

تخصيص موارد المياه بالجزائر عبر الذكاء الاصطناعي: حلول لمواجهة تغير المناخ

Allocating Algeria's Water Resources through artificial intelligence:
Solutions to Climate Changeبوجلال ناصر¹، خلايفية عزيز^{2*}¹ كلية العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية، المركز الجامعي مرسلبي عبد الله، تيبازة، الجزائر² كلية العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية، المركز الجامعي مرسلبي عبد الله، تيبازة، الجزائر

تاريخ الاستلام: 2025/05/16؛ تاريخ القبول: 2025/06/29

ملخص: في ظل التحديات المتزايدة الناجمة عن تغير المناخ وتأثيرها على موارد المياه العالمية، أصبح الذكاء الاصطناعي أداة حيوية لتحسين كفاءة إدارة وتخصيص هذه الموارد. تهدف هذه الورقة البحثية إلى استكشاف دور الذكاء الاصطناعي في تخصيص الموارد المائية بشكل مستدام وفعال، مع الأخذ في الاعتبار سيناريوهات التغير المناخي بالجزائر، حيث يمكن للذكاء الاصطناعي توقع الاحتياجات المائية المستقبلية، تحسين توزيع الموارد، وتقليل الفاقد، وبالتالي يمثل هذا الابتكار التكنولوجي نقلة نوعية في مواجهة التحديات البيئية وضمان تحقيق الأمن المائي، فسيساهم الذكاء الاصطناعي في توجيه السياسات المائية المستقبلية، مما يوفر حلولاً عملية ومستدامة لتحقيق استدامة الموارد المائية في المناطق المتأثرة بتغير المناخ.

الكلمات المفتاح: ذكاء اصطناعي، تخصيص موارد المياه، تغير المناخ، أمن مائي، إدارة موارد مستدامة.

Abstract: In light of the increasing challenges posed by climate change and its impact on global water resources, artificial intelligence (AI) has emerged as a crucial tool for enhancing the efficiency of managing and allocating these resources. This paper aims to explore the role of AI in the sustainable and effective allocation of water resources, taking into account various climate change scenarios in Algeria. AI can forecast future water needs, optimize resource distribution, and reduce waste. This technological innovation represents a significant leap in addressing environmental challenges and ensuring water security. Furthermore, AI will contribute to shaping future water policies, providing practical and sustainable solutions for achieving resource sustainability in regions affected by climate change.

Keywords: Artificial Intelligence, Water Resource Allocation, Climate Change, Water Security, Sustainable Resource Management.

Résumé : Face aux défis croissants posés par le changement climatique et son impact sur les ressources hydriques mondiales, l'intelligence artificielle (IA) s'est imposée comme un outil essentiel pour améliorer l'efficacité de la gestion et de l'affectation de ces ressources. Cet article de recherche vise à explorer le rôle de l'IA dans l'affectation durable et efficace des ressources en eau, en tenant compte de divers scénarios de changement climatique en Algérie. L'IA peut prévoir les besoins futurs en eau, optimiser la distribution des ressources et réduire les pertes. Cette innovation technologique représente une avancée significative pour relever les défis environnementaux et garantir la sécurité hydrique. De plus, l'IA contribuera à orienter les futures politiques de l'eau, offrant des solutions pratiques et durables pour assurer la durabilité des ressources hydriques dans les régions touchées par le changement climatique.

* خلايفية عزيز

Mots-clés : Intelligence Artificielle, Affectation des ressources en eau, Changement climatique, Sécurité hydrique, Gestion durable des ressources.

1- تمهيد:

يشهد العالم اليوم تحديات غير مسبقة نتيجة لتغير المناخ، الذي يؤثر بشكل مباشر على توفر الموارد الطبيعية، خاصة المياه، تُعد المياه مورداً أساسياً لتحقيق التنمية المستدامة، ومع ذلك، تواجه العديد من الدول نقصاً حاداً في الموارد المائية، ما يزيد من تعقيد إدارة هذه الموارد، فتؤدي التغيرات المناخية إلى زيادة شدة الفيضانات والجفاف وارتفاع درجات الحرارة، مما يضع ضغطاً إضافياً على الموارد المائية ويجعل التخصيص الفعال لهذه الموارد أكثر أهمية من أي وقت مضى.

في ظل هذه التحولات ظهر الذكاء الاصطناعي (AI) كأداة مبتكرة تساهم في تحسين تخصيص وإدارة الموارد المائية بطريقة أكثر كفاءة وفعالية، من خلال قدرته على تحليل البيانات الضخمة، والتنبؤ بالأنماط المناخية، وتقديم حلول مبتكرة لتقليل الفاقد وتعظيم الاستفادة من الموارد المتاحة، حيث يوفر الذكاء الاصطناعي إمكانيات كبيرة لدعم السياسات المائية المستدامة.

تعد تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة الموارد المائية محورية في مواجهة التحديات الناجمة عن تغير المناخ، حيث يمكن للأنظمة الذكية تحليل المتغيرات البيئية والمناخية بسرعة ودقة عالية، مما يساهم في اتخاذ قرارات مستنيرة حول تخصيص الموارد وتوزيعها.

ولما كانت الجزائر أحد أهم الدول التي تتأثر بالتغيرات المناخية التي تصاحبها تأثيرات سلبية على الموارد المائية، وبالتالي على الحياة الاجتماعية والاقتصادية، كان لا بد من التفكير في استراتيجيات تواكب هذه التغيرات للتكيف معها أو التقليل من حدتها وذلك باستخدام مختلف التطورات التكنولوجية والتقنية ولعل من أهمها تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

تهدف هذه الورقة البحثية إلى استكشاف دور الذكاء الاصطناعي في تحسين تخصيص الموارد المائية في ظل سيناريوهات تغير المناخ، من خلال التركيز على الحلول التقنية المبتكرة، بالإضافة إلى تقديم رؤية شاملة حول كيفية مساهمة الذكاء الاصطناعي في تعزيز الأمن المائي وتحقيق استدامة الموارد المائية على المدى الطويل، من خلال تناول التطبيقات العملية والتحديات المحتملة في تبني هذه التكنولوجيا، إلى جانب التأثيرات المتوقعة على صعيد السياسات المائية المستقبلية، وعلى ضوء ما سبق يمكن طرح إشكالية البحث التالية:

