	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	2		0.9	
	بنجلادش	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	2		0.9	
	قطر	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	1		0.5	
	الأردن	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	2		0.9	
	العراق	٠	٠	٣	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٢٦	٣٠		13.6	
	لبنان	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	١	٠	٠	٠	2		0.9	
	فلسطين	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	1		0.5	
	ماليزيا	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	1		0.5	
	عمان	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	1		0.5	
	اليابان	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	1		0.5	
	الامارات العربية	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	1		0.5	
	تايوان	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	1		0.5	
	فيتنام	٠	٠	٠	١	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	2		0.9	
	جملة القارة	7	9	20	10	23	٧	14	13	١٥	13	٢٦	١٥		71.0	
أفريقيا	أثيوبيا	٠	٠	٣	٠	٠	٠	١	٠	٠	١	٠	5	٣٥	2.3	٣٥
	غانا	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	2		0.9	
	جنوب افريقيا	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	١	٠	٠	2		0.9	
	نيجيريا	٠	٠	٢	٠	٠	٠	٣	٠	٢	٠	٠	7		3.2	
	المغرب	٠	٠	٠	٠	٠	٢	١	٠	١	٠	٠	4		1.8	
	تونس	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	1		0.5	
	الجزائر	٠	٠	٠	٠	١	١	٠	٠	١	٠	٠	3		1.4	
	مصر	٠	٠	١	٠	٠	٣	١	١	٠	٠	٣	٩		4.1	
	السودان	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	1		0.5	
	كينيا	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	1		0.5	
	جملة القارة	0	2	6	0	1	7	7	1	6	2	٣	٣٥		15.8	
أوروبا	المانيا	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	١	٠	2	١٥	0.9	١٥
	اسبانيا	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	2		0.9	
	اليونان	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	1		0.5	
	ايطاليا	٠	٠	٠	١	٠	٢	٠	٠	٠	٠	٠	٣		1.4	
	البوسنة	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	1		0.5	
	انجلترا	٠	٣	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٣		1.4	
	الدنمارك	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	1		0.5	
	فرنسا	٠	١	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	٢		0.9	
	جملة القارة	0	٦	0	1	١	٥	0	1	0	1	٠	١٥		6.8	
أمريكا الجنوبية	البرازيل	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	١	٥	0.5	٥
	كولومبيا	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	١		0.5	
	بيرو	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	١		0.5	

المكسيك	٠	٠	٠	٢	٠	٠	٠	٢	٠	٠	٠	٠	٢		0.9
جملة القارة	٠	٠	٠	٢	١	٠	١	١	٠	١	٠	٠	٥		2.3
الولايات المتحدة الأمريكية	١	٢	٠	١	٠	١	٠	١	٠	١	٠	٠	٦		2.7
أستراليا	١	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	٣		1.4
الاجمالى العام	9	19	26	11	28	21	22	16	24	16	٢٩	٢٢١			100

المصدر: إعداد الباحث اعتمادا على قواعد بيانات WOS & Scoups و المجلات العلمية الأكاديمية العراقية و الإنتاج الفكري المصرى المتاح ببنك المعرفة المصري

الفئة الثانية (١٠ - ٥٠ دراسة): وتضم قارتي أفريقيا وأوربا، حيث تأتي قارة أفريقيا في المرتبة الثانية على مستوى العالم بعدد دراسات بلغ ٣٥ دراسة بنسبة ١٥,٨٪، وتوزعت تلك الدراسات على ١٠ دول، تتقدمها مصر بنحو ٩ دراسات بنسبة ٤,١٪، ثم الجزائر بنحو ٧ دراسات بنسبة ٣,٢٪، وتأتي دوريتي Science of the Total Water & Environment كأكثر الدوريات التي تناولت دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بقارة أفريقيا بواقع ٧ دراسات لكل دورية، بينما تأتي قارة أوربا في المرتبة الثالثة بين قارات العالم بنحو ١٥ دراسة بنسبة ٦,٨٪، وتوزعت تلك الدراسات على ٨ دول، وتستحوذ دوريتي Water & Modeling Earth Systems and Environment على غالبية الدراسات التي تناولت النمذجة المكانية للمياه الجوفية بقارة أوروبا بإجمالي ١١ دراسة.

الفئة الثالثة (أقل من ١٠ دراسات): وتضم قارات أمريكا الشمالية، أمريكا الجنوبية، أستراليا، حيث تأتي قارة أمريكا الشمالية (الولايات المتحدة الأمريكية) في المرتبة الرابعة على مستوى قارات العالم بنحو ٦ دراسات بنسبة ٢,٧٪، بينما تأتي قارة أمريكا الجنوبية في المرتبة الخامسة بين قارات العالم بنحو ٥ دراسات بنسبة ٢,٣٪، وتوزعت تلك الدراسات على ٤ دول، في حين حلت قارة أستراليا في المرتبة الأخيرة بين قارات العالم بنحو ٣ دراسات بنسبة ١,٤٪.

بلغ متوسط دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية خلال فترة الدراسة (٥,١ دراسة/دولة)، وحققت ثماني دول زيادة عن هذا المتوسط وهي على الترتيب: الهند، إيران، العراق، الصين، مصر، السعودية، الجزائر، الولايات المتحدة الأمريكية.

(٥) تصنيف دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالمصادر الأجنبية والعربية وفقًا لفريق العمل:

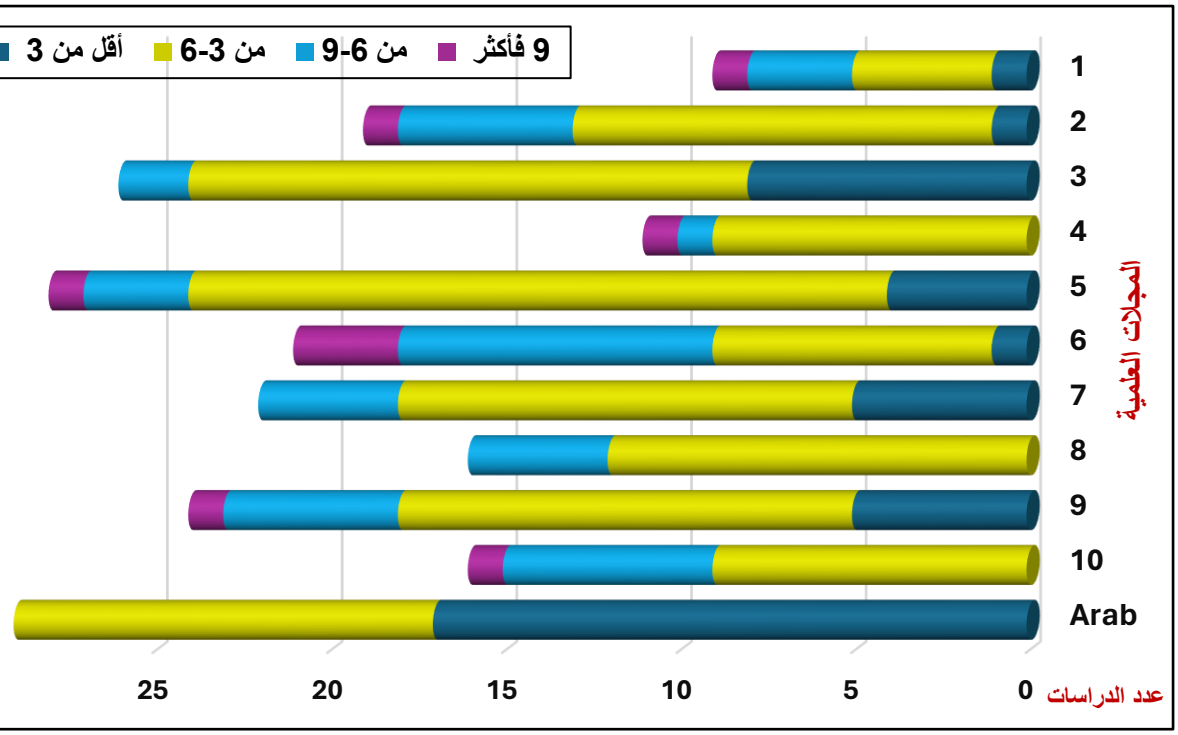
يتضح من دراسة أعداد الباحثين المشاركين في دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية التي تم حصرها من الدوريات الأجنبية والعربية المُختارة جدول (١٠) وشكل

(١١) انتشار فكرة العمل الجماعي بشكل واضح خاصة الدراسات الأجنبية منها عن الدراسات العربية، حيث استحوذت الدراسات التي يتراوح فيها عدد الباحثين بين (٣-٦) باحثين على أكثر من نصف عدد الدراسات بنحو ١٢٨ دراسة بنسبة ٥٧,٩٪، بينما أن الدراسات التي يقل فيها عدد الباحثين عن (٣) باحثين، والدراسات التي يتراوح فيها عدد الباحثين بين (٦-٩) باحثين بلغت ٤٢ دراسة لكل منهما بنسبة ١٩٪، في حين بلغ عدد الدراسات التي شارك فيها (٩ باحثين فأكثر) ٩ دراسات بنسبة ٤,١٪ من إجمالي عدد الدراسات.

جدول (١٠) توزيع دراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية وفقًا لفريق العمل بالمصادر الأجنبية والعربية (٢٠١٣–٢٠٢٣)

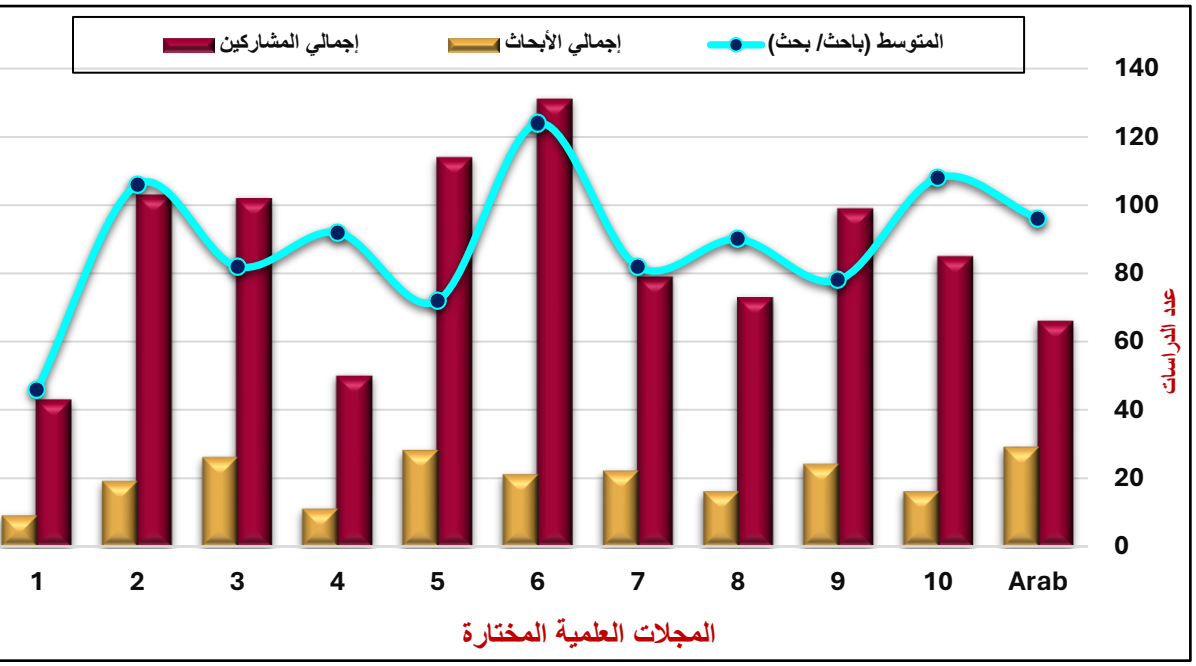
عدد المشاركين	المجلات العلمية											الجملة	
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	Arab	عدد	%
أقل من ٣	١	١	٨	٠	٤	١	٥	٠	٥	٠	١٧	٤٢	١٩
٣ ـ ٦	٤	١٢	١٦	٩	٢٠	٨	١٣	١٢	١٣	٩	١٢	١٢٨	٥٧,٩
٦ ـ ٩	٣	٥	٢	١	٣	٩	٤	٤	٥	٦	٠	٤٢	١٩
٩ فأكثر	١	١	٠	١	١	٣	٠	٠	١	١	٠	٩	٤,١
إجمالي الأبحاث	٩	١٩	٢٦	١١	٢٨	٢١	٢٢	١٦	٢٤	١٦	٢٩	٢٢١	١٠٠
إجمالي المشاركين	٤٣	١٠٣	١٠٢	٥٠	١١٤	١٣١	٧٩	٧٣	٩٩	٨٥	٦٦	٩٤٥	-
المتوسط (باحث/ بحث)	٤,٨	٥,٤	٣,٩	٤,٥	٤,١	٦,٢	٣,٦	٤,٦	٤,١	٥,٣	٢,٣	٤,٣	

المصدر: إعداد الباحث اعتمادا على قواعد بيانات Scoups & WOS و المجلات العلمية الأكاديمية العراقية و الإنتاج الفكري المصرى



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على جدول (١٠)

شكل (١١) توزيع دراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية وفقًا لفريق العمل بالمصادر الأجنبية والعربية



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على جدول (١٠)

شكل (١٢) متوسط عدد الباحثين المشاركين بدراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية بالمصادر الأجنبية و

فى حين بلغ إجمالي عدد الباحثين المشاركين ٩٤٥ باحثًا في ٢٢١ دراسة، حيث تبلغ نسبة المشاركين في الدراسات الأجنبية ٩٣٪ بينما المشاركين في الدراسات العربية ٧٪، وقد بلغ المتوسط السنوي لإجمالي المشاركين بالدراسات الأجنبية والعربية ٤,٣ باحث / دراسة، وبلغ المتوسط بالدراسات الأجنبية ٤,٦ باحث / دراسة، بينما الدراسات العربية ٢,٣ باحث / دراسة، شكل (١٢).

