

دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة استخدام المياه في القطاع الزراعي "تجربة المملكة العربية السعودية"

The Role of Artificial Intelligence in Enhancing Water use Efficiency in The Agricultural Sector "The experience of Saudi Arabia"

خير الدين أمين¹، زروقي فاطمة الزهراء²

¹ طالب دكتوراه، المركز الجامعي مرسلبي عبد الله تيبازة، مخبر الاقتصاد والتنمية، khireddine.amine@cu-tipaza.dz

² أستاذة محاضرة "أ"، المركز الجامعي مرسلبي عبد الله تيبازة، مخبر الجغرافيا الاقتصادية و التبادل الدولي، zerrouki.fatmazohra@cu-tipaza.dz

القبول: 2025-10-01

الاستلام: 2025-06-17

ملخص: تهدف الدراسة إلى تحليل دور استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة استخدام المياه في القطاع الزراعي، من خلال تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ الدقيق واتخاذ القرارات في الوقت الحقيقي، بالإشارة للتجربة السعودية، واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي وهو المناسب لتناول مختلف المفاهيم المتعلقة بالذكاء الاصطناعي وكفاءة استخدام المياه في الزراعة، وخلصت الدراسة إلى أن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي ترفع من كفاءة استخدام المياه في الري من خلال تقليل الهدر وتخفيض التكاليف التشغيلية ورفع الإنتاجية.

كلمات مفتاحية: تقنيات الذكاء الاصطناعي، الزراعة الذكية، كفاءة استخدام المياه.

Abstract: The study aims to analyse the role of using artificial intelligence techniques in enhancing water use efficiency in the agricultural sector, through big data analysis, accurate forecasting and real-time decision-making, with reference to the Saudi experience, and the study relied on the descriptive approach, which is appropriate to address the various concepts related to artificial intelligence and water use efficiency in agriculture, and the study concluded that the use of artificial intelligence techniques raises the efficiency of water use in irrigation by reducing waste, reducing operational costs and raising productivity.

Keywords: Artificial intelligence, smart agriculture, water efficiency.

1. مقدمة:

يعتبر الماء موردا طبيعيا مهما في التنمية الاقتصادية في جميع أنحاء العالم ، ومع تنامي الضغوط السكانية على المستوى العالمي، وتفاقم مشاكل تغير المناخ التي أدت لارتفاع مستويات ندرة المياه خاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة مما سيؤثر على مختلف القطاعات الاقتصادية، وبالمقابل يعد القطاع الزراعي من أكثر القطاعات الاقتصادية استهلاكاً للمياه حيث أصبح يواجه تحديات متزايدة فيما يتعلق بندرة المياه مما سيؤثر على تعزيز الأمن المائي و الغذائي العالمين ، مما يستدعي البحث عن حلول مبتكرة لضمان استدامة الموارد المائية الزراعية، وهنا تبرز تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) كأداة واعدة قادرة على إحداث تحول جذري في الممارسات الزراعية التقليدية وتقديم حلول ذكية لمواجهة التحديات المائية، من خلال تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ الدقيق واتخاذ القرارات في الوقت الحقيقي، عن طريق الاعتماد على أنظمة الري الذكية التي تعمل على تحسين استخدام المياه ، مما يقلص التكاليف التشغيلية للمشاريع الزراعية وهذا ما سيسهم في زيادة الإنتاجية وتعزيز الأمن المائي مستقبلا.

وتعد تجربة المملكة العربية السعودية من التجارب العالمية الناجحة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا في استخدام التكنولوجيا الزراعية الحديثة، حيث بذلت المملكة جهودا كبيرة في تبني تقنيات حديثة مركزة على تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة استخدام المياه في القطاع الزراعي.

ومنه ارتأينا طرح الإشكالية التالية : كيف يساهم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز

كفاءة استخدام مياه الري في المملكة العربية السعودية؟

وللإجابة على هذه الإشكالية الرئيسية قمنا بطرح الأسئلة الفرعية التالية:

- ما هي أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي القابلة للاستخدام في تحسين كفاءة استخدام المياه في الزراعة؟
- ما هي المبادرات التي اتخذتها المملكة العربية السعودية من اجل تبني تقنيات حديثة في إدارة المياه الزراعية؟
- ما هي التحديات التي تواجه تبني وتطبيق الذكاء الاصطناعي في القطاع الزراعي السعودي لتحسين كفاءة استخدام المياه؟

فرضيات الدراسة: وللإجابة على تساؤلات الدراسة نقترح الفرضيات التالية:

الفرضية الرئيسية: يساهم تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي بشكل إيجابي في رفع كفاءة استخدام المياه في القطاع الزراعي بالمملكة العربية السعودية

الفرضيات الفرعية: تتمثل في:

- يساهم استخدام أنظمة الري الذكية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تقليل استهلاك المياه.
 - يؤدي تحليل بيانات التربة والمناخ باستخدام الذكاء الاصطناعي إلى تحسين إدارة الري بشكل أكثر كفاءة .
 - توجد العديد من التحديات التي تواجه تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في المزارع السعودية.
- أهداف الدراسة:** تهدف الدراسة إلى تحليل الدور المحتمل للذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة استخدام المياه في القطاع الزراعي، من خلال التطرق لمختلف التقنيات الممارسة في القطاع الزراعي السعودي، وتقييم تأثيرها على إدارة الموارد المائية و تحديد التحديات والفرص المرتبطة بتبني هذه التقنيات، واستخلاص الدروس المستفادة من التجربة السعودية الرائدة في المنطقة وإمكانية الاستفادة منها من طرف دول المنطقة.

منهجية الدراسة: تعتمد الدراسة على المنهج الوصفي، والذي يناسب تناول مختلف المفاهيم المتعلقة بتقنيات الذكاء الاصطناعي وكفاءة استخدام المياه في القطاع الزراعي، إضافة إلى استخدامنا لأحد أدوات المنهج الوصفي وهي التحليل من اجل تحليل المعطيات الإحصائية وإبراز تأثير هذه التطبيقات في تعزيز كفاءة استخدام المياه.

2. مفاهيم أساسية حول الذكاء الاصطناعي:

يعود ظهور مصطلح الذكاء الاصطناعي لعام 1950م، حيث اشتغل بعض الباحثين على مشروع بعنوان "الذكاء الاصطناعي"، وفي عام 1956م نظم جون ماكرثي ومارفن مينسكي وناثانيال روتشستر وكلود شانون مؤتمر بجامعة دارتموث (Dartmouth) الأمريكية، وخلص المؤتمر إلى اقتراح إمكانية تصميم آلة لمحاكاة أي مهمة تحتاج إلى ذكاء بشري (جنيج، 2022، صفحة 118)، ومنذ ذلك الحين نشر الباحثون والمبتكرون في هذا المجال حوالي 1.6 مليون منشور يتعلق بالذكاء الاصطناعي . (فوزي و عوض، 2021، صفحة 03).