كيف يساهم الذكاء الاصطناعي في تخصيص موارد المياه في عصر تغير المناخ؟

الأسئلة الفرعية: للإجابة على هذه الإشكالية يمكن تجزئتها إلى الأسئلة الفرعية التالية:

- ما هو الذكاء الاصطناعي؟

- ماهي التغيرات المناخية وما مدى تأثيرها على الموارد المائية بالجزائر؟

- ما هو دور الذكاء الاصطناعي في إدارة الموارد المائية في ظل التغيرات المناخية؟

فرضيات الدراسة: وللإجابة على هذه الأسئلة نقوم بطرح الفرضيات التالية:

- الذكاء الاصطناعي هو تكنولوجيا متقدمة تستخدم تقنيات تحليل البيانات والتعلم الآلي لتقليد القدرات البشرية مثل التعلم واتخاذ القرار.

- التغيرات المناخية بالجزائر أدت إلى تقلبات في أنماط الطقس مثل الجفاف والفيضانات وارتفاع درجات الحرارة، مما يؤثر سلبًا على توافر وجودة الموارد المائية في مختلف المناطق

- يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا حيويًا في تحسين إدارة الموارد المائية من خلال التنبؤ بالتغيرات المناخية، وتخصيص الموارد بكفاءة، وتقليل الفاقد المائي، مما يعزز الأمن المائي والاستدامة في المناطق المتأثرة بتغير المناخ.

هيكل الدراسة: وللإحاطة بكافة جوانب الموضوع فانه تم تقسيم هذه الورقة البحثية الى العناصر التالية:

- الإطار النظري للذكاء الاصطناعي.

- التغيرات المناخية وتأثيرها على الموارد المائية بالجزائر.

- دور الذكاء الاصطناعي في إدارة الموارد المائية في ظل التغيرات المناخية.

الدراسات السابقة: هناك العديد من الدراسات التي تناولت أحد لمتغيرات او المتغيرين مع بعض من وجهات نظر مختلفة وفيما يلي نستعرض هذه الدراسات:

دراسة (محمد بلفضل، 2024) بعنوان: "إستراتيجية الجزائر في التكيف مع تأثير تغير المناخ على إدارة الموارد المائية"، حيث

تم التوصل من خلال هذه الدراسة ان الجزائر من الدول التي تعاني من الإجهاد المائي ونقص المياه، مع غياب وعي مجتمعي بخطورة استنزاف المياه يرافقه ضعف في إدارتها مما يفاقم خطر النفاذ، مع ملاحظة قلة الدراسات في مجال إدارة المياه تقنيا وقانونيا .

دراسة (Mustaq Shaikh, Farjana Birajdar, 2024)، "الذكاء الاصطناعي في إدارة المياه الجوفية: الابتكارات

والتحديات والآفاق المستقبلية"، تناولت هذه الورقة البحثية التطبيق متعدد الأوجه للذكاء الاصطناعي في إدارة المياه الجوفية، حيث توصلت ان الابتكارات التي يقودها الذكاء الاصطناعي تهدف لإحداث ثورة في إدارة المياه الجوفية، من خلال توفير النمذجة الدقيقة، والمراقبة في الوقت المناسب وتكامل البيانات، كما توصلت هذه الدراسة انه يمكن لنماذج الذكاء الاصطناعي المتقدمة أن تسفر عن تنبؤات محسنة لسلوك المياه الجوفية، وتحديد المناطق المعرضة لتلوث، وتعزيز منصات التعاونية بين الخبراء وصناع السياسات والمجتمعات المحلية بما يضمن توجيه إدارة المياه الجوفية بشكل جماعي.

دراسة (حسينة دخان، سمية حاجي، 2023) "تأثير التغيرات المناخية على الموارد المائية: تحديات وحلول"، حيث هدفت

هذه الدراسة الى التعرف على التأثيرات التي يحدثها التغير المناخي على الموارد المائية في الجزائر، وتوصلت الدراسة الى نتائج تمثلت في تأثيرات التغيرات المناخية على المياه واقتراحات تم من خلالها دعوة المسؤولين انتاج استراتيحية وخطة واضحة ومستعجلة لحماية هذا المورد الهام والحيوية.