جدول (١١) توزيع دراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية وفقًا للتخصصات بالمصادر الأجنبية والعربية (٢٠١٣–٢٠٢٣)

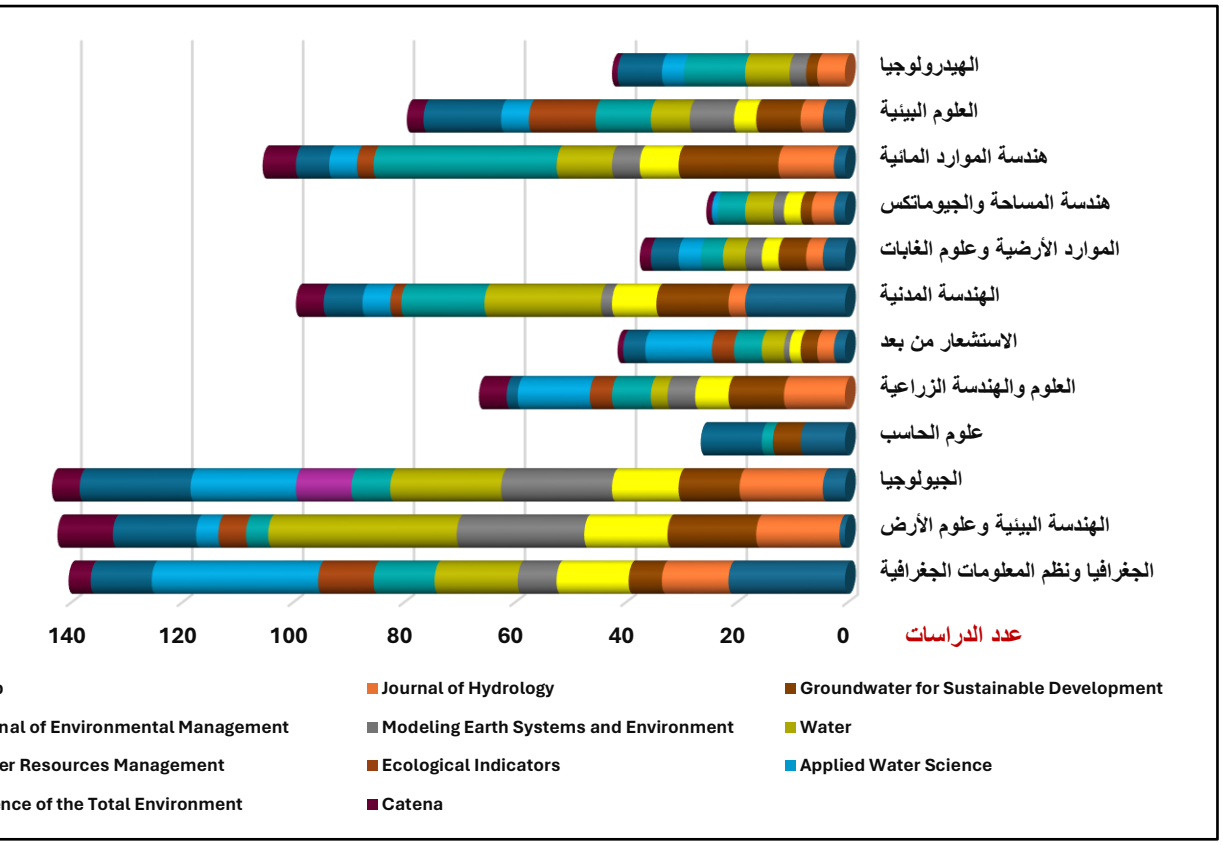
منطقة الدراسة	المجلات العلمية											الجملة	
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	Arab	عدد	%
الجغرافيا ونظم المعلومات	٤	١١	٣٠	١٠	١١	١٥	٧	١٣	٦	١٢	٢١	١٤٠	١٤,٨
الهندسة البيئية وعلوم الأرض	١٠	١٥	٤	٥	٤	٣٤	٢٣	١٥	١٦	١٥	١	١٤٢	١٥
الجيولوجيا	٥	٢٠	١٩	١٠	٧	٢٠	٢٠	١٢	١١	١٥	٤	١٤٣	١٥,١
علوم الحاسب	٠	١١	٠	٠	٢	٠	٠	٠	٥	٠	٨	٢٦	٢,٨
العلوم والهندسة الزراعية	٥	٢	١٣	٤	٧	٣	٥	٦	١٠	١١	٠	٦٦	٧

الاستشعار من بعد	١	٤	١٢	٤	٥	٤	١	٢	٣	٣	٢	٤١	٤,٣
الهندسة المدنية	٥	٧	٥	٢	١٥	٢١	٢	٨	١٣	٣	١٨	٩٩	١٠,٥
الموارد الأرضية وعلوم الغابات	٢	٥	٤	٠	٤	٤	٣	٣	٥	٣	٤	٣٧	٣,٩
هندسة المساحة والجيوماتكس	١	٠	١	٠	٥	٥	٢	٣	٢	٤	٢	٢٥	٢,٦
هندسة الموارد المائية	٦	٦	٥	٣	٣٣	١٠	٥	٧	١٨	١٠	٢	١٠٥	١١,١
العلوم البيئية	٣	١٤	٥	١٢	١٠	٧	٨	٤	٨	٤	٤	٧٩	٨,٤
الهيدرولوجيا	١	٨	٤	٠	١١	٨	٣	٠	٢	٥	٠	٤٢	٤,٤
إجمالي المشاركين	٤٣	١٠٣	١٠٢	٥٠	١١٤	١٣١	٧٩	٧٣	٩٩	٨٥	٦٦	٩٤٥	١٠٠
إجمالي الأبحاث	٩	١٩	٢٦	١١	٢٨	٢١	٢٢	١٦	٢٤	١٦	٢٩	٢٢١	-

المصدر: إعداد الباحث اعتمادا على قواعد بيانات WOS & Scoups ودار المنظومة (بنك المعرفة المصرى)

(٦) تصنيف دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالمصادر الأجنبية والعربية تبعًا لتخصصات فريق العمل:

يتضح من الدراسات الأجنبية والعربية لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية والتي بلغت ٢٢١ دراسة وبمشاركة ٩٤٥ باحثًا تعدد تخصصات المشاركين في الأبحاث والتي وصلت إلى ١٢ تخصصًا علميًا خاصة في الدراسات الأجنبية جدول (١١) وشكل (١٣)، وهو ما يدعم التخصصات البينية وقدرتها على تقديم دراسات علمية شاملة عن الموضوعات البحثية من جميع الجوانب للوصول إلى أفضل النتائج العلمية. وقد تبين أن أكثر تخصصات المشاركين في الدراسات الأجنبية هي تخصصات: الجيولوجيا، الهندسة البيئية وعلوم الأرض، الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، هندسة الموارد المائية، الهندسة المدنية، العلوم الهندسية الزراعية، وقد سجلت جميعها نحو ثلاثة أرباع عدد المشاركين بنسبة ٧٣,٥٪. بينما الدراسات العربية كانت ضعيفة مقارنة بالتخصصات الأجنبية في تعدد تخصصات المشاركين وكانت أغلبها في تخصصات الجغرافيا، الهندسة المدنية، علوم الحاسب.



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على جدول (١١)

شكل (١٣) توزيع دراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية وفقًا لتخصصات لفريق العمل بالمصادر الأجنبية والعربية

رابعًا: الاتجاهات البحثية الحديثة في دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالمصادر الأجنبية والعربية خلال الفترة (٢٠١٣ – ٢٠٢٣):

تبين من الدراسة التفصيلية لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالدوريات الأجنبية والعربية المُختارة خلال الفترة (٢٠١٣-٢٠٢٣) تعدد الاتجاهات البحثية للدراسات التي تناولت الموضوع، وبدراسة جدول (١٢) وشكل (١٤) يمكن عرض أهم الاتجاهات البحثية فيما يلي:

(١) النمذجة متعددة المعايير لرسم خرائط المياه الجوفية:

تصـدرت الدراسـات التي اسـتخدمت النمذجة متعددة المعايير لرسـم خرائط المياه الجوفية المصادر المُختارة بأكثر من ربع عدد الدراسات، حيث تناولتها ٦٢ دراسة بنسبة ٢٨,١٪ من إجمالي عدد الدراسـات، مما يشـير إلى قوة هذا الاتجاه البحثي، ومن أهمها: دراسـة (Achu, A. L., et al., 2020) التى اسـتخدمت تحليل القرار متعدد المعايير لتحديد المناطق المحتملة للمياه الجوفية في حوض نهر استوائي باستخدام الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية وعملية التسـلسـل الهرمي التحليلي (AHP)، ودراسـة (Megahed, H. A., et al., 2023) عن تقييم جودة المياه الجوفية باستخدام نمذجة نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير في الأراضي الجافة، واحة الفرافرة، الصحراء الغربية المصـرية، ودراسـة (Kpiebaya, P., et al., 2022) عن التقييم المكاني لإمكانات المياه الجوفية باسـتخدام نظم المعلومات الجغرافية الكمية وتحليل القرار متعدد المعايير (QGIS-AHP) في منطقة ساولا تونا كلباء في غانا. وعلى مستوى الدراسات العربيـة فهنـاك دراسـة (محمـد، حمـدي نبيـه، ٢٠٢٣) حيـث اسـتخدم النمـذجـة الهيدروجيومورفولوجية لتحديد مكامن المياه الجوفية بحوض وادي قصب باستخدام عملية التسلسل الهرمي التحليلي ونظم المعلومات الجغرافية، مصر.