1.2 تعريف الذكاء الاصطناعي (AI):

تعددت تعريفات الذكاء الاصطناعي وجميعها يرتبط بتطور تكنولوجيا الآلات والتصرفات الذكية، حيث يعرف الذكاء الاصطناعي: "بأنه قدرة الآلة على أداء الوظائف المعرفية التي نربطها بالعقل البشري مثل الإدراك والاستدلال التعلم والتفاعل مع البيئة وحل المشكلات وحتى ممارسة الإبداع" وبالتالي فان الذكاء الاصطناعي هو مزيج من التقنيات الحاسوبية المتقدمة بدرجات متفاوتة من النضج (Geetha, 2021, p. 110).

كما يعرف الذكاء الاصطناعي على انه فرع من علوم الحاسب الآلي الذي يمكن بواسطته إنشاء وتصميم برنامج الحاسبات التي تحاكي أسلوب الذكاء البشري، لكي يمكن الحاسب الآلي القيام ببعض المهام بدلا من الإنسان، والتي تتطلب التفكير والتفهم والسمع والتحدث والحركة بأسلوب منطقي ومنظم. (بكري، 2022، صفحة 290).

وتعرفه شركة أوراكل Oracle بأنه يمثل " الأنظمة أو الأجهزة التي تحاكي الذكاء البشري لأداء المهام المختلفة التي يمكنها كذلك أن تحسن من نفسها استنادا إلى المعلومات التي تجمعها، وتتسم تلك الأنظمة بالقدرة على التفكير الفائق وتحليل البيانات (الشرقاوي، 2023، صفحة 289).

ومن التعريفات السابقة والمتعددة يمكننا القول بأن الذكاء الاصطناعي هو " أحد فروع علوم الحاسبات التي تعنى بتصميم آلات وبرامج حاسوبية تستطيع محاكاة الذكاء البشري، وهو موجود حاليا في كل مكان من حولنا"، ويرتكز الذكاء الاصطناعي على تحليل واستخدام كم هائل من البيانات.

2.2. أنواع الذكاء الاصطناعي: هناك عدة أنواع للذكاء الاصطناعي وهي على النحو التالي: (عبد المنعم و إسماعيل، 2021، صفحة 09)

1.2.2 الذكاء الاصطناعي الضيق: هو النوع المصمم لأداء مهام معينة، والمتمثلة في العمليات الحسابية البسيطة التي تؤديها الآلات الحاسبة، ويقوم بالأساس على عمليات البرمجة، ويمكن الحواسيب الآلية من تكرار مهام محددة بكفاءة تفوق قدرات العقل البشري، وبالتالي فهذا النوع يحاكي السلوك البشري فقط ولا يتعداه لمحاكاة الذكاء البشري.

2.2.2 الذكاء الاصطناعي العام: هذه الأنظمة لديها قدرة أكبر على التعلم، من خلال تعلم كل شيء دون برمجة أي أنها لا تستند بالضرورة إلى عمليات برمجة مسبقة، وتستخدم الخبرات السابقة في التفاعل مع المعطيات الجديدة، لتخرج بنتائج تبهر المحترفين، وبالتالي يمكنها محاكاة العقل البشري بشكل كامل والذي يشمل كل مراحل الإدراك و الإحساس.

3.2.2 الذكاء الاصطناعي الخارق: هو ذكاء اصطناعي افتراضي حيث تصبح الحواسيب الآلية مدركة لذاتها تفكر تماما مثل البشر بل أنها في هذه الحالة تتجاوز قدرة الذكاء البشري، نتيجة لتفوق قدرات الكفاءة الفكرية للحواسيب الآلية، وبالتالي تصبح الآلة قادرة على صنع القرار وحل المشكلات التي يعجز الإنسان القيام بها وهو ما يتوقع البعض حدوثه بحلول عام 2099.

3.2 فروع الذكاء الاصطناعي: يتفرع الذكاء الاصطناعي لعدة فروع و التي تتمثل فيما يلي:

1.3.2 تعلم الآلة: هو العلم الذي تتمكن من خلاله الآلة من ترجمة وتنفيذ والتحقق من البيانات، والتي تقوم

بتحليلها عن طريق نمودجا مكون من خوارزميات مطورة والتي تقوم بتمييزها بلغة تفهمها الآلة، وعند إدخال بيانات جديدة تتوسع معرفة النموذج وهذا كله بغرض إيجاد حلول لبعض المشكلات التي تواجه الإنسان.

2.3.2 الشبكة العصبية أو التعلم العميق: وهي نوع من تطبيقات الذكاء الاصطناعي ، وهي تشبه الدماغ

البشري في التصميم والتي تدمج ما بين علم الأعصاب والذكاء الاصطناعي بطريقة مرنة لحل العديد من المهام المعقدة جدا لقدرتها على إجراء تحليلات أعمق واسرع ،من خلال اعتمادها على التعلم السريع وقدرتها على التغير في البيئة الديناميكية ، و تتكون كل خلية عصبية من جسم خلية معالجة البيانات والمعلومات وجلبها من وإلى الدماغ بغرض التعلم وإنتاج المعرفة عن طريق إنشاء هياكل جديدة لنظام المعالجة عبر طبقتين الأولى

تستقبل البيانات والثانية تساهم في تخريج النتائج النهائية. (Soori & Dastres, 2021, p. 02)

3.3.2 الروبوتات: تستند هذه التطبيقات إلى الدمج ما بين تخصصات العلوم والبيانات، والهندسة الميكانيكية

والكهربائية، وعلوم الحاسب الآلي، وبعض العلوم الأخرى، وحسب المعهد الأمريكي للروبوتات "تعتبر الروبوتات معالجات مصنوعة بغرض تحريك المعدات والقطع والأشياء والمواد إضافة إلى القيام بعدة مهام ووظائف عن طريق الحركة المبرمجة آليا والتي تجعل منه عامل اصطناعي متحرك يمتلك قدرا من الاستقلالية والقرار، (عادل، 2005، صفحة 65) ، ويتم إدماج الذكاء الاصطناعي في الروبوتات من أجل تمكينها من محاكاة الذكاء البشري من خلال الأنظمة الذكية المنشأة ، مما يجعلها تعمل عوضا من الإنسان في كثير من الأحيان.

4.3.2 الأنظمة الخبيرة: وهي الأنظمة القائمة على المعرفة ، من خلال عملية محاكاة نظم صنع القرار التي

تعتمد على الذكاء البشري وتقنيات الذكاء الاصطناعي للوصول إلى حل المشكلات المعقدة اعتمادا على التفكير المنطقي، ويتم استخدامها لحل مشاكل محددة في مجالات معينة ،وبالتالي فهي تشكل نظام استشاري مصطنع يحلل البيانات المرتبطة بالمشكلة المطروحة ويقترح الحلول الصحيحة لصانعي القرار، من خلال استعمالها لمنهجية الاستدلال التي تتكون من خوارزميات معقدة ومستقلة عن مجال المشكلة وتقدم حلولاً وبدائل لقاعدة

المعرفة (J.F Lucas & C. van der Gaag, 1991, p. 5).

2.3.5 المنطق الضبابي: المنطق الضبابي هو تطبيق للذكاء الاصطناعي يقوم بتحليل وتعديل المعلومات غير المؤكدة والتعامل مع حالات عدم اليقين عن طريق قياس درجة صحة الفرضيات المختلفة، استناداً إلى فرضيات التفكير المنطقي للعقل البشري، ويعد المنطق الضبابي من المبادئ المستخدمة في طرائق الاستنتاج التقريبي والاستنتاج الدقيق ، ويستخدم في مجال صنع القرار والسيطرة والتحكم .(حامد، الفخري، و عزيز ذكاء، 2011، صفحة 202).