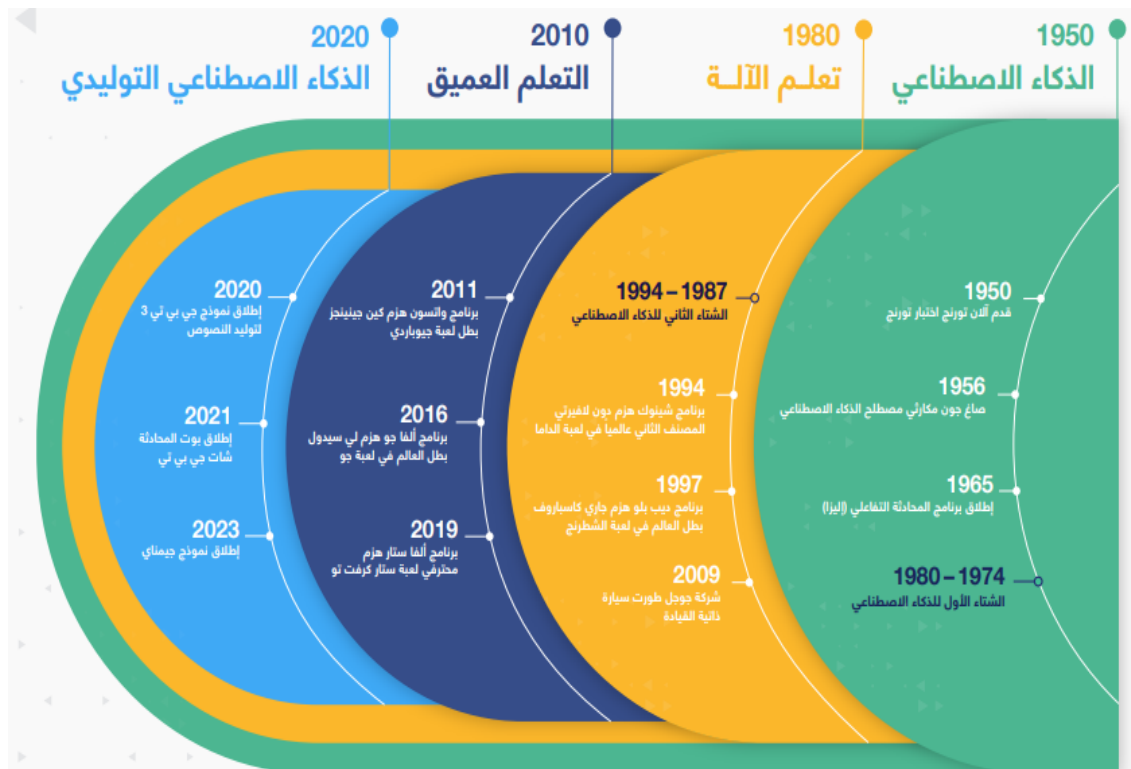
2- الإطار النظري للذكاء الاصطناعي

في السنوات الأخيرة، شهد العالم تطوراً مذهلاً في مجال الذكاء الاصطناعي (AI)، وهو مجال متعدد التخصصات يسعى إلى تطوير الأنظمة والآلات القادرة على محاكاة القدرات العقلية البشرية مثل التعلم، التفكير، وحل المشكلات، فالذكاء الاصطناعي لم يعد مجرد فكرة من الخيال العلمي، بل أصبح جزءاً أساسياً من حياتنا اليومية، حيث يستخدم في مجموعة متنوعة من التطبيقات بدءاً من المساعدات الشخصية الرقمية، وصولاً إلى التحليلات التنبؤية في الأعمال والصناعات.

1.2- تاريخ الذكاء الاصطناعي:

يعتبر الذكاء الاصطناعي (AI) من أبرز الابتكارات التقنية التي شهدتها العالم في العقود الأخيرة، على الرغم من أن الذكاء الاصطناعي يُعدّ حديثاً نسبياً في سياق التكنولوجيا الحديثة، إلا أن جذوره تعود إلى منتصف القرن العشرين، ففي بداية أربعينيات القرن الماضي اقترح بعض العلماء نموذجاً للخلايا العصبية الاصطناعية، وقد برز مفهوم الذكاء الاصطناعي عندما بدأ العلماء في استكشاف إمكانية صنع آلات قادرة على محاكاة القدرات العقلية البشرية وذلك عندما أثار العالم البريطاني آلان تورنج (Alan Turing) التساؤل حول "هل الآلة قادرة على التفكير؟"، ومنذ ذلك الوقت تطور هذا المجال عبر مراحل متعددة، بداية من الأبحاث النظرية الأولى وصولاً إلى التطبيقات العملية المعقدة التي نراها اليوم في مختلف المجالات، ويمكن تلخيص أبرز أحداث تطور قدرات الذكاء الاصطناعي في خط زمني كما هو موضح في الشكل التالي: (الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي SDAIA، 2024)

الشكل رقم (01): أبرز أحداث تطور قدرات الذكاء الاصطناعي



المصدر: الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي، الذكاء الاصطناعي، متاح على الرابط:

<https://sdaia.gov.sa/ar/MediaCenter/KnowledgeCenter/ResearchLibrary/SDAIAPublications09.pdf>

2.2- تعريف الذكاء الاصطناعي:

يعرف الذكاء الاصطناعي من جهة تحقيق التوازن في تخصصات علم النفس وعلوم الكمبيوتر، باعتباره القدرة القصوى للنظام الاصطناعي لتحقيق هدف جديد بنجاح من خلال الخوارزميات الحسابية، أما تعريف الذكاء الاصطناعي تشغيلياً فإنه القدرة القصوى للنظام الاصطناعي على إكمال مهمة موحدة جديدة مع تسجيل نتائج إيجابية باستخدام خوارزميات الحسابية (Gignac & Szodorai, 2024, p. 02).

الذكاء الاصطناعي هو مظهر ملموس من مظاهر التقدم التكنولوجي، ومع تطوره السريع، أبدى العلماء اهتماماً متزايداً بالتحقيق في تأثيره باعتباره تقنية تحاكي وتعزز الذكاء البشري، يمكن أن يزيد الإنتاجية ويتحقق ذلك من خلال تحسين كفاءة الإنتاج وكذا زيادة المخرجات وتقليل المدخلات. يمكن للذكاء الاصطناعي استخدام الأتمتة والتكنولوجيا الذكية لتمكين التغييرات في أساليب الإنتاج، وكسر القيود الزمنية والجغرافية للإنتاج، وتوسيع نطاق الإنتاج، بالإضافة إلى ذلك، يمكن للذكاء الاصطناعي أيضاً تقليل التكاليف البشرية، وتكثيف الإنتاج، ومنع المخاطر بشكل فعال وتقليل مدخلات موارد الإنتاج، وبالتالي تحسين كفاءة الإنتاج من خلال استبدال العمالة بالآلات وتحليل البيانات الضخمة (Xiaoyu & Jun, 2024).

الذكاء الاصطناعي هو مجموعة الجهود المبذولة لتطوير نظم المعلومات المحوسبة بطريقة تستطيع أن تتصرف فيها وتفكر بأسلوب مماثل للبشر، هذه النظم تستطيع أن تتعلم اللغات الطبيعية، وإنجاز مهام فعلية بتنسيق متكامل، أو استخدام صور وأشكال إدراكية لترشيد السلوك المادي، كما تستطيع في نفس الوقت تخزين الخبرات والمعارف الإنسانية واستخدامها في عملية اتخاذ القرار (هاشي و ملياني، 2024، صفحة 50).

مما سبق، يمكن القول ان الذكاء الاصطناعي هو مجال تقني متعدد التخصصات يسعى إلى تطوير الأنظمة والآلات التي تتمتع بقدرات محاكاة الذكاء البشري، يشمل هذا الذكاء القدرة على التعلم من البيانات، التفكير المنطقي، حل المشكلات، والتفاعل مع البيئة بطرق تحاكي العقل البشري. تطور الذكاء الاصطناعي عبر مراحل تاريخية مختلفة، بدءاً من الأبحاث النظرية إلى التطبيقات العملية التي أصبحت جزءاً لا يتجزأ من حياتنا اليومية، مما يعزز من الكفاءة والإنتاجية في مختلف المجالات مثل الصناعة، الطب، التعليم، والخدمات اليومية... الخ.