جدول (١٢) توزيع الاتجاهات البحثية لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية في المصادر الأجنبية والعربية (٢٠١٣ – ٢٠٢٣)

منطقة الدراسة	المجلات العلمية												الجملة	
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	Arab		عدد	%
النمذجة متعددة المعايير لرسم خرائط المياه الجوفية	٢	٢	٦	٤	١٠	٧	٥	٤	١٥	٤	٣		٦٢	٢٨,١
النمذجة التنبؤية القائمة على الذكاء الاصطناعي في الكشف عن مكامن المياه الجوفية	٢	٩	٤	٤	١٢	٨	٣	٧	٣	٦	١		٥٩	٢٦,٧
نمذجة الملائمة المكانية لتحديد مكامن المياة الجوفية وطرق إدارتها	١	٠	٦	٠	٠	٢	٤	٣	٠	٠	١٠		٢٦	١١,٨
تطبيق النمذجة الجيو احصائية على المياة الجوفية	٢	١	٣	٠	٠	١	٢	٠	٢	٠	٥		١٦	٧,٢
التحليلات المكانية المختلفة على المياة الجوفية	٠	١	٥	٠	٤	٠	١	٠	٠	١	٣		١٥	٦,٨
النمذجة المكانية القائمة على بيانات الاستشعار من البعد لمراقبة مستجمعات المياة الجوفية	١	٣	٢	٢	١	٢	٠	٠	٢	٠	١		١٤	٦,٣
النمذجة الآلية التكاملية في رصد المخاطر والتقييم للمياة الجوفية	١	١	٠	٠	١	١	٢	١	٠	٣	١		١١	٥
النمذجة المكانية القائمة على الخوارزميات الرياضية	٠	١	٠	١	٠	٠	٣	٠	٢	٠	٤		١١	٥
المحاكاة المكانية والزمانية لمستجمعات المياه الجوفية	٠	١	٠	٠	٠	٠	٢	١	٠	٢	١		٧	٣,٢

إجمالي الأبحاث	٩	١٩	٢٦	١١	٢٨	٢١	٢٢	١٦	٢٤	١٦	٢٩	٢٢١	١٠٠

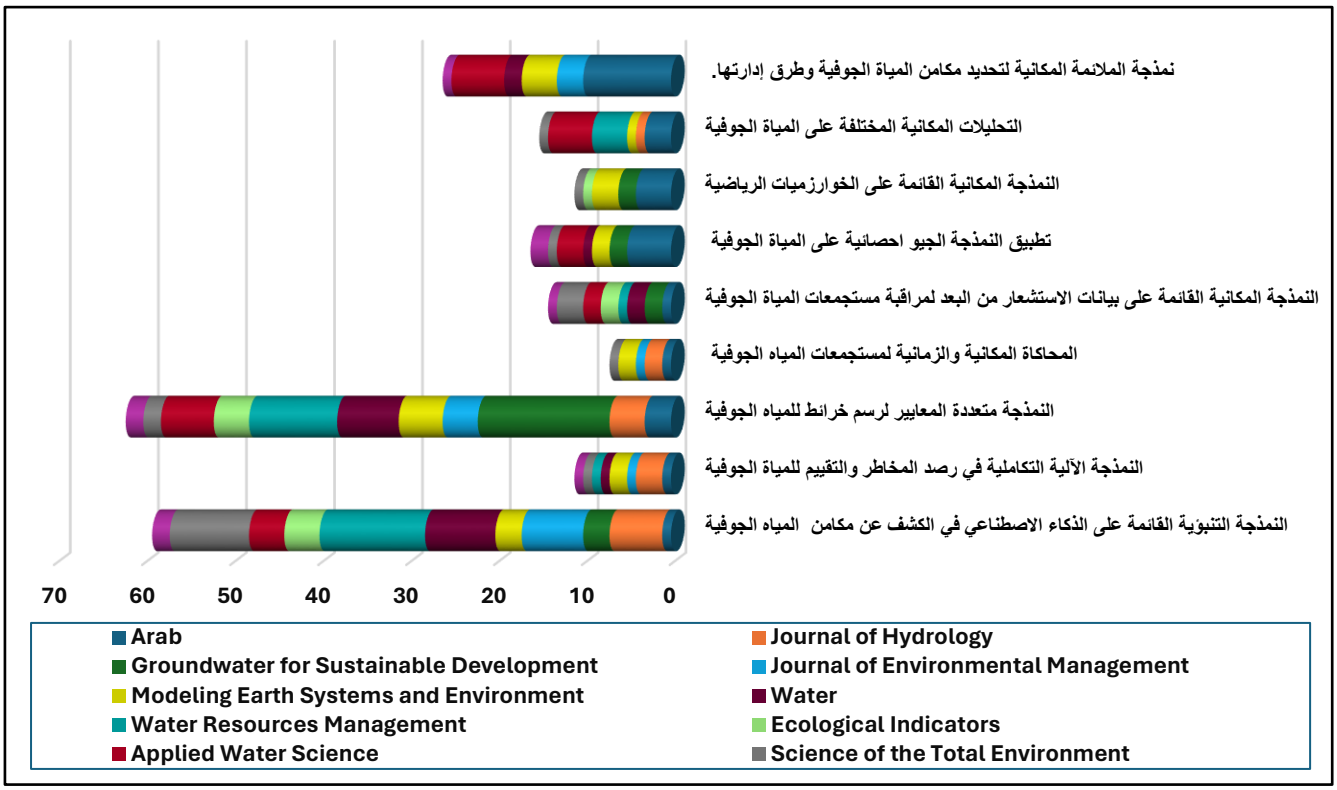
المصدر: إعداد الباحث اعتمادًا على الدراسات الأجنبية والعربية المُختارة

(٢) النمذجة التنبؤية القائمة على الذكاء الاصطناعي في الكشف عن مكامن المياه الجوفية :

تأتي الدراسات التي استخدمت النمذجة التنبؤية القائمة على الذكاء الاصطناعي في الكشف عن مكامن المياه الجوفية في المرتبة الثانية بنحو ربع عدد الدراسات، حيث تناولتها ٥٩ دراسة بنسبة ٢٦,٧٪ من إجمالي عدد الدراسات، مما يشير إلى قوة هذا الاتجاه البحثي أيضًا، ومن أهمها: دراسة (Shandu, I. D., & Atif, I. 2023) عن تكامل النمذجة الجغرافية المكانية وتقنيات التعلم الآلي لرسم خرائط المناطق المحتملة للمياه الجوفية في خليج نيلسون مانديلا، جنوب أفريقيا، ودراسة (Wang, Z., Wang, J., & Han, J. 2022) عن التنبؤ المكاني لإمكانيات المياه الجوفية وتحليل العوامل الدافعة على أساس التعلم العميق والكاشف الجغرافي في حوض وادي جاف بإقليم ووهان، الصين، بينما استخدم (Liu, R., et al., 2022) التنبؤ المكاني لإمكانات المياه الجوفية باستخدام طرق التعلم الآلي مع خوارزميات البحث Sparrow & Gray Wolf. ومن الدراسات العربية دراسة (Al-Aboodi, A. H., et al., 2016) حيث قام بالتنبؤ بمستوى المياه الجوفية في منطقة سفوان-الزبير باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية.

(٣) نمذجة الملائمة المكانية لتحديد مكامن المياة الجوفية وطرق إدارتها :

تأتي الدراســـات التي اســـتخدمت نمذجة الملائمة المكانية لتحديد مكامن المياة الجوفية وطرق إدارتها في المرتبة الثالثة بين المصـادر المُختارة، حيث تناولتها ٢٦ دراسـة بنسبة ١١,٨٪ من إجمالي عدد الدراسـات، ومن أهمها: دراســـة (Haile, M. M., & Abebe, A. K., 2022) عن اســـتخدام نظم المعلومات الجغرافية والتكامل المنطقي الغامض في تقييم مدى ملائمة الأراضـــي للري الســـطحي، مســـتجمع مياه جودر، حوض النيل الأزرق، إثيوبيا، ودراســـة (Pechta, M., & Vasconcelos, V. V., 2022) عن النمذجة المكانية لمؤشـرات اسـتخدام المياه الجوفية في البرازيل، ودراسـة (Itani, N., et al, 2022) عن إعادة تغذية طبقة المياه الجوفية المدارة في الأنظمة الكارســتية: رســم خرائط ملائمة الموقع من خلال اقتران تحليل القرار متعدد المعايير مع الاستشعار من بعد والنمذجة الهيدرولوجية. ومن الدراسات العربية دراسة (جاب الله، محمد، ٢٠١٩) عن اسـتخدام نمذجة نظم المعلومات الجغرافية في تحديد أفضـل الاماكن لاسـتخراج المياه الجوفية بحوض وادي عباد بصحراء مصر الشرقية.



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على جدول (١٢)

شكل (١٤) توزيع الاتجاهات البحثية لدراسات النمذجة المكانية للمياة الجوفية في المصادر الأجنبية والعربية

(٤) تطبيق النمذجة الجيو إحصائية على المياة الجوفية :

تأتي الدراسات التي طبقت النمذجة الجيو إحصائية على المياة الجوفية في المرتبة الرابعة بين المصادر المُختارة، حيث تناولتها ١٦ دراسة بنسبة ٧,٢٪ من إجمالي عدد الدراسات، ومن أهمها: دراسة (McLean, M. I., et al., 2019) عن النمذجة الإحصائية لبيانات رصد تلوث المياه الجوفية: مقارنة بين الطرق المكانية والزمانية، ودراسة (Ahmad, A. Y., et al., 2021) حيث قام بمقارنة طرق الإستيفاء المعتمدة على نظم المعلومات الجغرافية لرسم خرائط جودة المياه الجوفية في دولة قطر، بينما استخدم (Aghamelu, O. P., et al, 2023) نمذجة مدى تعرض المياه الجوفية للتلوث في طبقة المياه الجوفية الصخرية المكسورة في جنوب شرق نيجيريا باستخدام نظرية إنتروبيا المعلومات وأساليب النمذجة الجغرافية المكانية والإحصائية.

(٥) التحليلات المكانية المختلفة على المياة الجوفية :

شغلت الدراسات التي استخدمت التحليلات المكانية المختلفة على المياة الجوفية المرتبة الخامسة بين المصادر المُختارة، حيث تناولتها ١٥ دراسة بنسبة ٦,٨٪ من إجمالي عدد الدراسات، ومن أهمها: دراسة (Gidey. A., et al., 2018) عن نمذجة التوزيع الجغرافي المكاني وتحديد مدى ملائمة جودة المياه الجوفية لأغراض الري باستخدام الطرق الجغرافية المكانية ومؤشر جودة المياه (WQI) في شمال أثيوبيا، ودراسة (Zamani-Ahmadmahmoodi, R., et al., 2023) عن الاتجاه المكاني والزماني لجودة المياه الجوفية فيما يتعلق بالتوازن المائي في الفترة ٢٠٠٧-٢٠١٧: دراسة حالة لمحافظة جهارمحال، إيران. ومن الدراسات العربية دراسة (الجبوري، الجبوري، ٢٠١٩) عن التحليل المكاني لتلوث المياه الجوفية بالعناصر النزرة في محافظة المثنى.

(٦) النمذجة المكانية القائمة على بيانات الاستشعار من البعد لمراقبة مستجمعات المياة الجوفية :

حلت الدراسات التي استخدمت النمذجة المكانية القائمة على بيانات الاستشعار من البعد لمراقبة مستجمعات المياة الجوفية في المرتبة السادسة بين المصادر المُختارة، حيث تناولتها ١٤ دراسة بنسبة ٦,٣٪ من إجمالي عدد الدراسات، ومن أهمها: دراسة (Sahoo, M., et al., 2018) حول إمكانية التنبؤ بمستوى المياه الجوفية في الآبار الضحلة باستخدام عمليات الرصد عبر الأقمار الصناعية، الهند، ودراسة (Rahmati,

(O., & Melesse, A. M., 2016 تطبيق نظرية ديمبستر – شيفر والتحليل المكاني والاستشعار من بعد لإمكانات المياه الجوفية وتحليل التلوث بالنترات في المنطقة شبه القاحلة في خوزستان، إيران، بينما استخدم (Dandge, K. P., & Patil, S. S., 2022) التوزيع المكاني لمؤشر جودة المياه الجوفية باستخدام تقنيات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية، الهند. ومن الدراسات العربية دراسة (الطائي، سلمان، ٢٠٢٢) عن امكانيات تنمية واستمار المياه الجوفية في منطقة باكرمان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والستشعار من بعد.

(٧) النمذجة الآلية التكاملية في رصد المخاطر والتقييم للمياة الجوفية :

شغلت الدراسات التي استخدمت النمذجة الآلية التكاملية في رصد المخاطر والتقييم للمياة الجوفية المرتبة السابعة بين المصادر المُختارة، حيث تناولتها ١١ دراسة بنسبة ٥٪ من إجمالي عدد الدراسات، ومن أهمها: دراسة (El Alfy, (M., et al., 2015 عن خصائص المياه الجوفية وتقييم التلوث باستخدام التحقيقات الهيدروكيميائية المتكاملة ونظم المعلومات الجغرافية والتقنيات الإحصائية الجغرافية متعددة المتغيرات في المناطق القاحلة، ودراسة (Thanh, N. N., et al., 2022) رسم خرائط للمناطق المحتملة للمياه الجوفية في مقاطعة كانشانابوري، تايلاند من خلال دمج عملية التسلسل الهرمي التحليلي، ونسبة التردد، والغابات العشوائية، ودراسة (Bhunia, G. S., et al.,) 2018 عن تقييم نوعية المياه الجوفية ومدى ملائمتها للشرب والري باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والإحصاءات الجيولوجية في المنطقة شبه القاحلة في نيشابور، إيران.