2.4 استخدامات الذكاء الاصطناعي في قطاع الزراعة :

يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي أن تصبح أحد أهم الركائز الأساسية التي تعمل على تطوير القطاع الزراعي، حيث أسهمت هذه التقنيات في تحفيز التوسع في الزراعة الدقيقة، والرفع من الإنتاجية من خلال الاستخدام المستدام للموارد المائية ،و فيما يلي أهم استخدامات تطبيقات الذكاء الاصطناعي في قطاع الزراعة:

2.4.1 استخدام الجرارات الزراعية ذاتية القيادة : تجمع هذه التقنية بين نظامي الاستشعار عن بعد (GPS) والتشغيل الآلي، وهذا يسمح بقيادة الجرارات بشكل دقيق مما سيسمح بتجنب الضغط المفرط للتربة، وتوفير الظروف الملائمة لنمو الزرع والحصاد، وبالتالي سيساعد ذلك في توفير الوقت وتكلفة الوقود والعمالة .

2.4.2 مكافحة الآفات والحشرات: وفقاً لمنظمة الأغذية والزراعة العالمية ، يتعرض ما بين 20 و 40% من محصول الحبوب في العالم حالياً إلى الهدر والتلف بسبب الآفات والحشرات، التي تعتبر من أكثر التهديدات التي تتلف المحاصيل على مستوى العالم قبل حصادها وتخزينها للاستهلاك ،وتساعد شركات الذكاء الاصطناعي مثل Farm Wise على إرسال تنبيهات للمزارعين عبر هواتفهم الذكية بشأن الحشرات مثل الجراد المحتمل نزولها نحو مزرعة معينة، مما سيسمح بتخفيف الأضرار في الوقت المناسب .(عبد العال، 2014، صفحة 57).

2.4.3 الطائرات الزراعية بدون طيار : هذه الطائرات الآلية بدون طيار قادرة على مراقبة نمو وإنتاج المحاصيل، مع تحديد الأعشاب والنباتات التالفة بالإضافة إلى ذلك يمكن نشرها لتحليل طبيعة التضاريس باستخدام الكاميرات وأجهزة الاستشعار الأخرى ،ومن المتوقع أن ينمو سوق الطائرات الزراعية بدون طيار بمعدل سنوي مركب يقدر ب 16.05 % خلال الفترة ما بين 2024-2029 ، لينتقل من 2.08 مليار

دولار أمريكي في عام 2024 إلى حوالي 4.36 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2029. (mordorintelligence, 2025).

4.4.2.الروبوتات الزراعية: تعمل شركات الذكاء الاصطناعي على تطوير روبوتات يمكنها أداء مهام متعددة في مجال الزراعة، ويتم تدريبها للعمل على مكافحة الأعشاب الضارة، وحصاد المحاصيل بوتيرة أسرع بكثير مقارنة بالبشر، و التي يمكنها حصاد ما يقارب 30 ألف م² من الأراضي في يوم واحد، مما يوفر الوقت والجهد ويسمح بتخفيض عدد العاملين، ومن المتوقع أن ينمو سوق الروبوتات الزراعية العالمي بمعدل نمو سنوي مركب يقدر ب 16.1% خلال الفترة 2032-2024 ليصل إلى حوالي 35.7 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2032. (imarcgroup, 2025).

5.4.2.التوسع في الزراعة الدقيقة : تساعد تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التوسع في الزراعة الدقيقة، من خلال توفير التوجيه المناسب للمزارعين حول الزراعة المثلى، وإدارة المياه والحصاد في الوقت المناسب وغيرها، وذلك عن طريق استخدام البرامج الرياضية والبيانات الضخمة الملتقطة من المستشعرات الموجودة في التربة ، ويساهم هذا النوع من الزراعة في اقتصاد الموارد المائية يصل إلى 90% مقارنة مع الزراعات التقليدية.

5.2.تطور سوق الذكاء الاصطناعي في القطاع الزراعي: لقد بلغت إيرادات الذكاء الاصطناعي في قطاع الزراعة في عام 2023 حوالي 1.5 مليار دولار أمريكي، حيث شهد هذا السوق المزيد من التوسع في عام 2024 إذ بلغت إيراداته الإجمالية 1.8 مليار دولار أمريكي، ومن المتوقع أن تصل إجمالي عائدات سوق الذكاء الاصطناعي في قطاع الزراعة مع نهاية عام 2025 حوالي 2.4 مليار دولار أمريكي ، وبالتالي نلاحظ أن لتقنيات الذكاء الاصطناعي تأثير كبير في سوق الزراعة العالمي ، حيث سيتطور بمعدل نمو سنوي مركب سيقدر ب 24.5 % خلال الفترة 2032-2022 ، وهذا ما سيضيف المزيد من الإيرادات المالية الكبيرة لسوق الزراعة العالمي لتصل إلى حوالي 10.2 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2032، وهذا ما سيعكسه النمو المتزايد لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في الزراعة، من خلال الاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية وخاصة منها الموارد المائية بما سيحقق الاستفادة في استغلال الموارد .(الجدول رقم 01)

الجدول رقم 01: إجمالي إيرادات تطبيقات الذكاء الاصطناعي والمتوقعة في سوق الزراعة العالمية خلال الفترة

الوحدة: مليار دولار أمريكي

2032-2022.

السنوات	إيرادات تطبيقات الذكاء الاصطناعي في السوق الزراعية العالمية	السنوات	إيرادات تطبيقات الذكاء الاصطناعي في السوق الزراعية العالمية
2022	1.2	*2028	4.2
2023	1.5	*2029	5.3
2024	1.8	*2030	6.4
*2025	2.4	*2031	8
*2026	3	*2032	10.2
*2027	3.7		

*إجمالي إيرادات تطبيقات الذكاء الاصطناعي المتوقعة في سوق الزراعة العالمية خلال الفترة 2032-2022

المصدر: من إعداد الباحثين بناءً على معطيات (Tajammul, Pangarker, 2024)

3. مفهوم كفاءة استخدام المياه: لقد طرح مفهوم كفاءة استخدام المياه لأول مرة في عام 1913م من طرف برنارد شانتز ويظهر فيه العلاقة بين إنتاجية النبات واستخدام المياه ، وتطور المفهوم فيما بعد إلى أن أصبح يستخدم مصطلح كفاءة استخدام المياه كمقياس أو مؤشر يقيس كمية الكتلة الحيوية المنتجة لكل وحدة مياه يستخدمها النبات (Hatfield & Dold, 2019) ، أما منظمة الإسكوا التابعة لمنظمة الأمم المتحدة فقد اعتبرت أن كفاءة استعمال المياه عموماً تقاس بنسبة الكمية المستعملة فعلياً من المياه إلى الكمية المسحوبة فعلاً. (UNESCOWA, 2025).