2.3- مميزات الذكاء الاصطناعي:

يتمتع الذكاء الاصطناعي بمجموعة من القدرات والخصائص (مناصري، 2024، صفحة 89):

- لديه القدرة على التعلم (Machine Learning) والقدرة على تنظيم العلوم وفهمها (Representation Knowledge) والقدرة على تحليل اللغة (Processing Natural Language)، والقدرة على فهم الصوت (Speech Recognition)، وفهم وتحليل الصوت والفيديو (Computer Vision)، وحل المشاكل، الابداع، والتعامل العاطفي والمجتمعي، تحريك الروبوتات، والذكاء العام (AGI) ويشمل القيام بجميع ما سبق؛

- استخدامه الترميز غير الرقمي، بمعنى أنه أكثر تعقيداً من الحواسيب العادية التي تعتمد على واحد أو صفر فقط، وهو ما يعني إمكانية اتخاذ قرارات معقدة، وإمكاناته الهائلة التي يمكن أن يضيفها لمختلف المجالات؛
- قدرته على الإدراك الحسي، والتمكن من اكتشاف الأخطاء وتصحيحها بشكل سريع، والقيام بتحسينات الأفضل في المستقبل، وعليه يقوم باتخاذ القرارات بشكل سليم اعتماداً على دراسة جميع الاحتمالات واتقان نتائجها، وبالتالي اختيار أفضل القرارات المؤدية إلى النتائج المطلوبة؛
- تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية التي تشبه التشابك العصبي في الدماغ من حيث المبدأ، لهذا فإن تدريب هذه الشبكات على مهمة معينة وملاحظة أثر التدريب على الأداء ونوعيته قد يكشف أبعاداً عن مختلف العمليات، وهو ما سيعمل على توفير الوقت وحل المشكلات بطريقة أكثر كفاءة مما يقلل الحاجة إلى موظفين أو إداريين جدد.

4.2- المجالات الفرعية للذكاء الاصطناعي:

الذكاء الاصطناعي (AI) ليس مجرد مجال واحد، بل هو منظومة متعددة التخصصات تشمل مجموعة واسعة من المجالات الفرعية التي تساهم في تطوير تقنيات ذكية تحاكي القدرات البشرية، من بين هذه المجالات، يعد التعلم الآلي (Machine Learning) والروبوتات (Robotics) من أبرز الفروع التي تركز على تطوير الأنظمة القادرة على التعلم والتفاعل مع البيئة بشكل مستقل، بالإضافة إلى ذلك، يساهم التحسين (Optimization) في تحسين أداء الأنظمة الذكية، بينما تتيح الأنظمة القائمة على المعرفة (Knowledge-Based Systems) استخدام البيانات والخبرات المتراكمة لاتخاذ قرارات فعالة. ومع تطور تقنيات التقاط الواقع (Reality Capture) والواقع الممتد (Extended Reality)، نرى تطبيقات جديدة تجمع بين العوالم الافتراضية والحقيقية لتعزيز تجربة المستخدمين وتحقيق تفاعل أكثر واقعية وهي كالاتي (Habeb, 2024, p. 06):

- **التعلم الآلي:** يتضمن التعلم الآلي (ML) تطبيق أنظمة الكمبيوتر للتعلم من البيانات السابقة والتنبؤ بالبيانات الجديدة غير المرئية، يمكن تصنيف التعلم الآلي بعدة طرق: إحدى الطرق هي تصنيفها بناءً على عملية التعلم في النموذج، مما يؤدي إلى "التعلم الخاضع للإشراف" أو غير الخاضع للإشراف أو التعلم التعزيزي"، أما معيار تصنيف آخر للتعلم الآلي يعتمد على تعقيد النموذج، والذي يمكن أن يكون إما تعلمًا كلاسيكيًا أو عميقًا، كما يتطلب التعلم الخاضع للإشراف بيانات إدخال للتدريب، مما يجعله مناسباً لحل مشكلات الانحدار أو التصنيف، اعتماداً على ما إذا كانت التسميات عبارة عن قيم منفصلة أو متصلة، ومن ناحية أخرى، يعمل التعلم غير الخاضع للإشراف دون أي بيانات مُسمّاة، مع التركيز على العثور بشكل مستقل على الأنماط داخل البيانات. ومن بين تقنيات التعلم غير الخاضع للإشراف المعروفة التجميع وقاعدة الارتباط وتقليل الأبعاد.
 - **الروبوتات:** وهي فرع آخر مهم من فروع الذكاء الاصطناعي، تركز على تصميم وبناء الروبوتات القادرة على محاكاة الأنشطة البشرية في العالم الحقيقي، يتم تصميم هذه الروبوتات للقيام بمهام متخصصة للغاية قد تشكل تحديات للبشر، وتأتي بأشكال وأنماط متنوعة، بناءً على الوظائف، يمكن أن تكون الروبوتات مستقلة أو تعمل عن بعد.
1. تعمل الروبوتات المستقلة بشكل مستقل، وتتخذ القرارات باستخدام الذكاء الذي يتم جمعه من خلال أجهزة الاستشعار الخاصة بها وبرمجتها دون تدخل بشري مباشر.
 2. يتم التحكم في الروبوتات التي يتم تشغيلها عن بعد بواسطة البشر من مكان بعيد، وهذا سيكون مفيداً للغاية في تنفيذ المهام المعقدة في البيئات الخطرة أو المواقف التي لا يكون فيها الوجود البشري المباشر ممكناً.