(٨) النمذجة المكانية القائمة على الخوارزميات الرياضية :

جاءت الدراسات التي استخدمت النمذجة المكانية القائمة على الخوارزميات الرياضية في نفس المرتبة السابقة (السابعة) بين المصادر المُختارة، حيث تناولتها ١١ دراسة بنسبة ٥٪ من إجمالي عدد الدراسات، ومن أهمها: دراسة (Abba, S. I., et) al., 2023 رسم خرائط تملح المياه الجوفية والنمذجة باستخدام الخوارزميات الفوقية لطبقة المياه الجوفية الساحلية في شرق المملكة العربية السعودية، ودراسة (Roy, P. K., et al., 2022) نمذجة المنطقة المحتملة للمياه الجوفية باستخدام المنطق الغامض والتكنولوجيا الجغرافية المكانية لجزيرة دلتا ساجار بالهند. ومن الدراسات العربية دراسة (Kamel, M., & Hafez, E. A. F., 2021) التنبؤ بخرائط المياه الجوفية المحتملة

للتنمية المستدامة باستخدام النموذج الإحصائي ثنائي المتغير القائم على نظم المعلومات الجغرافية لمحافظة السويس، مصر.

(٩) المحاكاة المكانية والزمانية لمستجمعات المياه الجوفية:

حلت الدراسات التي استخدمت المحاكاة المكانية والزمانية لمستجمعات المياه الجوفية في المرتبة الأخيرة، بجملة ١١ دراسة وبنسبة ٣,٢٪ من إجمالي عدد الدراسات، ومن أهمها: دراسة (El-Meselhy, A., et al., 2023) النمذجة الهيدروجيولوجية ثلاثية الأبعاد وتصور نظام طبقة المياه الجوفية بناءً على بيانات البئر لاختيار موقع البئر الأمثل: دراسة حالة في العوينات، مصر، ودراسة (Liu, Qi., et al., 2023) عن محاكاة مستويات المياه الجوفية الإقليمية في المناطق القاحلة باستخدام نماذج التعلم الآلي القابلة للتفسير بالولايات المتحدة الأمريكية. ومن الدراسات العربية دراسة (Mnati, M. A., 2023) محاكاة التفاعل بين المياه الجوفية والمياه السطحية في منطقة صفوان جنوب العراق.

خامسًا: الاتجاهات المنهجية والأساليب البحثية في دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالمصادر الأجنبية والعربية:

تتضمن أهداف الدراسة التعرف عن الاتجاهات المنهجية وأساليب النمذجة المكانية المُستخدمة في دراسات المياه الجوفية خلال الفترة (٢٠١٣-٢٠٢٣) والكشف عن اشكالياتها وأهدافها وطرق جمعها وعرضها للبيانات وأهم النتائج التي توصلت إليها من خلال الدراسات التي تناولتها في المصادر الأجنبية والعربية كما يلي:

(١) الاتجاهات المنهجية:

كشف تحليل الدراسات الأجنبية بالدوريات المُختارة بالدراسة عن تباين مناهج البحث المتبعة في دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية، حيث ترتكز الدراسات بالاساس على تحديد إجراءات الدراسة ومعالجة اليانات من خلال تحديد الأسلوب Techniqe والطريقة Method والأداه التحليلية Analytic Tools وطبيعة الدمج بينها، كما تبين وجود أكثر من منهج رئيسي في هذه الدراسات، ولعل أهمها: منهج تحليل النظم System Analysis اعتمادًا على الاساليب التحليلية المكانية والتكاملية والاساليب الرياضية والإحصائية، المنهج الاستقرائي Inductive Approach الذي يبدأ من الجزئيات لينتهي إلى الكليات، المنهج التجريبي من خلال إجراء العديد من

التجارب المختلفة على النماذج المكانية لتحقيق أهدافها، المنهج المقارن من خلال المقارنة بين النماذج المكانية ودمج بعضها للوصول لأفضل النماذج، المنهج الرياضي المستخدم في النماذج الرياضية بأماكن تواجد المياه الجوفية، بالإضافة إلى بعض المناهج الأخرى المساعدة في بعض الدراسات.

ويمكن القول أنه من خلال حصر دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالدوريات الأجنبية المختارة تبين أن غالبيتها تعتمد على عرض منهجيتها وإطارها من خلال مخطط انسيابي Flow Chart يوضح خطوات ومراحل العمل ومصادر ونوعية البيانات، والتقنيات المستخدمة في إعداد ومعالجة البيانات الإحصائية والمكانية وإعداد واخراج الخرائط.

بينما على مستوي الدراسات العربية كانت المناهج أقل وتباينها كان محدودًا، حيث ركزت معظمها على المنهج التحليلي اعتمادًا على أساليب التحليل المكاني المختلفة داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية، بالإضافة إلى المنهج الاستقرائي، المنهج التاريخي، بينما الدراسات التي اعتمدت على المنهج التجريبي، المنهج الرياضي، المنهج المقارن، كانت قليلة مقارنة بالدراسات الأجنبية.

(٢) الاشكاليات البحثية:

يتضمن تحليل الاتجاهات الحديثة لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية خلال (٢٠١٣-٢٠٢٣) تحديد اشكالياتها البحثية، حيث تقف العديد من العوامل وراء ما يطرح من قضايا واشكاليات بحثية في دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية على مستوى الدراسات الأجنبية والعربية المختارة، وفيما يلي عرض لأهم هذه الاشكاليات البحثية:

تحديد أماكن تواجد المياه الجوفية: تعد أمكانية تحديد أماكن المياه الجوفية والتنبؤ بمستوى المياه بها ورسم خرائط لهذه الأماكن من أهم الأشكاليات البحثية التي تناولتها الدراسات المُختارة، لذلك حاولت بناء نماذج مكانية باستخدام التقنيات الاحصائية والخوارزمية لتحديد أماكن تواجد المياه الجوفية وتحديد مستوى الماء بها، ومن بين هذه الدراسات: دراسة (Achu, A. L., et al., 2020) التى استخدمت تحليل القرار متعدد المعايير لتحديد المناطق المحتملة للمياه الجوفية في حوض نهر استوائي باستخدام الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية وعملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP)، دراسة (Shandu, I. D., & Atif, I., 2023) عن تكامل النمذجة الجغرافية المكانية وتقنيات التعلم الآلي لرسم خرائط المناطق المحتملة للمياه الجوفية في خليج نيلسون مانديلا بجنوب أفريقيا، دراسة (Sahoo, M., et al., 2018) حول إمكانية

التنبؤ بمستوى المياه الجوفية في الآبار الضحلة باستخدام عمليات الرصد عبر الأقمار الصناعية بالهند، ودراسة (Thanh, N. N., et al., 2022) رسم خرائط للمناطق المحتملة للمياه الجوفية في مقاطعة كانشانابوري، تايلاند من خلال دمج عملية التسلسل الهرمي التحليلي، ونسبة التردد، والغابات العشوائية. ومن أهم الدراسات العربية التي تناولت هذه الاشكالية دراسة (محمد، حمدي نبيه، ٢٠٢٣) حيث استخدم النمذجة الهيدروجيومورفولوجية لتحديد مكامن المياه الجوفية بحوض وادي قصب باستخدام عملية التسلسل الهرمي التحليلي ونظم المعلومات الجغرافية، مصر.دراسة (جاب الله، محمد، ٢٠١٩) عن استخدام نمذجة نظم المعلومات الجغرافية في تحديد أفضل الاماكن لاستخراج المياه الجوفية بحوض وادي عباد بصحراء مصر الشرقية.

مخاطر تلوث المياه الجوفية: تعد من أبرز الأشكاليات البحثية التي تناولتها الدراسات المُختارة، حيث استخدمت النماذج المكانية والزمنية والجيوإحصائية للتنبؤ بمستويات تلوث المياه الجوفية، ومن بين هذه الدراسات: دراسة (McLean, M. I., et al., 2019) عن النمذجة الإحصائية لبيانات رصد تلوث المياه الجوفية: مقارنة بين الطرق المكانية والزمانية، ودراسة (Aghamelu, O. P., et al, 2023) نمذجة مدى تعرض المياه الجوفية للتلوث في طبقة المياه الجوفية الصخرية المكسورة في جنوب شرق نيجيريا باستخدام نظرية إنتروبيا المعلومات وأساليب النمذجة الجغرافية المكانية والإحصائية، ودراسة (Barzegar, B., et al., 2018) عن رسم خرائط لمخاطر تلوث المياه الجوفية المتعددة باستخدام مجموعة متعددة النماذج من خوارزميات التعلم الآلي بإيران، ومن أهم الدراسات العربية التي تناولت هذه الاشكالية دراسة (الجبوري، الجبوري، ٢٠١٩) عن التحليل المكاني لتلوث المياه الجوفية بالعناصر النزرة في محافظة المثنى.

صلاحية المياه الجوفية للاستخدامات البشرية: تعد من الأشكاليات البحثية الهامة التي تناولتها الدراسات المُختارة، وذلك عن طريق النماذج المكانية وإجراء التجارب بناءا على الخوارزميات الرياضية والجيوإحصائية وخوارزميات الذكاء الاصطناعي، ومن بين هذه الدراسات: دراسة (Mallik, S., et al., 2021) تحليل صلاحية المياه الجوفية للشرب باستخدام المنطق الضبابي القائم على نظم المعلومات الجغرافية بالهند، دراسة (Gidey. A., et al., 2018) عن نمذجة التوزيع الجغرافي المكاني وتحديد مدى ملائمة جودة المياه الجوفية لأغراض الري باستخدام الطرق الجغرافية المكانية ومؤشر جودة المياه (WQI) في شمال أثيوبيا، ودراسة (Bhunia, G. S., et al., 2018) عن تقييم نوعية المياه الجوفية ومدى ملائمتها للشرب والري باستخدام تقنيات نظم

المعلومات الجغرافية والإحصـــاءات الجيولوجية في المنطقة شـــبه القاحلة في نيشـــابور، إيران، ودراسـة (Mohammed, M. A., et al., 2023) عن نمذجة مؤشـر جودة المياه الجوفية باستخدام الذكاء الأصطناعي شمال الخرطوم، السودان.

إدارة المياه الجوفية للتنمية المســـتدامة: من الأشـــكاليات البحثية التي تناولتها الدراسات المُختارة، ومنها: دراسة (Kalhor, K., & Emaminejad, N., 2019) عن التنمية المسـتدامة في المدن: دراسـة العلاقة بين منسـوب المياه الجوفية والتحضـر باستخدام بيانات الاستشعار من بعد، ودراسة (Keesari, T., Ramakumar, K. L., 2016) فهم السلوك الهيدروكيميائي للمياه الجوفية ومدى ملائمتها لأغراض الشرب والزراعة في منطقة بونديشـيري، جنوب الهند، خطوة نحو التنمية المسـتدامة. ومن أهم الدراسات العربية التي تناولت هذه الاشكالية دراسة (Al-Aboodi, A. H., et al., 2013) الإدارة المثلى للمياه الجوفية في منطقة الطيب، محافظة ميســـان، العراق، باستخدام تقنية الخوارزمية الجينية، ودراسة (Kamel, M., & Hafez, E. A. F., 2021) التنبؤ بخرائط المياه الجوفية المحتملة للتنمية المســـتدامة باســـتخدام النموذج الإحصـائي ثنائي المتغير القائم على نظم المعلومات الجغرافية لمحافظة السويس، مصـر، دراسـة (الطائي، سـلمان، ٢٠٢٢) عن امكانيات تنمية واسـتمار المياه الجوفية في منطقة باكرمان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والستشعار من بعد.