وبالتالي فإن كفاءة استخدام المياه في الري تمثل تلك النسبة بين الاستخدام الفعال للمياه وعملية السحب الفعلية للمياه، إذن فهي تعبر عن فعالية استخدام المياه بغرض استدامة الموارد المائية وزيادة الإنتاجية الزراعية، وبذلك فإن الرفع من كفاءة الري يقتضي بالضرورة التحول من نظام الري التقليدي الذي يعتمد على طريقة الغمر في السقي إلى نظام ري حديث يعتمد على التقنيات العصرية والمتطورة والتي تعمل على التقليل من الفاقد المائي في الري بما يمثل ما بين 30-50% مقارنة مع نظام الري القديم مما يسمح بزيادة الإنتاجية من خلال الإمداد بكميات ثابتة من المياه مع تقليص الخسائر في التبخر.

1.3 طريقة قياس مؤشر كفاءة استخدام المياه في الزراعة المروية:

يتضمن مؤشر كفاءة استخدام المياه كلا من بيانات استخدام المياه والقيمة الإجمالية المضافة للمياه، و يعكس كذلك التغيرات الناتجة على عوامل أخرى، إذن فهي تعبر عن القيمة المضافة للزراعة حسب استخدام المياه فيها ويعبر عنها بالدولار أمريكي/م³ ، في حين أن الزيادات في قيمة المؤشر قد تكون كنتيجة في تقليص استخدام المياه من خلال تعزيز كفاءة التوزيع والاستخدام من جهة ، كما يمكنها أن تعبر الزيادة في المؤشر من جهة أخرى على ارتفاع مخرجات الإنتاج وبالتالي فهي تعكس تطور البنية التحتية أو تحسن في ظروف السوق الملائمة، وتحدد قيمة مؤشر كفاءة استخدام المياه في الزراعة المروية وفق الصيغة الرياضية التالية: (Gillet & Riccardo, 2023)

$$Awe = \frac{GVA_{al} + GVA_{aa} + [GVA_{ac}X(1 - Cr)]}{V_a}$$

حيث أن :

A_{we} تمثل كفاءة استخدام المياه في الزراعة المروية.

GVA_{al} تمثل إجمالي القيمة المضافة للقطاع الفرعي للمواشي (بالدولار الأمريكي).

GVA_{aa} تمثل إجمالي القيمة المضافة للقطاع الفرعي لتربية الأحياء المائية في المياه العذبة (بالدولار الأمريكي).

GVA_{ac} تمثل إجمالي القيمة المضافة للقطاع الفرعي للزراعات المروية (بالدولار الأمريكي).

Cr تمثل نسبة إجمالي القيمة المضافة للزراعة من الزراعة البعلية (%).

V_a تمثل حجم المياه المستخدمة في القطاع الزراعي (م³).

2.3 واقع قيمة كفاءة استخدام المياه على المستوى العالمي:

لقد ارتفعت قيمة كفاءة استخدام المياه على المستوى العالمي خلال الفترة ما بين عامي 2015 و2021 من 17.4 دولار أمريكي/م³ في عام 2015 إلى 20.8 دولار أمريكي/م³ في عام 2021 ، وهذا ما يمثل زيادة في كفاءة استخدام المياه بنسبة 19.3 % ، مما يفسر بوجود حاجة لكميات أقل من استغلال المياه لتوليد الناتج الاقتصادي العالمي بالمقارنة مع سنة 2015، وهذا ما تبرزه نتائج الجدول رقم(2).

الجدول رقم (2): قيمة كفاءة استخدام المياه عالميا في الفترة ما بين 2015-2021.

الوحدة : دولار أمريكي /م³

السنوات	قيمة كفاءة الاستخدام(دولار أمريكي/م ³)
2015	17.4
2016	17.8
2017	18.4
2018	19.2
2019	19.5
2020	19.1
2021	20.8

المصدر : من إعداد الباحثين بناء على معطيات موقع(منظمة الاغذية والزراعة للامم المتحدة الفاو، 2024)

3.3. تطور استخدام المياه على المستوى العالمي حسب القطاعات الاقتصادية الرئيسية (2015 و 2021) :

من خلال معطيات الجدول رقم (3) يتبين أن إجمالي استخدام المياه على المستوى العالمي قد انخفض بنسبة 0.1 % خلال عام 2021، حيث انخفض سحب المياه من حوالي 3992.4 مليار م³ في عام 2015 ليصل إلى حوالي 3990.2 مليار م³ في عام 2021، بينما شهد قطاع الخدمات ارتفاع ملحوظ في استخدام المياه والذي قدر بنسبة 10.6 % ، وهذا راجع بالدرجة الأولى إلى ارتفاع عدد السكان في العالم وكذا تحسن ظروف المعيشة في المدن، وبالمقابل شهد القطاع الصناعي تراجعاً في استخدام المياه والذي قدر بنسبة 6.5 % ، وهذا راجع لاستخدام القطاع للمياه الناتجة من تدوير المياه المستعملة واستخدامها في أنظمة التبريد، وكذا الاعتماد على التكنولوجيا الحديثة المحافظة على البيئة والموارد المائية بشكل خاص ، بينما القطاع الزراعي فقد انخفض استهلاكه للمياه والذي قدر بنسبة 0.6 % ، ويرجع ذلك إلى تعزيز الممارسات الزراعية الحديثة في العديد من بلدان العالم كالاتتماد على طرق الري الحديثة الموفرة للمياه ، ولكن كل هذه الجهود المبذولة في القطاع الزراعي تبقى غير كافية بالنظر إلى زيادة الطلب العالمي على المياه الزراعية بسبب تنامي الطلب على الغذاء وبسبب تكثيف العديد من الأنواع الزراعية وما نتج عنه من زيادة في المساحات الزراعية المروية.

الجدول رقم (3): التغير في استخدام المياه عالميا حسب القطاعات الاقتصادية (2015 و 2021):

الوحدة : مليار م³/سنة

السنوات	2015	2021	نسبة التغير المئوية
استخدام المياه الزراعية	2871.7	2855.5	-0.6 %
استخدام المياه الصناعية	642	600.6	-6.5 %
استخدام المياه في قطاع الخدمات	477.7	528.3	10.6 %
أجمالي استخدام المياه	3992.4	3990.2	-0.1 %

المصدر: تقرير (FAO & UN-WATER, 2024)

4.3 تطور كفاءة استخدام المياه العذبة في مختلف القطاعات الاقتصادية على المستوى العالمي (2015 و 2021):

لقد شهد عام 2021 زيادة في كفاءة استخدام المياه العذبة في معظم القطاعات الاقتصادية الرئيسية على المستوى العالمي، حيث اظهر قطاع الصناعة كفاءة في استخدام المياه تعادل 37.2 دولار أمريكي/م³، وبالمقابل فقد شهد قطاع الخدمات كفاءة في استخدام المياه قدرت ب 111 دولار أمريكي /م³، بينما سجل القطاع الزراعي كفاءة في استخدام المياه ب 0.7 دولار أمريكي /م³، وبمقارنتها مع تلك الأرقام المسجلة في عام 2015، فإننا نستنتج أن قطاع الزراعة المروية قد أظهر أكبر نسبة مئوية في التغير قدرت ب 40%، متبوعا بالقطاع الصناعي والذي سجل بدوره نسبة تغيير قدرت ب 30.9 %، وبالمقابل فقد سجل قطاع الخدمات اقل نسبة في التغير في كفاءة استخدام المياه قدرت ب 6.3 %). (الجدول رقم 04)