- الأنظمة القائمة على المعرفة: الأنظمة القائمة على المعرفة (KBS) هي محركات اتخاذ قرارات استدلالية تعتمد على المعرفة المتخصصة أو البيانات التاريخية لاتخاذ قرارات مستنيرة، يمكن أن تكون الأنظمة القائمة على المعرفة:
- 1. يتعلم التفكير القائم على الحالة (CBR) من خلال الاستفادة من المعرفة السابقة الخاصة بالمشكلة لحل حالات جديدة.
- 2. يتعلم نظام الخبراء (ES) من خلال دمج المعرفة المتخصصة لوضع قواعد تقييم لحل المشكلات بشكل فعال.
- التحسين: يتضمن التحسين تحقيق أفضل النتائج الممكنة من خلال الاستخدام الفعال للموارد المتاحة. يمكن أن يكون حتميًا أو عشوائيًا (استدلالياً):

1. يشير التحسين الحتمي إلى التقنية المنهجية التي تضمن إيجاد حلول مثالية لمهمة معينة، شريطة استيفاء معايير محددة، ويتبع مجموعة محددة مسبقًا من القواعد والخطوات للبحث والوصول إلى أفضل حل ممكن، وتشمل بعض الأمثلة الشهيرة للتحسين الحتمي الانحدار التدريجي والبرمجة الخطية والبرمجة الصحيحة، على سبيل المثال لا الحصر.
2. وعلى العكس من ذلك، فإن الطرق العشوائية (الاستدلالية) هي طرق احتمالية لا تضمن إيجاد الحل الأمثل، وبدلاً من ذلك، تحاول إيجاد حلول مرضية في فترة زمنية معقولة، وخاصة للمهام المعقدة حيث قد يكون إيجاد الحل الأمثل غير ممكن حسابيًا، ومن أمثلة هذه الطرق الخوارزميات الجينية، وتحسين الجسيمات، على سبيل المثال لا الحصر.

- النقاط الواقع والواقع الممتد: تتضمن تقنيات النقاط الواقع التقنيات والأدوات المستخدمة لجمع وإنشاء تمثيلات رقمية لجسم ما، بما في ذلك المباني، ومن بين هذه التقنيات، تبرز أجهزة المسح الضوئي بالليزر، والمركبات الجوية، (كشف الضوء وتحديد المدى)، والتصوير الفوتوغراممري، وتصوير الفيديو، والكاميرات الرقمية. وهي تجمع الصور أو مقاطع الفيديو أو بيانات سحابة النقاط ثلاثية الأبعاد. وعلاوة على ذلك، يشير امتداد الواقع الملقط إلى الواقع الممتد (XR). يمكن أن يكون XR واقعًا افتراضيًا (VR)، أو واقعًا معززًا (AR)، أو واقعًا مختلطًا (MR)، وتقنيات مماثلة لتغيير الواقع تغمر المستخدمين في حقائق متغيرة:

1. يقدم الواقع الافتراضي تجربة غامرة، ويستبدل العالم الحقيقي ببيئة محاكاة أو افتراضية بالكامل.
 2. يعمل الواقع الافتراضي على تعزيز الواقع من خلال المحتوى الذي يتم إنشاؤه بواسطة الكمبيوتر، في الواقع الافتراضي، يتم وضع المحتوى الرقمي فوق محيط المستخدم في العالم الحقيقي، مما يسمح للمستخدمين برؤية العالم الحقيقي والمحتوى الإضافي الذي يوفره جهاز الواقع الافتراضي.
- يشبه الواقع المعزز الواقع الافتراضي ولكنه يسهل التفاعل الأعظم بين البيئة الافتراضية والواقعية، مما يمنح المستخدمين شعورًا متزايدًا بالواقعية.

في الواقع المعزز، يحصل المستخدمون على اندماج المحتوى الذي تم إنشاؤه بواسطة الكمبيوتر داخل محيطهم مع القدرة أيضًا على التفاعل مع هذا المحتوى بنشاط.

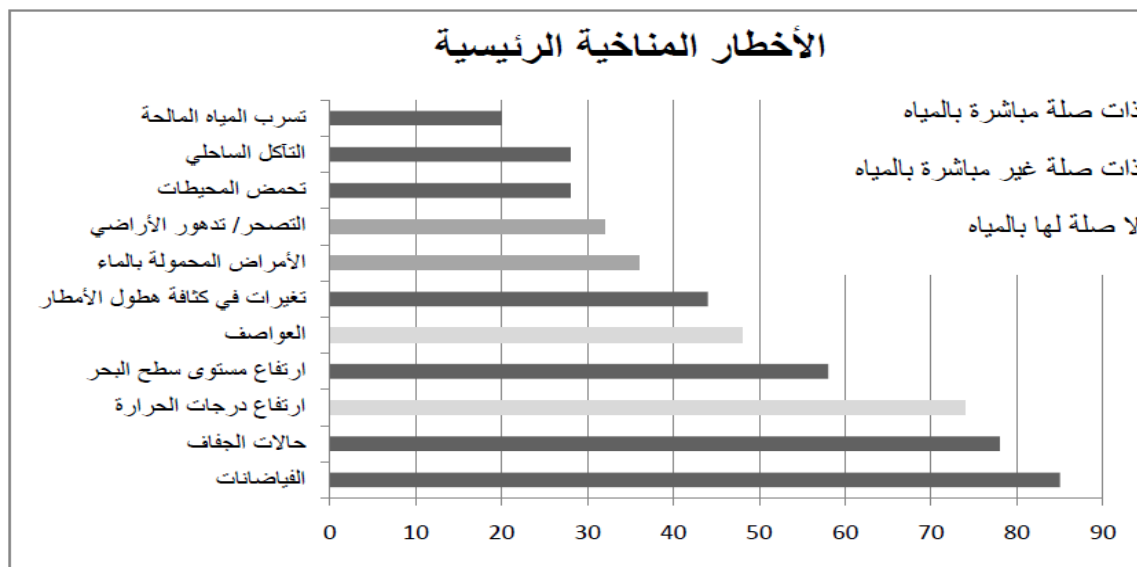
3- التغيرات المناخية وتأثيرها على الموارد المائية:

تؤدي التغيرات المناخية إلى تغيرات كبيرة في أنماط الطقس، مما يزيد من شدة الظواهر الجوية مثل الجفاف والفيضانات، هذه الظواهر تؤثر بشكل مباشر على توافر وجودة الموارد المائية، حيث يؤدي ارتفاع درجات الحرارة واختلال توزيع الأمطار إلى زيادة الضغط على الأنظمة المائية، نتيجة لذلك، تصبح إدارة المياه أكثر تعقيدًا وتحتاج إلى حلول مستدامة للتكيف مع هذه التغيرات.