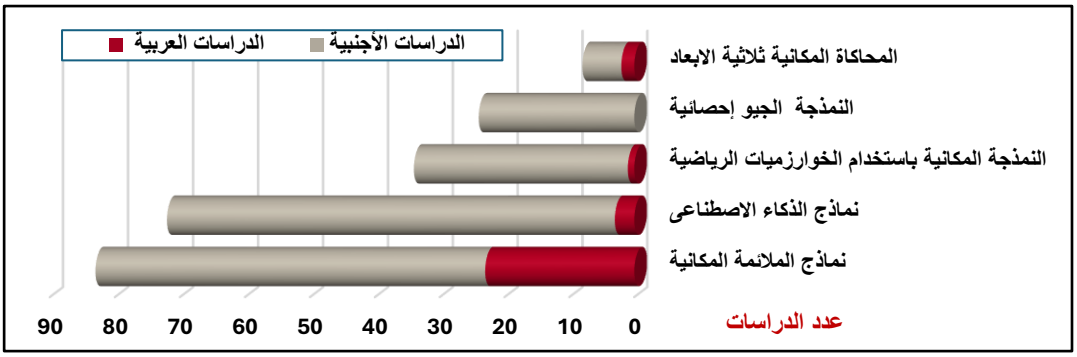
(٣) الأساليب البحثية:

مع التزايد السـريع للرقمنة وقدرات الحواسـب الآلية والخوارزميات التي تسـمح بمعالجة كميات كبيرة من البيانات، تحاول الدراسـات التي تتناول المياه الجوفية اسـتخدام أساليب ونماذج مكانية نظرية ورياضية للوصول إلى أفضل النتائج العلمية لدعم متخذي القرار، وتقدم هذه الدراسة مراجعة شاملة لمستجدات الاساليب والنماذج المستخدمة في دراســـات المياه الجوفية والتطورات الحديثة في خوارزميات التعلم الآلي المطبقة في النمذجة المكانية للمياه الجوفية واتجاهات البحث المستقبلية، ويوضح جدول(١٣) وشكل (١٥) أهم هذه الاساليب والنماذج المكانية:

جدول (١٣) التوزيع العددي والنسبي لاتجاهات أساليب النمذجة المكانية للمياة الجوفية (٢٠١٣ – ٢٠٢٣)

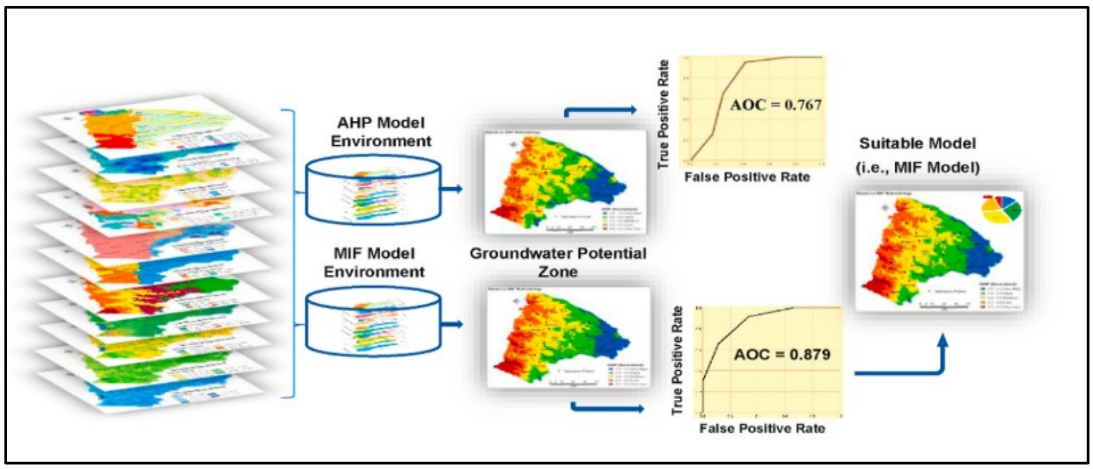
النماذج	الأساليب	الدراسات الأجنبية	الدراسات العربية	الاجمالى	
				عدد	%
نماذج الملائمة المكانية	تحليل القرار متعدد المعايير MCDA	٣٠	٥	٣٥	١٥,٨
	نموذج المربعات الصغرى المكانية	٢	٠	٢	٠,٩
	نموذج التحليل الهرمي AHP	١٦	١	١٧	٧,٧
	Site selection	٢	١٧	١٩	٨,٦
	نموذج TOPSIS	١	٠	١	٠,٥
	نموذج Fuzzy-AHP	٩	٠	٩	٤,١
	الإجمالي	٦٠	٢٣	٨٣	٣٧,٦
نماذج الذكاء الاصطناعى	الشبكات العصبية الإصطناعية ANN	١٢	٣	١٥	٦,٨
	التعلم العميق DL	١٠	٠	١٠	٤,٥
	التعلم الآلي ML	٣٠	٠	٣٠	١٣,٦
	الشبكات التلافقية	٢	٠	٢	٠,٩
	نمذجة الآت المتجهات الداعمةSVMs	٣	٠	٣	١,٤
	النمذجة الهجينية للغابات العشوائية	٨	٠	٨	٣,٦
	نموذج شجرة القرار	٢	٠	٢	٠,٩
	نموذج بايز	٢	٠	٢	٠,٩
	الإجمالي	٦٩	٣	٧٢	٣٢,٦
النمذجة المكانية باستخدام الخوارزميات الرياضية	أسلوب المنطق الضبابى	١٠	٠	١٠	٤,٥
	نموذج شانون Shannon Entropy	٤	١	٥	٢,٣
	نموذج نسبة التكرار FR	٤	٠	٤	١,٨
	SVM	٢	٠	٢	٠,٩
	النموذج السحابى	٢	٠	٢	٠,٩
	نموذج DRASTIC	٦	٠	٦	٢,٧
	الخوارزميات التطورية	٢	٠	٢	٠,٩
	أسلوب عدم اليقين المكاني	٣	٠	٣	١,٤
	الإجمالي	٣٣	١	٣٤	١٥,٤
النمذجة الجيو إحصائية	الانحدار الموزون GWR	٤	٠	٤	١,٨
	النموذج الاحصائى ثنائى المتغير	٥	٠	٥	٢,٣
	الاستيفاء المكانى	٧	٠	٧	٣,٢
	الانحدار اللوجستى المكانى SLR	٣	٠	٣	١,٤
	نموذج الانحدار الخطى	٥	٠	٥	٢,٣
	الإجمالي	٢٤	٠	٢٤	١٠,٩
النمذجة المكانية باستخدام المحاكاة ثلاثية الابعاد	أسلوب المحاكاة المكانية 3D	٦	٢	٨	٣,٦
الإجمالي العام		١٩٢	٢٩	٢٢١	١٠٠

المصدر: إعداد الباحث اعتمادًا على الدراسات الأجنبية والعربية المُختارة



المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على جدول (١٣)

شكل (١٥) التوزيع العددي لاتجاهات أساليب النمذجة المكانية للمياة الجوفية



المصدر: (Goswami, T., & Ghosal, S., 2022)

شكل (١٦) ترسيم مناطق المياه الجوفية اعتمادًا على اسلوب اتخاذ القرار متعدد المعايير (MCDM)

نماذج الملائمة المكانية: تقوم الملائمة المكانية على جمع البيانات الجغرافية لاتخاذ القرارات، ويوفر هذا الاسلوب مجموعة غنية من التقنيات والإجراءات لهيكلة مشاكل القرار وتقييم وتصميم وتحديد أولويات القرارات البديلة، وقد بلغ عدد دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية في المجلات المُختارة التي تناولت أساليب نمذجة الملائمة المكانية ٨٣ دراسة بنسبة ٣٧,٦٪ من إجمالي عدد الدراسات، ومنها: دراسة (Goswami, T., & Ghosal, S., 2022) حيث استخدمت اسلوب اتخاذ القرار متعدد المعايير (MCDM) وعملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) وتحليل العوامل المؤثرة المتعددة (MIF) في ترسيم مناطق المياه الجوفية المحتملة بمنطقة بانكورا بالهند شكل (١٦)،

ودراسة (Bourjila, A., et al., 2021) استخدمت تحليل القرار متعدد المعايير (MCDA) في ترجيح المناطق المحتملة للمياه الجوفية أعتمادًا على أهميتها النسبية باستخدام مصفوفة المقارنة الزوجية لعملية التسلسل التحليلي الهرمي (AHP) القائم على المعلومات الجيومكانية، ودراسة (Mukherjee, I., et al., 2022) قامت بتقييم جودة المياه الجوفية لإمدادات مياه الري باستخدام تقنيات اتخاذ القرار متعدد المعايير (MCDM) ونظم المعلومات الجغرافية في منطقة إقتصادية زراعية في حوض نهر الجانج السفلي بالهند، ومن الدراسات العربية دراسة (محمد، حمدي نبيه، ٢٠٢٣) حيث استخدم التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) القائم على نظم المعلومات الجغرافية لتحديد مكامن المياه الجوفية بحوض وادي قصب، مصر.

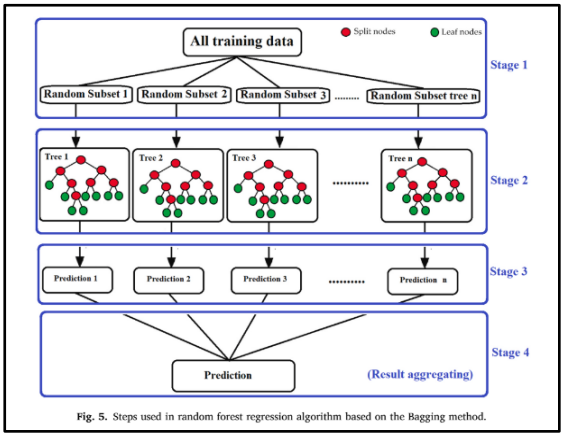


Fig. 5. Steps used in random forest regression algorithm based on the Bagging method.

المصدر: (Sabzehee, F., et al., 2023)

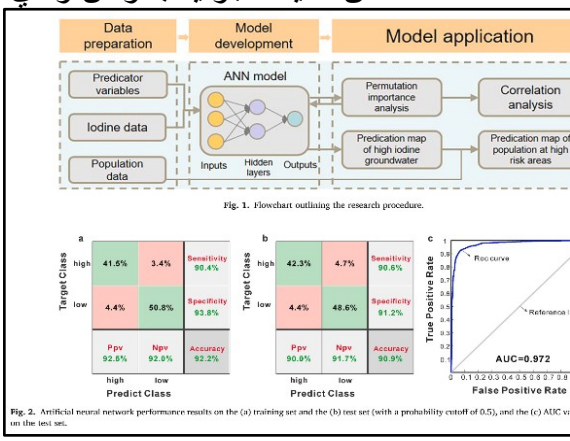


Fig. 1. Flowchart outlining the research procedure.

Fig. 2. Artificial neural network performance results on the (a) training set and the (b) test set (with a probability cutoff of 0.5), and the (c) AUC v on the test set.