الجدول رقم (4): التغيرات في كفاءة استخدام المياه العذبة في مختلف القطاعات الاقتصادية على المستوى العالمي (2015 و 2021):

السنوات	2015	2021	نسبة التغير المئوية
كفاءة استخدام المياه الزراعية	0.5 د/م ³	0.7 د/م ³	40 %
كفاءة استخدام المياه الصناعية	28.4 د/م ³	37.2 د/م ³	30.9 %
كفاءة استخدام المياه في قطاع الخدمات	104.4 د/م ³	111 د/م ³	6.3 %

المصدر: (UN-WATER & FAO، 2024)

4. تجربة المملكة العربية السعودية: تعتبر المملكة العربية السعودية من الدول التي تواجه تحديات كبيرة في مجال ندرة المياه، خاصة مع اتساع الرقعة الزراعية وتزايد الطلب على الغذاء، وهنا يبرز دور الذكاء الاصطناعي (AI) كأحد الحلول الواعدة لتعزيز كفاءة استخدام المياه في القطاع الزراعي السعودي، وهو ما دفعها لتبني استراتيجيات مبتكرة تعتمد على هذه التقنيات الحديثة لتحسين إدارة الموارد المائية وتحقيق الاستدامة الزراعية.

1.4 الإستراتيجية الوطنية للذكاء الاصطناعي: تعتبر الإستراتيجية الوطنية للبيانات والذكاء الاصطناعي "نسدي" إستراتيجية طويلة الأجل ، والتي تسعى السعودية من خلالها إلى رسم مستقبل مزدهر في مجال البيانات والذكاء الاصطناعي على المستويين المحلي والدولي ، وقد أعلن عن إطلاق الإستراتيجية في القمة العالمية الأولى للذكاء الاصطناعي والتي نظمتها الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي "سدايا" في الرياض في عام 2020 ، ولعل ما سيساعدها على تبني خيار رقمته العديد من القطاعات الاقتصادية هو تفتحها على العديد من التقنيات التكنولوجية ، وانتشار العديد من المدن الذكية كمدينة "نيوم" والتي ستساعد في استكشاف واختبار العديد من البيانات الضخمة وتقنيات الذكاء الاصطناعي من جهة ، وامتياز التركيبة البشرية للمجتمع السعودي بقوة شبابية حيث يمثل ما يزيد عن 60% من إجمالي سكان السعودية شباب تقل أعمارهم عن 30 سنة من جهة أخرى، وتهدف الإستراتيجية الوطنية لتحقيق حوالي 66 هدفا بحلول عام 2030 ، بحيث ستعتمد بشكل شبه كلي على البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي ، وهذا لتعزيز طموح السعودية لأن تكون من بين أفضل 15 دولة في الذكاء الاصطناعي على المستوى العالمي، وتم جذب استثمارات محلية وأجنبية تقدر بحوالي 75 مليار ريال، من خلال تحفيز مناخ ريادة الأعمال الرقمية بتحفيز ما لا يقل عن 300 شركة ناشئة في المجال .

2.4 أبرز إنجازات المملكة العربية السعودية في مجال الذكاء الاصطناعي: لقد حققت السعودية عدة إنجازات في مجال الذكاء الاصطناعي، حيث احتلت السعودية المرتبة الأولى عالميا في عام 2023 فيما يتعلق بمؤشر الإستراتيجية الحكومية للذكاء الاصطناعي (Tortoise AI Index, 2023) ، كما احتلت المرتبة الثانية في مؤشر جاهزية الحكومات للذكاء الاصطناعي على مستوى الشرق الأوسط وشمال إفريقيا لعام 2023 (Martinescu, 2023, p. 22)، و صنفت خمسة مدن سعودية وهي الرياض، مكة، جدة ، المدينة والخبر

من أفضل مائة مدينة ذكية في العالم في عام 2025. (IMD -International Institute for Management Development, 2025, pp. 18-19)

وفي مجال السياسات والتنظيمات الحكومية في مجال الذكاء الاصطناعي فقد أسست السعودية أكثر من 245 مكتب لإدارة البيانات حتى نهاية عام 2024 (الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي، 2024، صفحة 17)، كما أنشأت نظام وطني لحماية البيانات وتنظيم نقلها داخل وخارج السعودية .

أما في مجال الاستثمارات فقد شهدت السعودية جلب استثمارات ضخمة في القطاع الرقمي في مؤتمر ليب 2025 العالمي والذي يهتم بالقضايا التقنية، حيث بلغ حجم الاستثمارات حوالي 14.9 مليار دولار (وكالة الأنباء السعودية، 2025)، وهذا ما يعكس الدور الهام والمحوري للسعودية في مجال الابتكار والتقنيات الحديثة، كما شهدت السنوات الأخيرة زيادة في حجم الاستثمارات الحكومية في القطاع الرقمي حيث ارتفعت من 2.66 مليار دولار أمريكي في عام 2019 إلى حوالي 11.16 مليار دولار أمريكي في عام 2023 وبمعدل نمو سنوي مركب قدر ب 59% وفقا لإحصائيات هيئة الحكومة الرقمية السعودية، وقد بلغ حجم الاستثمار الحكومي في التقنيات الناشئة والذكاء الاصطناعي خلال الفترة 2019-2023 حوالي 226.5 مليون دولار أمريكي، بينما بلغ حجم الاستثمار التراكمي في البنية التحتية للحوسبة السحابية لكل البرمجيات حوالي 149.3 مليون دولار أمريكي وبمعدل نمو سنوي مركب يقدر ب 84% خلال الفترة 2019-2023 (Digital Govement Authority, 2023)، كما قامت السعودية من خلال مشروع نيوم باستثمار 100 مليون دولار أمريكي في شركة pony.ai، وهذا لتطوير المركبات ذاتية القيادة عبر صندوق نيوم الاستثماري (Neom, 2023).

و من جهة أخرى فقد استثمرت شركة أوراكل العالمية أكثر من 1.5 مليار دولار أمريكي لإطلاق منطقة سحابية عامة في السعودية لتلبية الطلب المتزايد على خدمات الذكاء الاصطناعي والحوسبة السحابية وكذا ضمان أمن البيانات القوية وتعزيز مرونة الأعمال (Oracle, 2024)، ويتوقع أن يساهم الذكاء الاصطناعي في الناتج المحلي الإجمالي بحوالي 12% بحلول عام 2030 (PwC, 2017)، كما يتوقع أن يبلغ معدل النمو السنوي للإنفاق على خدمات الحوسبة السحابية العامة 23% بحلول عام 2029، مما

سيساهم في نمو سوق الذكاء الاصطناعي في السعودية والذي سيتوقع أن ينمو بمعدل نمو سنوي مركب يقدر بـ 29% بحلول عام 2030 (Jawad, 2024) .