1.3- تأثير المناخ على دورة المياه:

ان مناخ الأرض ودورة المياه الأرضية بينهما علاقة وثيقة ومعقدة للغاية، وبالتالي سوف تمتد التقلبات المناخية وتغير المناخ بحيث تؤثر على الموارد المائية، فعلى سبيل المثال، يؤدي العجز في سقوط الأمطار الى الحد من رطوبة التربة وتدفق الأنهار وتغذية طبقة المياه الجوفية، ولكن حجم هذه الآثار سيتوقف على الظروف المحلية مثل خصائص التربة والجيولوجيا والنباتات واستخدام المياه، ويتجلى تغير المناخ في أمور منها الزيادة في تواتر وحجم الظواهر القصوى مثل موجات الحر الشديد، وهطول الأمطار غير المسبوبة، والعواصف الرعدية، ومخلفات العواصف الناجمة عن الأعاصير أو الأعاصير المدارية أو الأعاصير الاستوائية الدوارة، التي تؤدي بدورها الى تعريض المجتمعات بشكل متزايد للكوارث المتصلة بالمياه، وقد كان حوالي 74% من جميع الكوارث الطبيعية التي وقعت بين سنة 2001 و2018 مرتبطة بالمياه، وخلال السنوات العشرين الماضية تجاوز العدد الإجمالي للوفيات الناجمة فقط عن الفيضانات وحالات الجفاف 166000 وفاة، في حين أثرت الفيضانات وحالات الجفاف على أكثر من ثلاث ملايين شخص، وتسببت في أضرار يبلغ اجمالها حوالي 700 بليون دولار أمريكي ويتفاوت عدد الوفيات والأشخاص المتضررين وحجم الخسائر الاقتصادية تفاوتاً كبيراً بشكل سنوي، وحسب القارة وتعتبر كل من آسيا وإفريقيا الأكثر تضرراً (بنية و هوار، 2022، الصفحات 44-45).

الشكل رقم (02): علاقة الأخطار المناخية بالموارد المائية



المصدر: تقرير الأمم المتحدة العالمي عن تنمية الموارد المائية لعام 2020، ص: 43.

2.3- تأثير التغير المناخي على المورد المائي بالجزائر:

يؤثر التغير المناخي في الجزائر بشكل كبير على الموارد المائية، حيث تشهد البلاد تقلبات في أنماط هطول الأمطار وزيادة في فترات الجفاف، مما يؤدي إلى تراجع كميات المياه المتاحة، هذه التغيرات تؤثر بشكل مباشر على الأمن المائي في المناطق الزراعية والحضرية، وتزيد من الضغط على السدود والمصادر الطبيعية للمياه، ومع استمرار ارتفاع درجات الحرارة، يصبح التكيف مع التغيرات المناخية ضرورة ملحة لضمان استدامة الموارد المائية في الجزائر، وكان تأثير المناخ على المورد المائي بالجزائر على النحو التالي (دخان و حاجي، 2023، الصفحات 47-48):

- **التأثير على جريان المياه السطحية:** أثر الجفاف الشديد الذي لوحظ في الجزائر خلال الثلاثين سنة الماضية بالضعف في هطول الأمطار قدر بـ 50 % خلال عامي 2001-2002، وقد أثر ذلك سلبا على مجاري المياه وعلى جميع الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية في البلد.
- **التغيرات على مياه السدود:** التغيرات التي تؤثر على الاحتفاظ بالمياه السطحية تعود الى الطمي وانخفاض جريان المياه السطحي، ويرتبط الطمي بطبيعة وشكل التضاريس شديدة الانحدار والغطاء النباتي الهش ونقص التشجير، والتمدد في سدود المنبع الذي يولد تآكلا قويا يقلل من السعة التخزينية للسدود من 2 الى 3% كل عام، بسبب الترسبات، وتوجد حاليا 14 سد متأثر بالطمي وبهذا فان انخفاض جريان المياه السطحي يؤدي الى تدهور الوضعية وبالتالي لا يسمح بملاء السدود القائمة.
- **التغيرات التي تؤثر على المياه الجوفية:** أدى الانخفاض المستمر في هطول الأمطار الى حدوث الجفاف منذ أوائل السبعينيات، وهذا ما أدى الى انخفاض احتياطات المياه الجوفية خاصة في الشمال، وقد انخفض مستوى المياه الجوفية بمعدل ينذر بالخطر (اقل من 20 متر)، وقد أدى تفاقم حالات الجفاف الى الاستغلال المفرط للمياه الجوفية، ويبلغ معدل استخدام المياه الجوفية الى 79% في المنطقة الشمالية، ويمكن أن تصل في بعض الأحيان وتتجاوز 90% في بعض المناطق.
- **أثر التغير المناخي على الري:** أدت التقلبات المناخية والجفاف الى تفاقم ظاهرة هدر التربة، مما تسبب في التصحر في المناطق المعرضة للخطر، مثل السهوب والسهول المرتفعة، وقد يؤدي ذلك الى تآكل وتدهور جزء كبير من الأرض، هذه الأراضي تعتبر إمكانات زراعية حقيقية تضمن الأمن الغذائي لذلك فان تأثير التغير المناخي سيتسبب في تحديد الأمن الغذائي للبلاد ذلك ان الموارد المائية ضرورية لإنتاج الغذاء، من أصل 150 ألف هكتار من المساحة التي تم ريها، نجد انه لم يتم ري 43 ألف هكتار منها حتى عام 2007، بسبب الجفاف وإعادة تخصيص مياه الري لإمدادات مياه الشرب للسكان، خاصة في غرب البلاد.
- **تأثير تغير المناخ على الصرف الصحي:** لتغير المناخ تأثير على الصحة العامة، حيث أنه يتسبب في تفشي بعض الأمراض (الأمراض المنقولة عبر الماء)، وقدرت تكلفة محاربة هذه الأمراض بما يعادل ميزانية انشاء أكثر من اثني عشر محطة لمعالجة المياه، ويكمن العامل الرئيسي لهذه الأمراض هو نقص الموارد المائية بالإضافة الى عدم معالجة بعض مصادر المياه.
- **مخاطر الفيضانات:** بناء على دراسات علمية، يقدر الخبراء أن الأمطار الغزيرة والعواصف مثل التي دمرت أجزاء من باب الواد وغرداية وبشار وسترداد تواترا وترددا لذلك يتوجب أن نتوقع اشتداد هذه الظواهر المناخية والتي ستكون عنيفة وخطيرة وتأثيرها شديدا.