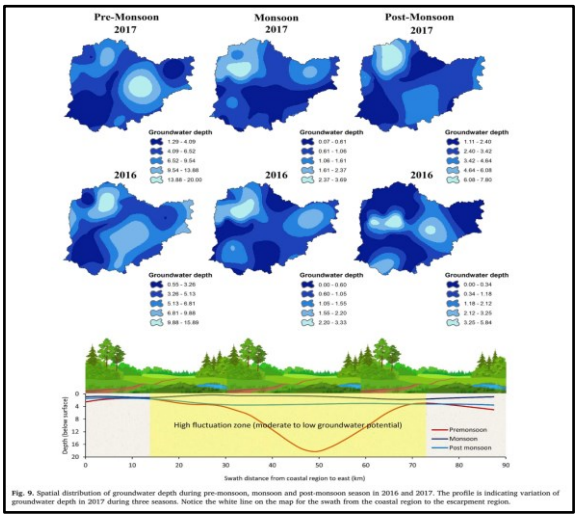
(Liu, H., et al., 2022)

شكل (١٨) استخدام نماذج متعددة من أساليب الذكاء الاصطناعي

١٧) نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN)

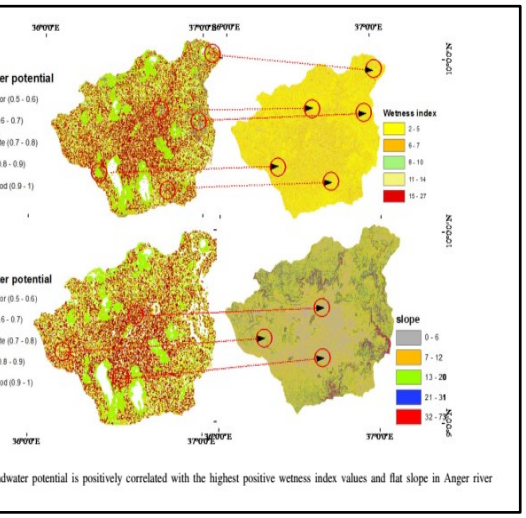
- **نماذج وأساليب الذكاء الاصطناعي:** يعرف الذكاء الاصطناعي الجغرافي بانه مجموعة من خوارزميات برمجية مستقلة أو متكاملة مع بيئة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد تعتمد على مجموعة بيانات يمكن من خلالها التوصل إلى قرار دون الحاجة إلى التدخل البشري في عملية صنع القرار بل تعمل بمفردها على إتخاذ القرار (عجرمة وشكري، ٢٠٢٢)، ويتجلى تطبيق أساليب الذكاء الاصطناعي في المحاكاة والتنبؤ الصحيح بديناميكية الظاهرة الجغرافية، حيث يمكن أن تسهم في تحسين دقة التنبؤ بحجم التطور في الظاهرة وتوجيهاتها بشكل أدق مع الأخذ في الاعتبار كل الاحتمالات الممكنة من خلال تعلم الآلة من المواقف المتكررة والتجارب معها، وقد بلغ عدد دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية في المجلات المُختارة التي تناولت نماذج وأساليب الذكاء الاصطناعي ٧٢ دراسة بنسبة ٣٢,٦٪ من إجمالي عدد الدراسات، شكلت أساليب التعلم الآلي (ML) والتعلم العميق (DL) والشبكات العصبية الإصطناعية (ANN) وحدها ٥٢ دراسة بنسبة ٧٢,٢٪ من دراسات هذا النوع، ومنها: دراسة (Liu, H., et al., 2022) حيث قامت بتطوير نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN) لتقييم جدواها في التنبؤ بمستويات اليود المرتفعة في المياه الجوفية بالصين

شكل (١٧)، ودراسة (Namous, M., et al., 2021) حيث استخدمت تقنيات النمذجة المكانية ونماذج التعلم الآلي (ML) والغابة العشوائية (LR) وشجرة القرار (LR) والشبكة العصبية الاصطناعية (ANN) في رسم خرائط المياه الجوفية المحتملة (GWPZ) في المناطق الجبلية شبه القاحلة والكارستية الكبيرة بالمغرب، ودراسة (Sabzehee, F., et al., 2023) وفيها تم معالجة الدقة الضعيفة لبيانات (GRACE) من خلال استخدام تقنيات التعليم الآلي (ML) والغابة العشوائية (RF) ودعم انحدار المتجهات (SVR) والإدراك الحسي متعدد الطبقات (MLP) للتنبؤ بشذوذ تخزين المياه الجوفية بمستجمع اورميا بإيران شكل (١٨)، ومن الدراسات العربية دراسة (Al-Aboodi, A. H., et al., 2016) حيث استخدمت الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) للتنبؤ بمستوى المياه الجوفية في منطقة صفوان – الزبير، العراق.



المصدر: (Sabzehee, F., et al., 2023)

شكل (١٩) استخدام مناهج متعددة لرسم خرائط المياه الجوفية

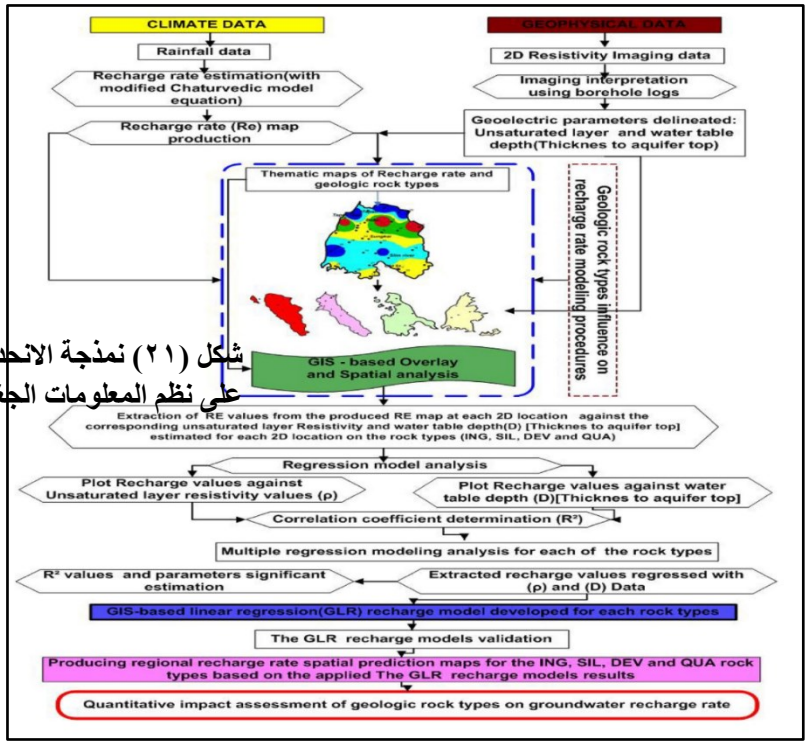


المصدر: (Teshome, A., et al., 2021)

شكل (٢٠) تقدير تلوث المياه الجوفية باستخدام المنطق

- **النمذجة المكانية باستخدام الخوارزميات الرياضية:** هي مجموعة من التقنيات الحاسوبية والإحصائية التي تستخدم لإنشاء نماذج تتنبأ بالسلوك أو النمط المتوقع في بيانات معينة، والتنبؤات الناتجة عن هذه النماذج يمكن استخدامها في مختلف المجالات، وقد بلغ عدد دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية في المجلات المُختارة التي تناولت الخوارزميات الرياضية ٣٤ دراسة بنسبة ١٥,٤٪ من إجمالي عدد الدراسات، ومنها: دراسة (Das, S., 2019) حيث استخدمت ثلاث مناهج لصنع القرار وهي: العوامل المؤثرة (IF) ونسبة التكرار (FR) وتقنيات عملية التسلسل التحليلي الهرمي (AHP) وإجراء المقارنة بين نتائجها لرسم خرائط امكانيات المياه الجوفية في حوض فايتارنا بالهند شكل (١٩)، ودراسة

(Teshome, A., et al., 2021) حيث قامت نموذج مكاني باستخدام منهج المنطق الضبابي المتكامل (Fuzzy Logic) مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لترسيم مناطق المياه الجوفية المحتملة (GPZ) في حوض نهر الغضب بأثيوبيا شكل (٢٠)، ودراسة (Aghamelu, O. P., et al., 2021) حيث دمجت نظرية انتروبيا المعلومات ومؤشر تلوث المياه الجوفية(PIG) والمؤشر العام للتلوث (OIP) لإنشاء خريطة مركبة لتقسيم مياه الشرب بجنوب شرق نيجيريا، ومن الدراسات العربية دراسة (Kamel, M., & Hafez, E. A. F., 2021) حيث قامت باستخدام معدل التنبو- التكرار النسبي ونموذج شانون إنتروبيا للتنبؤ بخرائط المياه الجوفية المحتملة للتنمية المستدامة بمحافظة السويس، مصر.



شكل (٢١) نمذجة الانحدار الخطي القائم على نظم المعلومات الجغرافية

المصدر: (Mogaji, K. A., et al., 2020)

- **النمذجة الجيوإحصائية:** هي طريقة لتحليل البيانات وتفسيرها عن طريق وضع افتراضيات وتبسيط البيانات لفهم الانماط والعلاقات والاتجاهات، تُستخدم فيها التقنيات الرياضية والاساليب الاحصائية لانشاء نموذج يمكن استخدامه للتنبؤات أو القرارات، وقد بلغ عدد دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية في المجلات المُختارة التي تناولت النمذجة الجيوإحصائية ٢٤ دراسة بنسبة ١٠,٩٪ من إجمالي عدد الدراسات، ومنها: دراسة (Aduojo, A. A., et al., 2020) حيث استخدمت تحليل الانحدار الخطي المتعدد

(MLR) للبيانات الكهرومغناطيسية في نمذجة إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) للمياه الجوفية بولاية لاجوس الأمريكية، ودراسة (Mogaji, K. A., et al., 2020) حيث تم تطبيق تقنية نمذجة الانحدار الخطي القائم على نظم المعلومات الجغرافية لتقييم تأثير أنواع الصخور الجيولوجية على تغذية المياه الجوفية وآثارها الهيدرولوجية بماليزيا ، شكل (٢١)، ودراسة (Ahmad, A. Y., et al., 021) حيث قارنت طرق الاستيفاء المعتمدة على نظم المعلومات الجغرافية لرسم خرائط نوعية المياه الجوفية بدولة قطر.

- **النمذجة المكانية باستخدام المحاكاه ثلاثية الابعاد:** هي أقل أنواع النماذج المستخدمة في دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية في المجلات المُختارة حيث بلغ عددها ٨ دراسات بنسبة ٣,٦٪ من إجمالي عدد الدراسات، ومنها: دراسة (Liu, Q., et al., 2022) حيث تم استخدام أساليب التعلم الآلي (ML) والتعلم العميق (DL) والغابة العشوائية (RF) والشبكة العصبية التلافيفية والذاكرة طويلة المدى والشبكة المتكررة لمحاكاة مستويات المياه الجوفية في هوض نهر تاريم، ودراسة (El-Meselhy, A., et al., 2023) حيث استخدمت النمذجة الهيدروجيولوجية ثلاثية الأبعاد وتصور نظام طبقة المياه الجوفية بناءًا على بيانات البئر لاختيار موقع البئر الأمثل بالعوينات مصر، شكل (٢٢)، ومن الدراسات العربية دراسة (Mnati, M. A., et al., 2023) حيث قامت بمحاكاة التفاعل بين المياه الجوفية والمياه السطحية في منطقة صفوان – الزبير، العراق.

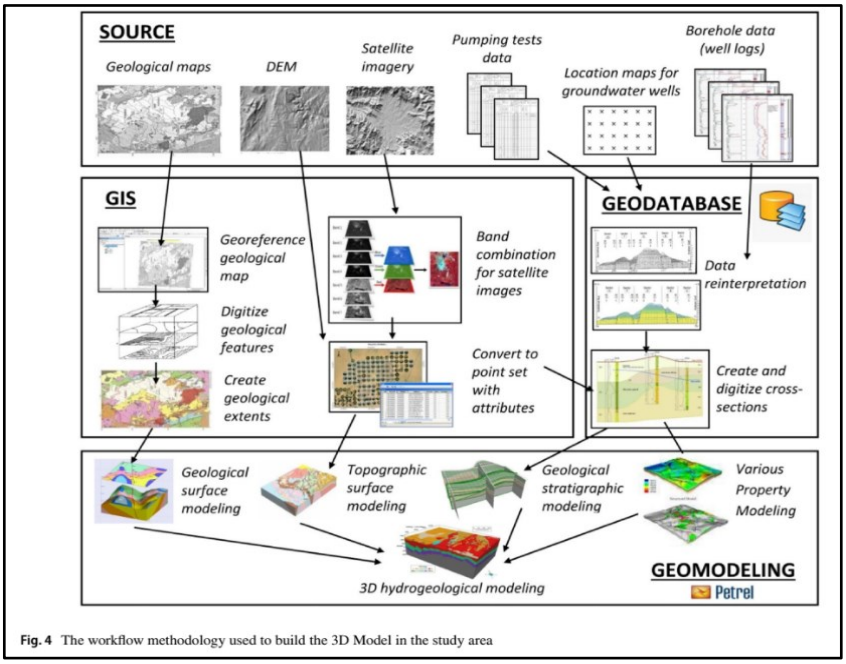


Fig. 4 The workflow methodology used to build the 3D Model in the study area

المصدر: (El-Meselhy, A., et al., 2023)

شكل (٢٢) منهجية سير العمل المستخدمة لبناء النموذج ثلاثي الأبعاد

سادسًا: خاتمة الدراسة:

خلصت الدراسة إلى مجموعة من النتائج والتوصيات التي قد تفيد دارسي النمذجة المكانية للمياه الجوفية، وذلك فيما يلي:

نتائج الدراسة:

- بلغ إجمالي عدد الأوراق البحثية لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالمصادر الأجنبية ١٣٩٦٦ ورقة بحثية، أحتلت العلوم البيئية المرتبة الأولى بنسبة ٦٢,٨٪ من إجمالي الأوراق البحثية، تليها العلوم الجيولوجية متعددة التخصصات بنسبة بلغت ١٣,٩٪، ثم الأستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية بنسبة بلغت ٧,٩٪، حيث تشكل هذه التخصصات الثلاثة مجتمعة نحو ٨٤,٦٪ من إجمالي الأوراق البحثية.
- بلغ إجمالي عدد الأوراق البحثية لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالمصادر العربية ٤٥ ورقة بحثية، أحتلت الجغرافيا الطبيعية المرتبة الأولى بنسبة بلغت ٥٥,٦٪ من إجمالي الأوراق البحثية، يليها الاستشعار من بعد بنسبة بلغت ٢٤,٤٪ من إجمالي عدد الأوراق البحثية، ثم العلوم البيئية بنسبة بلغت ١٣,٣٪، وفي المرتبة الأخيرة جاءت الدراسات الزراعية بنسبة ٦,٧٪.
- يشير تحليل منحنى الأنتاج العلمي للأوراق البحثية لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية خلال الفترة (٢٠١٣ – ٢٠٢٣) إلى زيادة واضحة خلال جميع فترات الدراسة في الميادين البحثية المختلفة في كافة الدوريات الأجنبية والمصادر العربية، حيث يلاحظ تصاعد المنحنى من ٣٢٤٢ دراسة في الفترة الزمنية الأولى (٢٠١٣ – ٢٠١٦) إلى ٤٦٣٣ دراسة في الفترة (٢٠١٧ – ٢٠٢٠) وصولاً إلى ٦١٣٦ دراسة في الفترة (٢٠٢١ – ٢٠٢٣).
- بلغ إجمالي عدد الدراسات التي اعتمد عليها الباحث في دراسة الاتجاهات الحديثة للنمذجة المكانية للمياه الجوفية خلال الفترة (٢٠١٣-٢٠٢٣) ٢٢١ دراسة، منها ١٩٢ دراسة بالدوريات الأجنبية المُختارة بنسبة ٨٦,٩٪ من إجمالي الدراسات، بجانب (٢٩) دراسة في المصادر العربية بنسبة ١٣,١٪.
- تطورت دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية بالمصادر الأجنبية والعربية المُختارة خلال الفترة (٢٠١٣-٢٠٢٣) حيث ارتفعت من ٢٦ دراسة إلى ٢٢١ دراسة خلال تلك الفترة بزيادة قدرها ٨٥٠٪، وقد بلغ المتوسط السنوي ٢٠,١٪ دراسة/العام خلال تلك الفترة.
- يلاحظ من التوزيع الجغرافي للأوراق البحثية بالدوريات الأجنبية والعربية المُختارة خلال الفترة (٢٠١٣-٢٠٢٣)، انتشار دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية على مستوى ٤٣ دولة، تأتي قارة آسيا في المقدمة بنحو ٧١٪ منها، تليها قارة أفريقيا بنسبة ١٥,٨٪، ثم قارة أوربا في المرتبة بنسبة ٦,٨٪، وقد بلغ متوسط دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية خلال فترة الدراسة (٥,١ دراسة/دولة)، وحققت ثماني دول زيادة عن هذا المتوسط وهي على

الترتيب: الهند، إيران، العراق، الصين، مصر، السعودية، الجزائر، الولايات المتحدة الأمريكية.

- يتضح من دراسة أعداد الباحثين المشاركين في دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية التي تم حصرها من الدوريات الأجنبية والعربية المُختارة انتشار فكرة العمل الجماعي بشكل واضح خاصة في الدراسات الأجنبية منها عن الدراسات العربية، وبلغ إجمالي عدد الباحثين المشاركين ٩٤٥ باحثًا في ٢٢١ دراسة، وقد بلغ المتوسط السنوي لإجمالي المشاركين بالدراسات الأجنبية والعربية ٤,٣ باحث / دراسة، وبلغ المتوسط بالدراسات الأجنبية ٤,٦ باحث / دراسة، بينما الدراسات العربية ٢,٣ باحث / دراسة.
- يتضح من الدراسات الأجنبية والعربية لدراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية والتي بلغت ٢٢١ دراسة وبمشاركة ٩٤٥ باحثًا تعدد تخصصات المشاركين في الأبحاث والتي وصلت إلى ١٢ تخصصًا علميًا خاصة في الدراسات الأجنبية، بينما الدراسات العربية كانت ضعيفة مقارنة بالتخصصات الأجنبية في تعدد تخصصات المشاركين.
- تنوعت الاتجاهات البحثية للدراسات التي تناولت النمذجة المكانية للمياه الجوفية على مستوي الدوريات الأجنبية والعربية، والتي أهمها: النمذجة متعددة المعايير لرسم خرائط المياه الجوفية (٢٨,١٪)، النمذجة التنبؤية القائمة على الذكاء الاصطناعي في الكشف عن مكامن المياه الجوفية (٢٦,٧٪)، نمذجة الملائمة المكانية لتحديد مكامن المياة الجوفية وطرق إدارتها (١١,٨٪)، تطبيق النمذجة الجيو احصائية على المياة الجوفية (٧,٢٪)، التحليلات المكانية المختلفة على المياة الجوفية (٦,٨٪)، النمذجة المكانية القائمة على بيانات الاستشعار من البعد لمراقبة مستجمعات المياة الجوفية (٦,٣٪)، النمذجة الآلية التكاملية في رصد المخاطر والتقييم للمياة الجوفية (٥٪)، النمذجة المكانية القائمة على الخوارزميات الرياضية (٥٪)، المحاكاة المكانية والزمانية لمستجمعات المياه الجوفية (٣,٢).
- تبين من تحليل الدراسات الأجنبية بالدوريات المُختارة بالدراسة تعدد مناهج البحث المستخدمة في دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية، ولعل أهمها: منهج تحليل النظم System Analysis، المنهج الاستقرائي Inductive Approach، المنهج التجريبي، المنهج المقارن، المنهج الرياضي، بالإضافة إلى بعض المناهج الأخرى المساعدة في بعض الدراسات.
- تتعدد القضايا والاشكاليات بحثية في دراسات النمذجة المكانية للمياه الجوفية على مستوى الدراسات الأجنبية والعربية المختارة، وأهم هذه الاشكاليات: تحديد أماكن تواجد المياه الجوفية، مخاطر تلوث المياه الجوفية، صلاحية المياه الجوفية للاستخدامات البشرية، إدارة المياه الجوفية للتنمية المستدامة.
- تنوعت الأساليب والنماذج المكانية التي اعتمدت عليها الدراسات المُختارة، وتم تصنيفها حسب طريقة البناء إلى مجموعة من النماذج المكانية أهمها: نماذج الملائمة المكانية (٣٧,٦٪)، نماذج وأساليب الذكاء الاصطناعي (٣٢,٦٪)، النمذجة المكانية باستخدام الخوارزميات

الرياضية (١٥,٤٪)، النمذجة الجيوإحصائية (١٠,٩٪)، النمذجة المكانية باستخدام المحاكاه ثلاثية الابعاد (٣,٦٪).

توصيات الدراسة:

- توجيه الدراسات العلمية في الجامعات نحو دراسة نمذجة المياه الجوفية باستخدام الأساليب والنماذج المكانية المتنوعة اعتمادًا على خوارزميات الذكاء الاصطناعي، وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد.
- توسيع نطاق فكرة العمل الجماعي في دراسة نمذجة المياه الجوفية، مما يدعم الاستفادة العلمية وتقديم أفكار مختلفة في الدراسات الجغرافية، خاصة الدراسات العربية التي تعاني من ضعف فكرة العمل الجماعي.
- ضرورة تعدد تخصصات المشاركين في الأبحاث العربية، مما يدعم التخصصات البينية وقدرتها على تقديم دراسات علمية شاملة عن الموضوعات البحثية من جميع الجوانب للوصول إلى أفضل النتائج العلمية.
- الاهتمام بالإتجاهات البحثية المتعلقة بتقييم ومعايرة ودمج نماذج المياه الجوفية بناءًا على الخوارزميات الرياضية والجيوإحصائية، وأساليب الذكاء الاصطناعي.
- دعم النشر الدولي للباحثين في المجلات العلمية الدولية ذات معامل التأثير المرتفع، ومصنفة ضمن قواعد البيانات العالمية، خاصة وأن الدراسات المصرية المنشورة في هذة المجلات محدودة للغاية.

قائمة المصادر والمراجع:

١- المراجع العربية:

١. الجبوري، ضياء أدهام والجبوري، سلام هاتف (٢٠١٩): التحليل المكاني لتلوث المياه بالعناصر النزرة في محافظة المثنى، العراق، مجلة كلية التربية، جامعة المستنصرية.

٢. الطائي، سحر سعيد و سلمان، فراس حسن (٢٠٢٢): إمكانية تنمية واستثمار المياه الجوفية في منطقة باكرمان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، مجلة كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة الموصل.

٣. جاب الله، حسام محمد و محمد، منصور عبدالعاطي (٢٠١٩): استخدام نمذجة نظم المعلومات الجغرافية في تحديد أفضل الاماكن لاستخراج المياه الجوفية بحوض وادي عباد بصحراء مصر الشرقية، مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية، كلية الآداب، جامعة المنوفية.

٤. عجرمة، أشرف عبده و شكري، نرمين أحمد (٢٠٢٢): أساليب الذكاء الاصطناعي الجغرافي في نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد بين النظرية والتطبيق، المجلة الدولية لتكنولوجيا المعلومات والبيانات، المجلد الثاني، العدد الثاني.

٥. محمد، حمدي نبيه (٢٠٢٣): النمذجة الهيدروجيومورفولوجية لتحديد مكامن المياه الجوفية بحوض وادي قصب باستخدام عملية التسلسل الهرمي التحليلي ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة الجغرافية العربية، سلسلة بحوث خاصة، العدد ١٨٤، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.

٢- المراجع الأنجليزية:

1. Abba, S. I., Benaafi, M., Usman, A. G., Ozsahin, D. U., Tawabini, B., & Aljundi, I. H. (2023). Mapping of groundwater salinization and modelling using meta-heuristic algorithms for the coastal aquifer of eastern Saudi Arabia. Science of The Total Environment, 858, 159697.
2. Achu, A. L., Thomas, J., & Reghunath, R. (2020). Multi-criteria decision analysis for delineation of groundwater potential zones in a tropical river basin using remote sensing, GIS and analytical hierarchy process (AHP). Groundwater for Sustainable Development, 10, 100365.
3. Adebowole, A. E., & Uchegbulam, O. (2020). Modeling groundwater total dissolved solid from derived electromagnetic data using multiple linear regression analysis: a case study of groundwater contamination. Modeling Earth Systems and Environment, 6(3), 1863-1875.
4. Aghamelu, O. P., Omeka, M. E., & Unigwe, C. O. (2023). Modeling the vulnerability of groundwater to pollution in a fractured shale aquifer in SE Nigeria using information entropy theory, geospatial, and statistical modeling approaches. Modeling Earth Systems and Environment, 9(2), 2385-2406.
5. Aghamelu, O. P., Omeka, M. E., & Unigwe, C. O. (2023). Modeling the vulnerability of groundwater to pollution in a fractured shale aquifer in SE Nigeria using information entropy theory, geospatial, and statistical modeling approaches. Modeling Earth Systems and Environment, 9(2), 2385-2406.
6. Ahmad, A. Y., Saleh, I. A., Balakrishnan, P., & Al-Ghouti, M. A. (2021). Comparison GIS-Based interpolation methods for mapping groundwater quality in the state of Qatar. Groundwater for Sustainable Development, 13, 100573.
7. Al-Aboodi, A. H., Altai, M. A., & Al-Kadhimi, A. M. (2013). Optimal Groundwater Management in Teeb Area, Missan Province, Using Genetic Algorithm Technique. Basrah Journal for Engineering Science, 13(1).
8. Al-Aboodi, A. H., Khudhair, K. M., & Al-Aidani, A. S. (2016). Prediction of groundwater level in Safwan-Zubair area using artificial neural networks. Basrah Journal for Engineering Sciences, 16(1), 42-50.
9. Altai, N., Harik, G., Alameddine, I., & El-Fadel, M. (2022). Managed aquifer recharge in karstic systems: Site suitability mapping by coupling multi-criteria decision analysis with remote sensing and hydrologic modeling. Journal of Environmental Management, 322, 116162.
10. Barzegar, R., Moghaddam, A. A., Deo, R., Fijani, E., & Tziritis, E. (2018). Mapping groundwater contamination risk of multiple aquifers using multi-model ensemble of machine learning algorithms. Science of the total environment, 621, 697-712.
11. Bhunia, G. S., Keshavarzi, A., Shit, P. K., Omran, E. S. E., & Bagherzadeh, A. (2018). Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and irrigation using GIS and geostatistics techniques in semiarid region of Neyshabur, Iran. Applied Water Science, 8, 1-16.