3.4.3 نظرة عامة حول وضعية المياه في السعودية: يبلغ إنتاج المياه في السعودية حوالي 11.5 مليون م³/يومياً موزعة على كل مناطق المملكة، أما مياه الصرف الصحي المعالجة فتقدر بحوالي 2 مليار م³ والتي تشكل بديلاً من البدائل غير التقليدية التي تساهم في تعزيز الأمن المائي السعودي (الابتكار المائي في المملكة العربية السعودية خارطة طريق تبني التقنيات، 2024، صفحة 08)، كما شهد عام 2023 إنتاج 3.785 مليون م³ من المياه المحلاة ، والذي شكل ما نسبته 22% من إجمالي الموارد المائية، فيما شكلت المياه الجوفية غير المتجددة حوالي 62% من مجموع الموارد المائية في السعودية في نفس السنة، كما ارتفع استهلاك المياه المعاد استخدامها ليصل إلى 555 مليون م³ في عام 2023، وبلغت كمية المياه الجوفية غير المتجددة المستخرجة حوالي 10.849 مليون م³، كما بلغت كمية المياه الجوفية المتجددة المستخرجة في عام 2023 حوالي 2.824 مليون م³، ولقد بلغ استهلاك القطاع الزراعي للمياه في عام 2023 حوالي 12.298 مليون م³، بينما استهلك القطاع الصناعي 2.285 مليون م³ وحوالي 1.256 مليون م³ لقطاع العائلات، وبالمقابل لقد انخفض استهلاك المياه الجوفية غير المتجددة في الزراعة في نفس السنة بنسبة 7% مقارنة بعام 2022 حيث بلغ 9.356 مليون م³. (الهيئة العامة للإحصاء، 2023).

4.4 التكنولوجيا الحديثة في قطاع المياه في المملكة العربية السعودية: لقد ساهمت التقنية والابتكار في قطاع المياه في تحسين إدارة الطلب على المياه في جميع القطاعات ، والتي تمثلت فيما يلي:

1.4.4 أنظمة التناضح العكسي المتقدمة: حيث تعتبر هذه التقنية رائدة في مجال تحلية المياه اليوم ، حيث تركز على تحسين أداء محطات تحلية المياه المطورة، وبالتالي ستخفض هذه التقنيات الحديثة من تكلفة استهلاك الطاقة في مراحل إنتاج المياه المحلاة، حيث وصلت السعودية إلى رقم قياسي عالمي في استهلاك الطاقة والذي بلغ 2.27 كيلو واط في الساعة/م³ في عام 2023، وهذا في إطار عمل فرق بحث لمعهد ابتكار تقنيات المياه والأبحاث (الابتكار المائي في المملكة العربية السعودية خارطة طريق تبني التقنيات، 2024، صفحة 36)

2.4.4 إدارة التسرب الذكية: وترتكز على التقنيات المتقدمة لاكتشاف التسربات وتحديد موقعها والتقليل منها، وتتم في مرحلتي النقل والتوزيع عن طريق استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي والمتمثلة في المستشعرات عن بعد، وتهدف السعودية إلى تقليل نسبة الهدر بنسبة 15% وزيادة استمرارية خدمة إمداد المياه بنسبة 100% (الابتكار المائي في المملكة العربية السعودية خارطة طريق تبني التقنيات، 2024، صفحة 38)

3.4.4 معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها: وتسعى السعودية إلى معالجة مياه الصرف المجمعة بنسبة 100% المتوقعة تحقيقها من خلال تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي الذكية وإعادة استخدامها، والتي يمكنها تحسين معدل إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة من 17% إلى 70% بحلول عام 2030 ، كما تهدف إلى زيادة نسبة السكان الذين ستشملهم خدمات الصرف الصحي من 60% إلى 75% بحلول عام 2030. (الابتكار المائي في المملكة العربية السعودية خارطة طريق تبني التقنيات، 2024، صفحة 40).

4.4.4 الاستهلاك المبتكر للمياه في المنازل: وتعتبر السعودية من بين الدول الأكثر استهلاكاً للمياه في المدن على المستوى العالمي، حيث يتجاوز استهلاك الفرد الواحد في المدن 275 لتر/ يومياً وهو معدل مرتفع مقارنة بالمعدلات العالمية ، وتستهدف السعودية من خلال إستراتيجيتها الوطنية للمياه إلى تقليصه إلى حوالي 150 لتر/ يومياً للفرد الواحد بحلول عام 2030 وهذا عن طريق الرفع من استخدام التقنيات الذكية .

5. دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة استخدام المياه الزراعية في السعودية: لقد اعتمدت السعودية خطة طموحة لقطاع البحث التطوير والابتكار ، كما يساهم القطاع الزراعي حالياً بحوالي 4.3% من الناتج المحلي الإجمالي غير النفطي، ولقد اعتمدت على مجموعة من التقنيات الزراعية الحديثة المبنية على تقنيات الذكاء الاصطناعي من أجل ترشيد استخدام مياه الري وتمثلت فيما يلي:

1.5 الري المبتكر: وتشمل على مجموعة متنوعة من الأنظمة التي تهدف إلى الرفع كفاءة استخدام المياه، من خلال تحسين إدارة الموارد المائية بفاعلية، وتشمل هذه التقنيات ما يلي:

1.1.5 الري المحوري المركزي: وهو نظام الري الميكانيكي لسقي الحقول الكبيرة والمحاصيل الكبرى والتي تخص زراعة الحبوب العلف، بعض الخضضر، والتي تستخدم النمط الدائري للسقي باستخدام رشاشات ، واستخدام

أجهزة الاستشعار عن بعد ، وتساهم هذه التقنية في توفير المياه ما بين 30-50 % بينما تبلغ كفاءة استخدام المياه الزراعية ما بين 70-85 % .

2.1.5 الري الجزئي أو بالتنقيط: وهو نظام الري الذي يوصل المياه مباشرة إلى جذور النباتات بكميات صغيرة يمكن التحكم بها ، كما تستخدم أجهزة الاستشعار عن بعد وهذا لقياس حجم رطوبة التربة والتحكم في كمية المياه، ويستخدم هذا النوع من السقي في زراعة الخضروات والأشجار المثمرة ، ويوفر هذا النوع من السقي ما بين 40-60 % من المياه ويرفع الإنتاجية بحوالي 35 %، بينما تبلغ كفاءة استخدام المياه ما بين 90-95% وسيضاعف سوق هذه التقنية في السنوات العشر القادمة أكثر من أربعة أضعاف ، حيث بلغ 15 مليار دولار أمريكي في عام 2022 ليصل إلى حوالي 64 مليار دولار أمريكي في عام 2032. (MorganStanley, 2022)

3.1.5 الري الذكي وإدارة المياه المستعملة: وهو نظام ري يعتمد على استخدام أجهزة استشعار، و تحليل البيانات الضخمة المتعلقة بالطقس، ومراقبة جداول الري وضبطها بناء على الظروف المناخية السائدة وفي الوقت الفعلي، حيث يقلل من استهلاك المياه بنسبة تصل إلى 90%، ومع زيادة ضغط الطلب على المياه الزراعية فإن لتقنيات الري الذكية وإدارة المياه المستعملة تعتبران من بين الحلول الفعالة التي تعمل على استدامة الزراعة في السعودية، و لقد واجهت تبني السعودية لهذه التقنيات جملة من التحديات والتي تمثلت في نقص التحسيس للمزارعين المحليين لهذه التقنيات الجديدة ، وكذا ارتفاع التكاليف الاستثمارية لهذه التقنيات والتي تصل إلى 1000 دولار أمريكي للهكتار الواحد مقارنة مع تكلفة الوصول إلى المياه الجوفية غير المتجددة والتي تعتبر الأقل تكلفة . (وزارة البيئة والمياه والزراعة السعودية، 2024، صفحة 37)