3.3- تأثير التغير المناخي على المورد المائي بالجزائر:

وضعت الخطة الوطنية للمناخ وبدعم من الوكالة الألمانية (GIZ) وجاءت هذه الخطة لتضفي الطابع الرسمي على استراتيجية المناخ في الجزائر من أهم اهدافها تعزيز تعبئة الموارد المائية، مكانة الفيضانات وحماية الساحل، مكافحة الجفاف والتصحر وزيادة مرونة النظم البيئية والزراعية تجاه تغير المناخ، وهذه الخطة تندرج ضمن نظام عمل بمستويين، الأول يتعلق بالمدى القصير (2020-2025) تتضمن 36 اجراء للاستجابة للحالات الاستعجالية ويتعلق بالاجراءات التي يمكن تحقيقها خلال السنوات القليلة القادمة حيث تتوفر الكفاءات والقدرات ولا يوجد تمويل للخطة، أما المستوى الثاني فيتعلق بالمدى المتوسط (2020-2035) ويتضمن 27 اجراء والذي يتطلب جانبا ماليا وتنظيما من خلال، التنسيق بين مختلف القطاعات المعنية.

وفي عام 2017 وكجزء من مشروع الشراكة تم دراسة المخاطر التي تتعلق بتغير المناخ وكذلك المخاطر التي تتعلق بعدم القدرة على ضمان الأمن الغذائي الاساسي للسكان، وهذا يمثل تهديدا لمخزون الامن الغذائي من القمح بنوعيه صلب ولين، والهدف من وضع الخطة المناخية هو جعل المناطق الهشة تستجيب للتغيرات السلبية لتغير المناخ.

كما يعتبر الملف المناخي جزء من الصلاحيات الرسمية لوزارة البيئة، حيث تم انشاء لجنة المناخ الوطني عام 2015 للمصادقة على اتفاقية باريس التي تلتزم الجزائر من خلالها بتخفيض انبعاثات الغازات الدفينة بنسبة 7%، وبعد المصادقة على الاتفاقية بمرسوم رئاسي في 13 أكتوبر من سنة 2016 أطلقت وزارة البيئة مخطط وطني وتم تعديل وتطوير هذا المخطط سنة 2019، كما ادرجت وزارة البيئة سنة 2020 وتمويل من الصندوق الوطني للبيئة (FNEL) مشروع لتطوير ثلاث اجراءات للتكيف والتخفيف من تغير المناخ في كل من سيدي بلعباس، المسيلة، البيض وهذا المشروع يسمح للجزائر للإيفاء بالتزاماتها الدولية في اطار المادتين 4 و12 من اتفاقية الامم المتحدة الاطارية بشأن تطوير انبعاث الغازات الدفينة وكذلك المادة 13 بشأن آلية الشفافية المتعلقة باتفاق باريس (أحمد، 2023، صفحة 120).

4- دور الذكاء الاصطناعي في إدارة الموارد المائية في ظل التغيرات المناخية:

يلعب الذكاء الاصطناعي دوراً متزايد الأهمية في تحسين إدارة الموارد المائية وسط التغيرات المناخية، من خلال تحليل البيانات والتنبؤ بالتقلبات المناخية، أين يمكن للأنظمة الذكية تحسين تخصيص المياه بشكل أكثر كفاءة وتقليل الفاقد، مما يعزز استدامة الموارد المائية في مواجهة تحديات الجفاف والفيضانات. هذا يساهم في تعزيز الأمن المائي وتخفيف الآثار السلبية لتغير المناخ.

1.4- التنبؤ بالأنماط المناخية وتحليل البيانات: يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل البيانات المناخية المستقبلية من خلال تقنيات التعلم الآلي والنمذجة التنبؤية لتوقع التغيرات في أنماط الهطول ودرجات الحرارة. باستخدام خوارزميات متقدمة، حيث يستخدم بيانات الأقمار الصناعية لتنبؤات الطقس، كما يمكن لنموذج تعلم آلي تحليل بيانات تاريخية عن الأمطار ودرجات الحرارة، إلى جانب بيانات حديثة من محطات الأرصاد الجوية، لتوقع أحداث مناخية قادمة مثل فترات الجفاف أو الأمطار الغزيرة. من خلال هذه التوقعات، يمكن للهيئات المعنية في إدارة الموارد المائية تحديد الاحتياجات المستقبلية للمياه، وتخطيط استراتيجيات تخزين المياه وتوزيعها بشكل أكثر فعالية. بالتالي، يعزز هذا التنبؤ من قدرة الإدارات على التكيف مع التغيرات المناخية، مما يساهم في تحقيق الأمن المائي والاستدامة.

2.4- تحسين تخصيص الموارد المائي: يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين توزيع المياه من خلال نماذج تعلم الآلة التي تحلل بيانات استهلاك المياه وأنماط الطقس لتحديد احتياجات المياه الفعلية والمستقبلية. على سبيل المثال، في مدينة تُعاني من مشكلة نقص المياه، يمكن لنظام ذكاء اصطناعي تحليل بيانات الاستهلاك في مختلف القطاعات مثل الزراعة، الصناعة، والاستخدامات المنزلية، إلى جانب بيانات الطقس والتوقعات.

بناء على هذه التحليلات، يمكن للنظام تخصيص المياه بفعالية بين هذه الاستخدامات بناء على الأولويات، وتوجيه الموارد إلى المناطق الأكثر حاجة. هذا النهج لا يساعد فقط في تلبية الطلب المتزايد، ولكن أيضاً في تخفيف تأثيرات الجفاف من خلال تحسين استراتيجيات توزيع المياه وتخزينها.