12. Bourjila, A., Dimane, F., Ouarghi, H. E., Nouayti, N., Taher, M., Hammoudani, Y. E., ... & Bensiali, A. (2021). Groundwater potential zones mapping by applying GIS, remote sensing and multi-criteria decision analysis in the Ghiss basin, northern Morocco. Groundwater for Sustainable Development, 15, 100693.
13. Centre for Science and Technology Studies. VOS viewer—Visualizing Scientific Landscapes. Available online: https://www.vos viewer.com/ (accessed on 11 May 2023).
14. Dandge, K. P., & Patil, S. S. (2022). Spatial distribution of ground water quality index using remote sensing and GIS techniques. Applied Water Science, 12(1), 7.
15. Das, S. (2019). Comparison among influencing factor, frequency ratio, and analytical hierarchy process techniques for groundwater potential zonation in Vaitarna basin, Maharashtra, India. Groundwater for Sustainable Development, 8, 617-629.
16. El Alfy, M., Lashin, A., Al-Arifi, N., & Al-Bassam, A. (2015). Groundwater characteristics and pollution assessment using integrated hydrochemical investigations GIS and multivariate geostatistical techniques in arid areas. Water Resources Management, 29, 5593-5612.
17. El-Meselhy, A., Mitrofanov, G., & Nayef, A. (2023). 3D hydrogeological modeling and visualization of the aquifer system based on borehole data for selecting the optimal well site: a case study in El-Oweinat, Egypt. Modeling Earth Systems and Environment, 9(1), 783-799.
18. Gidey, A. (2018). Geospatial distribution modeling and determining suitability of groundwater quality for irrigation purpose using geospatial methods and water quality index (WQI) in Northern Ethiopia. Applied Water Science, 8, 1-16.
19. Goswami, T., & Ghosal, S. (2022). Understanding the suitability of two MCDM techniques in mapping the groundwater potential zones of semi-arid Bankura District in eastern India. Groundwater for Sustainable Development, 17, 100727.
20. Haile, M. M., & Abebe, A. K. (2022). GIS and fuzzy logic integration in land suitability assessment for surface irrigation: the case of Guder watershed, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. Applied Water Science, 12(10), 240.
21. Kalhor, K., & Emaminejad, N. (2019). Sustainable development in cities: Studying the relationship between groundwater level and urbanization using remote sensing data. Groundwater for Sustainable Development, 9, 100243
22. Kamel, M., & Hafez, E. A. F. (2021). GIS-Based Bivariate Statistical Model Prediction of Groundwater Potential Mapping for Sustainable Developments in Suez Governorate, Egypt. Beni-Suef University International Journal of Humanities and Social Sciences, 3(2), 155-199.
23. Keesari, T., Ramakumar, K. L., Chidambaram, S., Pethperumal, S., & Thilagavathi, R. (2016). Understanding the hydrochemical behavior of groundwater and its suitability for drinking and agricultural purposes in Pondicherry area, South India–a step towards sustainable development. Groundwater for Sustainable Development, 2, 143-153

24. Kpiebaya, P., Amuah, E. E. Y., Shaibu, A. G., Baatuuwie, B. N., Avornyo, V. K., & Dekongmen, B. W. (2022). Spatial assessment of groundwater potential using Quantum GIS and multi-criteria decision analysis (QGIS-AHP) in the Sawla-Tuna-Kalba district of Ghana. Journal of Hydrology: Regional Studies, 43, 101197.
25. Kumar, T., Gautam, A. K., & Kumar, T. (2014). Appraising the accuracy of GIS-based multi-criteria decision making technique for delineation of groundwater potential zones. *Water resources management*, *28*.
26. Liu, H., Li, J., Cao, H., Xie, X., & Wang, Y. (2022). Prediction modeling of geogenic iodine contaminated groundwater throughout China. Journal of Environmental Management, 303, 114249.
27. Liu, Q., Gui, D., Zhang, L., Niu, J., Dai, H., Wei, G., & Hu, B. X. (2022). Simulation of regional groundwater levels in arid regions using interpretable machine learning models. Science of the Total Environment, 831, 154902.
28. Liu, Qi, Dongwei Gui, Lei Zhang, Jie Niu, Heng Dai, Guanghui Wei, and Bill X. Hu. "Simulation of regional groundwater levels in arid regions using interpretable machine learning models." Science of the Total Environment 831 (2022): 154902.
29. Liu, R., Li, G., Wei, L., Xu, Y., Gou, X., Luo, S., & Yang, X. (2022). Spatial prediction of groundwater potentiality using machine learning methods with Grey Wolf and Sparrow Search Algorithms. Journal of Hydrology, 610, 127977.
30. Mahmoud, S. H., & Alazba, A. A. (2014). Identification of potential sites for groundwater recharge using a GIS-based decision support system in Jazan region-Saudi Arabia. *Water resources management*, *28*.
31. Mallik, S., Mishra, U., & Paul, N. (2021). Groundwater suitability analysis for drinking using GIS based fuzzy logic. Ecological indicators, 121, 107179.
32. McLean, M. I., Evers, L., Bowman, A. W., Bonte, M., & Jones, W. R. (2019). Statistical modelling of groundwater contamination monitoring data: A comparison of spatial and spatiotemporal methods. Science of The Total Environment, 652, 1339-1346.
33. Megahed, H. A., GabAllah, H. M., Ramadan, R. H., AbdelRahman, M. A., D'Antonio, P., Scopa, A., & Darwish, M. H. (2023). Groundwater Quality Assessment Using Multi-Criteria GIS Modeling in Drylands: A Case Study at El-Farafra Oasis, Egyptian Western Desert. Water, 15(7), 1376.
34. Mnati, M. A., Al-Aboodi, A. H., & Hassan, A. A. (2023). Simulation of Interaction Between Groundwater and Surface Water in Safwan-Zubair Area, South of Iraq. Basrah Journal for Engineering Sciences, 23(1).
35. Mogaji, K. A., & Lim, H. S. (2020). A GIS-based linear regression modeling approach to assess the impact of geologic rock types on groundwater recharge and its hydrological implication. Modeling Earth Systems and Environment, 6(1), 183-199.
36. Moghaddam, D. D., Rahmati, O., Panahi, M., Tiefenbacher, J., Darabi, H., Haghizadeh, A., ... & Bui, D. T. (2020). The effect of sample size on different machine learning models for groundwater potential mapping in mountain bedrock aquifers. *Catena*, *187*, 104421.

37. Mohammed, M. A., Khleel, N. A., Szabó, N. P., & Szűcs, P. (2023). Modeling of groundwater quality index by using artificial intelligence algorithms in northern Khartoum State, Sudan. Modeling Earth Systems and Environment, 9(2), 2501-2516.
38. Mukherjee, I., Singh, U. K., & Chakma, S. (2022). Evaluation of groundwater quality for irrigation water supply using multi-criteria decision-making techniques and GIS in an agroeconomic tract of Lower Ganga basin, India. Journal of Environmental Management, 309, 114691.
39. Namous, M., Hssaisoune, M., Pradhan, B., Lee, C. W., Alamri, A., Elaloui, A., ... & Tagma, T. (2021). Spatial prediction of groundwater potentiality in large semi-arid and karstic mountainous region using machine learning models. Water, 13(16), 2273.
40. Pechta, M., & Vasconcelos, V. V. (2022). Spatial modeling of indicators for groundwater use in Brazil. Groundwater for Sustainable Development, 19, 100840.
41. Pham, B. T., Jaafari, A., Prakash, I., Singh, S. K., Quoc, N. K., & Bui, D. T. (2019). Hybrid computational intelligence models for groundwater potential mapping. Catena, 182, 104101.
42. Rahmati, O., & Melesse, A. M. (2016). Application of Dempster–Shafer theory, spatial analysis and remote sensing for groundwater potentiality and nitrate pollution analysis in the semi-arid region of Khuzestan, Iran. Science of the Total Environment, 568, 1110-1123.
43. Rahmati, O., Pourghasemi, H. R., & Melesse, A. M. (2016). Application of GIS-based data driven random forest and maximum entropy models for groundwater potential mapping: a case study at Mehran Region, Iran. *Catena*, *137*, 360-372.
44. Roy, P. K., Basak, S. K., Mohinuddin, S., Roy, M. B., Halder, S., & Ghosh, T. (2022). Modelling groundwater potential zone using fuzzy logic and geospatial technology of an deltaic island. Modeling Earth Systems and Environment, 8(4), 5565-5584.
45. Sabzehee, F., Amiri-Simkooei, A. R., Iran-Pour, S., Vishwakarma, B. D., & Kerachian, R. (2023). Enhancing spatial resolution of GRACE-derived groundwater storage anomalies in Urmia catchment using machine learning downscaling methods. Journal of Environmental Management, 330, 117180.
46. Sahoo, M., Kasot, A., Dhar, A., & Kar, A. (2018). On predictability of groundwater level in shallow wells using satellite observations. Water resources management, 32, 1225-1244.
47. Shandu, I. D., & Atif, I. (2023). An Integration of Geospatial Modelling and Machine Learning Techniques for Mapping Groundwater Potential Zones in Nelson Mandela Bay, South Africa. Water, 15(19), 3447.
48. Teshome, A., Halefom, A., Ahmad, I., & Teshome, M. (2021). Fuzzy logic techniques and GIS-based delineation of groundwater potential zones: a case study of Anger river basin, Ethiopia. Modeling Earth Systems and Environment, 7(4), 2619-2628.
49. Thanh, N. N., Chotpantarat, S., Trung, N. H., & Ngu, N. H. (2022). Mapping groundwater potential zones in Kanchanaburi Province, Thailand by integrating of analytic hierarchy process, frequency ratio, and random forest. Ecological Indicators, 145, 109591.

50. Van Jan Eck, N.; Waltman, L. (2023). VOS viewer Manual; Universiteit Leiden: Leiden, The Netherlands.
51. Wang, Z., Wang, J., & Han, J. (2022). Spatial prediction of groundwater potential and driving factor analysis based on deep learning and geographical detector in an arid endorheic basin. Ecological Indicators, 142, 109256.
52. Yenehun, A., Dessie, M., Nigate, F., Belay, A. S., Azeze, M., Van Camp, M., ... & Walraevens, K. (2022). Spatial and temporal simulation of groundwater recharge and cross-validation with point estimations in volcanic aquifers with variable topography. Journal of Hydrology: Regional Studies, 42, 101142.
53. Zamani-Ahmadmahmoodi, R., Bayati, S., Abdollahi, K., Gharahi, N., Isa-Abadi, A. R., & Chamani, A. (2023). Investigating spatial and temporal trend of groundwater quality in relation to water balance in 2007–2017: a case study of Chaharmahal va Bakhtiari Province, Iran. Applied Water Science, 13(10), 191.

٣- المصادر:

1. https://081057tm1-1104-y-https-www-scopus com.mplbci.ekb.eg/search/form.uri?display=basic#basic
2. https://0810g7tm5-1104-y-https-search-mandumah-com.mplbci.ekb.eg/MyResearch/Home
3. https://0810o7tm2-1104-y-https-www-webofscience-com.mplbci.ekb.eg/wos/woscc/basic-search
4. https://ekb.scinito.ai/home
5. https://www.iasj.net/iasj