2.5 الإدارة المتكاملة لزراعة الأحياء المائية: والتي تعرف بالزراعة المائية والتي تشمل مجموعة من التقنيات والممارسات الحديثة لإدارة عمليات زراعة الأحياء المائية ، ويتوقع أن ترتفع القدرات الإنتاجية لزراعة الأحياء المائية في السعودية من 0.14 مليون طن سنويا في عام 2022 إلى 0.5 مليون طن سنويا بحلول عام 2030، في حين يتوقع أن ينمو الطلب العالمي من 91 مليون طن في عام 2022 إلى حوالي 114 مليون طن بحلول عام 2032 (OECD/FAO, 2021)، ولبلوغ هذه الأهداف اعتمدت السعودية على تطوير عدة برامج

وطنية لتشجيع تربية الأحياء المائية ومصائد الأسماك ، من بينها البرنامج الوطني للاستزراع المائي، كما طورت شركة البحر الأحمر للتطوير نظاما جديدا للاستزراع المائي المكثف ، ويعتبر ارتفاع التكاليف الإنشائية من بين أهم العوائق التي تشهدها عملية تطوير الإدارة المتكاملة لزراعة الأحياء المائية وهذا راجع لضرورة توفير مساحات كبرى وبنية تحتية متخصصة.

3.5 الزراعة المحمية والتحكم البيئي: وتهدف إلى زيادة الإنتاجية الزراعية من خلال استغلال الموارد المائية بشكل مستدام والتأقلم مع التغيرات المناخية ، وتشمل البيوت المحمية الزراعة المائية والعمودية ، بحيث سينمو سوق الزراعة المائية في المملكة العربية السعودية خلال الفترة 2023-2030 بمعدل سنوي مركب يقدر بـ 15.4% ليصل إلى حوالي 386 166 دولار أمريكي بحلول عام 2030، وتهدف السعودية إلى إنتاج حوالي 3.4 مليون طن من الخضروات بحلول عام 2030 ولهذا يجب الإسراع في اعتماد تقنيات الزراعة المحمية والتحكم البيئي، حيث يمكن لهذه التقنيات أن توفر ما بين 20-25% من استهلاك المياه الزراعية ، وقد ساهمت برامج البحث والتطوير التي يقوم بها صندوق التنمية الزراعية في تسريع تبني الحلول التقنية للزراعة المحمية والتي بلغت خطته الاستثمارية المتوقعة حوالي 1 مليار دولار أمريكي في عام 2025، (وزارة البيئة والمياه والزراعة السعودية، 2024، صفحة 40)، إلا أن اعتماد هذه التقنيات في الوقت الحالي محدود، وهذا راجع لارتفاع التكاليف الإنشائية في البنية التحتية والتكاليف التشغيلية.

4.5 الطائرات بدون طيار والأقمار الاصطناعية: حيث تساعد الطائرات بدون طيار على تحسين كفاءة استخدام المياه الزراعية ، حيث حقق سوق الطائرات بدون طيار في السعودية إيرادات مالية بلغت حوالي 694.1 مليون دولار أمريكي في عام 2024 ، ومن المتوقع أن ينمو السوق خلال الفترة 2025-2030 بمعدل نمو سنوي يقدر بـ 13% ليصل إلى حوالي 1448 مليون دولار أمريكي بحلول عام 2030 (grandviewresearch, 2024) ، وبالمقابل يتوقع أن ينمو سوق التصوير العالمي بالأقمار الاصطناعية والمتعلقة بالأنشطة الزراعية بمعدل نمو سنوي مركب يقدر بـ 8% ليصل بحلول عام 2032 إلى حوالي 1083 مليون دولار أمريكي مقارنة مع 516 مليون دولار أمريكي المسجلة في عام 2022، لهذا يجب على السعودية تطوير التنظيمات القانونية لهذا القطاع لرفع بعض القيود التنظيمية الحالية.

6 خاتمة: لم تعد تقنيات الذكاء الاصطناعي مجرد ابتكار تكنولوجي فقط ، بل أصبحت محرك اقتصادي رئيسي على مستوى العالم ، وبالمقابل فقد أصبح القطاع الزراعي يساهم بشكل كبير في ارتفاع نسب الإجهاد المائي العالمي باعتباره من أكبر القطاعات الاقتصادية استهلاكاً للمياه ، وفي ظل كل هذه التحديات التي تواجهها الموارد المائية أصبح من الضروري الاعتماد على تقنيات الذكاء الاصطناعي لتعزيز كفاءة استخدام المياه في القطاع الزراعي ، وتعد التجربة السعودية تجربة رائدة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا في تبني الاقتصاد الرقمي المبني أساساً على تطبيقات الذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة ، وقد كثفت من الاعتماد على التكنولوجيا الحديثة والحلول المبتكرة في القطاع الزراعي مما سيسمح لها من تحقيق الاستدامة في استخدام مواردها المائية، ومن خلال دراستنا فقد أثبتنا صحة فرضيات الدراسة من خلال انه يوجد تأثير إيجابي لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة استخدام المياه الزراعية عن طريق التقليل من استهلاك المياه وتحسين جودة الإنتاج اعتماداً على تحليل بيانات التربة، وقد تم التأكيد على وجود جملة من التحديات التي يجب على السعودية مواجهتها من أجل الاستثمار الأمثل في التكنولوجيا الزراعية الرقمية مستقبلاً.

وخلصت الدراسة للنتائج التالية:

- تعمل تقنيات الذكاء الاصطناعي على الرفع من كفاءة استخدام المياه الزراعية، من خلال الاعتماد على طرق الري الذكية واستخدام التحليل التنبؤي ومعالجة التسرب في الوقت الحقيقي؛
- زيادة الإنتاجية الزراعية وتقليل التكاليف التشغيلية عن طريق الاعتماد على تحليل البيانات الضخمة المتعلقة بنوعية التربة وبيانات المناخ؛
- لقد خططت السعودية خطوات عملاقة في مجال الرقمنة والاقتصاد الرقمي، وهذا ما انعكس بالإيجاب على القطاع الزراعي من خلال تطوير الممارسات الزراعية والتي تهدف لتعزيز استدامة الموارد المائية؛
- رغم كل هذه الجهود المبذولة من طرف السعودية إلا أنه مازالت بعض العراقيل والتحديات التي تواجهها في سبيل تحقيق استدامة الموارد المائية في القطاع الزراعي.

ومن خلال ما سبق يمكننا اقتراح بعض الحلول التي ستسرع من عملية ترشيد استهلاك المياه في الزراعة، والتي تتمثل فيما يلي:

- تعزيز السعودية للتعاون الإقليمي والدولي في مجال التقنيات الزراعية ، ومحاولة الاستفادة من التجارب الدولية الناجحة في هذا المجال؛
- توطين التكنولوجيا الزراعية بهدف تقليص التكاليف التشغيلية المرتفعة، وتطوير البنية التحتية مما سيسمح بتخفيض التكاليف الإنشائية للمشاريع الزراعية الذكية وتوسيع السوق الوطنية للمنتجات الذكية؛
- توسيع حملات التحسيس والتوعية في أوساط المزارعين من أجل الاستخدام الأمثل للموارد المائية ؛
- تعزيز الأطر القانونية والتنظيمات للمرافقة لهذه التكنولوجيا الحديثة ، من أجل تسهيل الممارسات الزراعية الذكية وبلوغ أهداف التنمية المستدامة بحلول عام 2030.