3.4- مراقبة وإدارة الفاقد المائي: يلعب الذكاء الاصطناعي دوراً حيوياً في اكتشاف تسربات المياه وتحسين كفاءة شبكات التوزيع عبر تقنيات تحليل البيانات المتقدمة. من خلال استخدام مستشعرات ذكية ومراقبة مستمرة للأنبيب، يمكن للأنظمة المعتمدة على الذكاء الاصطناعي تحليل البيانات الواردة من شبكات المياه لاكتشاف التسربات بشكل مبكر ودقيق، فعلى سبيل المثال، في مدينة مثل لندن، يتم استخدام نظام ذكاء اصطناعي لتحليل بيانات الصوت والاهتزاز من أنابيب المياه للكشف عن التسربات التي قد لا تكون مرئية، فيقوم

النظام بمقارنة البيانات الحالية مع النماذج المثالية للشبكة ويحدد المواقع المحتملة للتسربات، هذا يساعد على توجيه الفرق الفنية إلى المناطق المتأثرة بسرعة، مما يقلل من الفاقد ويحسن كفاءة استخدام المياه في المدينة.

4.4- التكيف مع التغيرات المناخية: يمكن للذكاء الاصطناعي دعم الاستراتيجيات التكيفية لمواجهة التحديات المناخية من خلال تحسين تخزين المياه وإدارة الموارد خلال فترات الطوارئ المناخية عبر تقنيات تحليل البيانات والنمذجة التنبؤية، على سبيل المثال، في مواجهة جفاف طويل الأمد، يمكن لنظام ذكاء اصطناعي تحليل بيانات الطقس التاريخية والحالية، ومستويات التخزين في السدود، وبيانات استهلاك المياه لتقديم توصيات حول كيفية إدارة احتياطي المياه بفعالية.

5.4- تحليل التأثيرات الاقتصادية والبيئية: تطبيق الذكاء الاصطناعي يمكن أن يؤثر بشكل كبير على التكلفة الاقتصادية لإدارة المياه والبيئة، بما في ذلك التأثيرات على التنوع البيولوجي ونوعية المياه، ومن الناحية الاقتصادية، يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين كفاءة استخدام الموارد وتقليل التكاليف من خلال الكشف المبكر عن التسربات، وتحسين التوزيع، وتوقع الاحتياجات بدقة، مما يقلل من الفاقد ويخفض النفقات المرتبطة بالصيانة والطوارئ.

بالتالي، يمكن للذكاء الاصطناعي تحقيق توازن بين الفوائد الاقتصادية وحماية البيئة، مما يساهم في إدارة موارد المياه بشكل مستدام وفعال.

5- خاتمة:

في هذه الورقة البحثية، تم التطرق الى دور الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة الموارد المائية في ظل التغيرات المناخية. وذلك من خلال كيفية استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات المناخية وتوقع التغيرات في أنماط الهطول ودرجات الحرارة، مما يساعد في التنبؤ بالاحتياجات المستقبلية للمياه، كما تناولنا كيفية تحسين توزيع المياه من خلال نماذج الذكاء الاصطناعي التي تحقق تخصيصاً فعالاً للموارد وتقلل من الفاقد، بالإضافة إلى تحسين اكتشاف تسربات المياه وكفاءة شبكات التوزيع.

أبرز النتائج التي تم التوصل إليها تشمل قدرة الذكاء الاصطناعي على تعزيز الكفاءة في إدارة الموارد المائية وتقليل التكاليف الاقتصادية من خلال تحسين التنبؤات والتخصيص، كما أن تطبيق هذه التكنولوجيا يساعد في حماية البيئة من خلال تحسين نوعية المياه والحفاظ على التنوع البيولوجي، كما أظهر البحث كيف يمكن للذكاء الاصطناعي دعم استراتيجيات التكيف مع التغيرات المناخية من خلال تحسين تخزين المياه وإدارة الموارد خلال فترات الطوارئ.

في ضوء هذه النتائج، نقترح تعزيز الاستثمار في تقنيات الذكاء الاصطناعي بالجزائر وتطويرها لمواكبة التحديات المناخية.

ينبغي أيضاً دعم البحث والتطوير في مجالات التنبؤ البيئي وتحليل البيانات لتحسين استدامة إدارة المياه. وفي الاخير من الضروري توجيه الجهود نحو تعزيز التعاون بين المؤسسات الحكومية والتجارية والبحثية لتطبيق هذه الحلول التقنية على نطاق واسع لضمان تحقيق الأمن المائي المستدام.

قائمة المراجع:

- Gignac, G., & Szodorai, E. (2024). Defining intelligence: Bridging the gap between human and artificial perspectives. *Intelligence*, 104, 02. doi:<https://doi.org/10.1016/j.intell.2024.101832>
- Habeeb, B. (2024). Artificial intelligence for deconstruction: Current state, challenges, and opportunities. *Automation in Construction*, 166, 06. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105641>
- Xiaoyu, X., & Jun, Y. (2024). How does artificial intelligence affect productivity and agglomeration? Evidence from China's listed enterprise data. *International Review of Economics & Finance*, 94. doi:<https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.103408>
- أحمد, م. (2023, 12 31). تأثير التغيرات المناخية على الأمن المائي في الجزائر -دراسة تحليلية. *مجلة مدارات سياسية*, 120, 07(02), جوهر مناصري. (ماي, 2024). تأثير الذكاء الاصطناعي على الاقتصاد العالمي. *مجلة إقتصاد المال والأعمال*, 09(01), 89.
- دخان, ح & حاجي, س. (2023, 07 10). تأثير التغيرات المناخية على الموارد المائية: تحديات وحلول. *Malek bennbi Journal of Research and Studies*, 05(01), 47-48.
- رشيدة هاشمي, و عبد الوهاب ملياني. (جوان, 2024). الاطار المفاهيمي للذكاء الاصطناعي. *مجلة التراث*, 14(02), 50.
- صبرينة بنية, و مراد هوار. (2022, 03 30). تحديات إدارة الموارد المائية في التكيف مع التغيرات المناخية. *Journal of Economics and Rural Development*, 45-44.