7. قائمة المراجع:

قائمة المراجع باللغة العربية:

المؤلفات:

1. فوزي أمل ، عوض أحمد ، 2021، الملكية الرقمية في عصر الذكاء الاصطناعي :تحديات الواقع والمستقبل ، اصدارات المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية ، ألمانيا برلين.
2. عادل عبد النور ، 2005 مدخل الى عالم الذكاء الاصطناعي،السعودية،مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
- المقالات:
3. عبد العال، ماجد عبد الله ، 2014 ، أثر تبني المزارع للتكنولوجيا الزراعية الحديثة على رفع الكفاءة الاقتصادية للمحاصيل الزراعية وزيادة دخول المزارع وتقليل الفقر،مجلة الزقازيق للبحوث الزراعية ،جامعة الزقازيق ، المجلد 41 العدد 1.
4. الشرقاوي ، ماجد ابو النجا، 2023،الابعد الاقتصادية للذكاء الاصطناعي تقييم جاهزية الاقتصاد المصري،مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية ، جامعة السادات، المجلد 9 ، العدد 1.
5. عبد المنعم هبة، اسماعيل محمد ، 2021،الانعكاسات الاقتصادية للثورة الصناعية الرابعة-الذكاء الاصطناعي ،دراسات إقتصادية ، صندوق النقد العربي، العدد 78.
6. بكاري مختار ، 2022 ،تحديات الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في التعليم، مجلة المنتدى للدراسات والبحوث الاقتصادية، المجلد 6 العدد 1.
7. الفخري ، نعمة عبد الله ، الدباغ رائد عبد القادر حامد ، عزيز ذكاء يوسف ، 2011 ،تعدين بيانات مشتركى خدمة الانترنت باستخدام المنطق الضبابي والدالة التمييزية،المجلة العراقية للعلوم الاحصائية، المجلد 11 ، العدد 19.
8. جنيح أمين ، 2022 ، مشجعو الذكاء الاصطناعي ، العلاقات العامة ، النيوليبرالية والذكاء الاصطناعي ، مجلة ضياء للبحوث النفسية والتربوية ، المجلد 3 العدد 1
- التقارير من مواقع الانترنت:
9. سدايا .(2020) ، "وثيقة الاستراتيجية الوطنية للبيانات والذكاء الاصطناعي . "NSDAI"الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي، <https://sdaia.gov.sa> تاريخ الاسترداد 10ماي2025.

10. الابتكار المائي في المملكة العربية السعودية خارطة طريق تبني التقنيات 2024، <https://www.mewa.gov.sa>، تاريخ الاسترداد 05 ماي 2025.
11. الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (2024). حالة الذكاء الاصطناعي في المملكة العربية السعودية، <https://sdaia.gov.sa/>، تاريخ الاسترداد 10 ماي 2025.
12. الهيئة العامة للإحصاء (2023). نشرة حسابات المياه 2023، <https://www.stats.gov.sa>، تاريخ الاسترداد 14 ماي 2025.
13. منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة الفاو، 2024، الإحصائيات المائية، من الموقع . <https://data.apps.fao.org/aquastat> ، تاريخ الاسترداد 14 ماي 2025.
14. وزارة البيئة والمياه والزراعة السعودية (2024). الابتكار الزراعي في المملكة العربية السعودية .وزارة البيئة والمياه والزراعة السعودية، <https://www.mewa.gov.sa/> ، تاريخ الاسترداد 14 ماي 2025
15. وكالة الأنباء السعودية (2025). ليب 2025 يحتتم أعماله باستثمارات وإطلاقات مليارية. من الموقع ، <https://spa.gov.sa>، تاريخ الاسترداد 14 ماي 2025.

List of references in English:

1. IMD -International Institute for Management Development. (2025). SMART CITY INDEX 2025.
2. Geetha A, A study on artificial intelligence in banking and financial services 2021 International Journal of Creatives Research Thoughts volume 9 issue 9
3. Dgital Govenment Authority. (2023). Government ICT Spending Report in Saudi Arabia.
4. FAO & UN-WATER. (2024). Progress on change in water-use efficiency – Mid-term status of SDG Indicator 6.4.1 and acceleration needs, with special focus on food security and climate change. ROME: FAO & UN-WATER .FAO. <https://doi.org>.
5. Gillet, V., & Riccardo, B. (2023). Gillet, V. and Biancalani, R. 2023. Guidelines for calculation of the agriculture water use efficiency for global reporting – The agronomic parameters in the SDG indicator 6.4.1: yield ratio and proportion of rainfed production. rome, Italy: FAO.
6. grandviewresearch. (2024). The size of the drone market in Saudi Arabia from 2025 to 2030. grandviewresearch.
7. Hatfield, J. L., & Dold, C. (2019). Water-Use Efficiency: Advances and Challenges in a Changing Climate. . Frontier. Plant Science.
8. imarcgroup. (2025). Agricultural Robotics Market Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunities and Forecast 2024-2032. imarcgroup.com.
9. Jawad, S. (2024, july 12). Unlocking the Data Center opportunity in KSA. Retrieved mai 15, 2025, from rolandberger.com: <https://www.rolandberger.com>
10. Martinescu, L. (2023). The Government AI Readiness Index 2023 Oxford.

11. morderintelligence. (2025). Agricultural Drones Market Size and Share Analysis - Growth Trends and Forecast (2024 - 2029).
12. MorganStanley. (2022). Sustainability repport. morganstanley.com.
13. Neom. (2023, october 25). <https://www.neom.com>. Retrieved mai 13, 2025, from <https://www.neom.com/>: <https://www.neom.com/en-us/newsroom/neom-investment-fund-invests-in-pony-ai>
14. OECD/FAO. (2021). OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030, OECD Publishing, Paris. paris: OECD Publishing.
15. Oracle. (2024, AOUT 6). <https://www.oracle.com>. Retrieved mai 13, 2025, from <https://www.oracle.com/se/news/announcement/oracle-strengthens-saudi-arabias-ai-economy-with-opening-of-second-public-cloud-region>: <https://www.oracle.com>
16. Peter J.F. Lucas & Linda C. van der Gaag Principles of Expert Systems1991AmsterdamCentre for Mathematics and Computer ScienceAddison-Wesley
17. PwC. (2017). PwC's Global Artificial Intelligence Study: Exploiting the AI Revolution. PwC.
18. Soori, M., & Dastres, R. (2021). Artificial Neural Network systems. International journal of Imaging and Robotics , 21 (02).
19. Tajammul, P. (2024). AI in Agriculture Market to Surpass USD 10.2 billion by 2032. scoop.market.us .
20. Tajammul, P. (2025). AI in Agriculture Statistics 2025: A New Way to Grow. <https://scoop.market.us>.
21. Tortoise AI Index, (2023). The Global AI Index.
22. UNESCOWA. (2025). Water efficiency; water use efficiency<https://www.unescwa.org>. Retrieved mai 15, 2025, from www.unescwa.org: <https://www.unescwa.org>.