توظيف الذكاء الاصطناعي في خدمة القطاع الزراعي: بين الضرورة والتحديات

The Utilization of Artificial Intelligence in the Agricultural Sector: Between Necessity and Challenges

بلاسكة زكرياء*

مخبر دراسات استراتيجيات التنويع الاقتصادي لتحقيق التنمية المستدامة، المركز الجامعي عبد الحفيظ بوالصوف ميلة، الجزائر

balaska.zakaria@centre-univ-mila.dz

الوناس سفيان

مخبر دراسات استراتيجيات التنويع الاقتصادي لتحقيق التنمية المستدامة، المركز الجامعي عبد الحفيظ بوالصوف ميلة، الجزائر

lounnas.soufyane@centre-univ-mila.dz

تاريخ الإرسال: 2025/06/05 تاريخ القبول: 2025/07/26 تاريخ النشر: 2025/09/04

ملخص:

تواجه صناعة الزراعة العالمية العديد من التحديات، بما في ذلك النمو السكاني وتغير المناخ والقيود على الموارد، وفي هذا السياق برز دمج الذكاء الاصطناعي كحل واعد لتعزيز الإنتاجية والاستدامة والكفاءة في الزراعة، وتعمل تقنيات الذكاء الاصطناعي التي تشمل التعلم الآلي وتحليلات البيانات والروبوتات، على إحداث ثورة في ممارسات الزراعة التقليدية.

وعليه تهدف هذه الدراسة الى ابراز دور الذكاء الاصطناعي في حل مشاكل الزراعية، وتوصلت هذه الدراسة الى أن الذكاء الاصطناعي له دور فعال في تحسين إدارة الموارد وزيادة إنتاجية المحاصيل وتقليل التكاليف، اذ توفر التقنيات المتقدمة حلولا لزيادة الإنتاجية الزراعية وتحسين جودة المحاصيل اذ يساهم في تحقيق زراعة مستدامة.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، الزراعة، الإنتاجية، إدارة الموارد.

Abstract :

The global agriculture industry faces numerous challenges, including population growth, climate change, and resource constraints. In this context, the integration of artificial intelligence has emerged as a promising solution to enhance productivity, sustainability, and efficiency in agriculture. AI technologies, including machine learning, data analytics, and robotics, are revolutionizing traditional farming practices.

Accordingly, this study aims to highlight the role of artificial intelligence in addressing agricultural challenges. The findings indicate that AI plays a crucial role in improving resource management, increasing crop productivity, and reducing costs. Advanced technologies offer solutions to enhance agricultural productivity and improve crop quality, thereby contributing to sustainable farming.

Key Words: Artificial Intelligence, Agriculture, Productivity, Resource Management.

JEL Classification: Q1, Q3, Q16

* مرسل المقال: بلاسكة زكرياء (*balaska.zakaria@centre-univ-mila.dz*)

المقدمة:

لقد برز الذكاء الاصطناعي بسرعة كتقنية محورية في الزراعة، حيث يقدم حلولا مبتكرة لتعزيز الإنتاجية والاستدامة والكفاءة، اذ يعب الذكاء الاصطناعي دور فعالا في مختلف الممارسات الزراعية، بما في ذلك الزراعة الدقيقة، إدارة المحاصيل، مراقبة صحة التربة، مكافحة الآفات، والتحليلات التنبؤية، من خلال الاستفادة من تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل التعلم الآلي، الرؤية الحاسوبية، وتحليل البيانات، اذ يمكن للمزارعين اتخاذ قرارات مستنيرة بالبيانات لتحسين استخدام الموارد، وتقليل تكاليف المدخلات، وتقليل التأثيرات البيئية، بالإضافة إلى ذلك أثبت الذكاء الاصطناعي دوره الفعال في تطوير الأنظمة الآلية مثل الجرارات الذاتية القيادة، الطائرات المسيرة، وجمع المحاصيل الروبوتية، التي تساهم في تبسيط العمليات التي تتطلب الكثير من العمل، وعلى الرغم من إمكانياته الكبيرة فإن اعتماد الذكاء الاصطناعي في الزراعة يواجه عدة تحديات، بما في ذلك مخاوف الخصوصية المتعلقة بالبيانات، والحاجة إلى بنية تحتية ملائمة في المناطق الريفية، تبرز الأبحاث الجارية والاتجاهات المستقبلية في الزراعة المدعومة بالذكاء الاصطناعي أنه من المتوقع أن يحدث الذكاء الاصطناعي ثورة في الزراعة من خلال تمكين أنظمة غذائية أكثر كفاءة واستدامة ومرونة.

الإشكالية: نحاول من خلال هذه الدراسة الإجابة على الإشكالية المتمثلة في:

- **ما مدى مساهمة الذكاء الاصطناعي في تطوير الممارسات الزراعية وتعزيز كفاءة القطاع الزراعي؟**

تنبثق عن الإشكالية الرئيسية مجموعة من الأسئلة الفرعية التي تسعى الدراسة للإجابة عليها:

- ما هي أبرز تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في القطاع الزراعي؟
- كيف يمكن أن يساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين الإنتاجية الزراعية وتحقيق الاستدامة؟
- ما التحديات التي تعيق دمج الذكاء الاصطناعي بشكل فعال في الزراعة؟

أهمية الدراسة: تكمن أهمية الدراسة في أنها تعالج موضوعا حيويا من بين المواضيع المهمة التي تلقى اهتماما واسعا في الفترة الأخيرة، من خلال تسليط الضوء على دور الذكاء الاصطناعي في تحسين الأداء الزراعي وزيادة الإنتاجية من خلال تطبيق تقنيات متطورة تعزز من كفاءة استخدام الموارد، كما تساهم الدراسة في تقديم حلول مبتكرة للتحديات التي تواجه الزراعة، من خلال الاستفادة من تقنيات الذكاء الاصطناعي.

أهداف الدراسة: تهدف هذه الدراسة الى ابراز ما يلي:

- التعرف على التأصيل النظري الذكاء الاصطناعي؛
- التطرق الى أهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في الزراعة؛
- التعرف على دور الذكاء الاصطناعي في الزراعة؛
- التعرف على تأثير الذكاء الاصطناعي في زيادة المحاصيل؛
- القاء نظرة على تطور سوق العالمي للذكاء الاصطناعي في الزراعة وأهم الاستثمارات فيه.

المنهج المتبع: وقصد الالمام بجوانب الموضوع ومعالجة الإشكالية المطروحة، تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي الذي يلاءم طبيعة الموضوع، وفي هذا الصدد تم الاستشهاد بالدراسات تخدم متغيرات الموضوع.

I. مدخل حول الذكاء الاصطناعي

1.1. تعريف الذكاء الاصطناعيArtificial intelligence:

يتكوّن مصطلح "الذكاء الاصطناعي" من لفظين: "ذكاء" و "اصطناعي"، وفيما يأتي بيان لمفهوم كل منهما، ومن ثم توضيح المصطلح المركب منهما، فالذكاء في اللغة من الجذر اللغوي ذكا وهو سرعة الفطنة، وفي الاصطلاح هو جودة الفهم والذكاء كالبرق الألمع يتميز بسرعة إنتاج القضايا، وبسهولة استخراج النتائج، فهو ملكة للنفس تصقل بواسطة كثرة مزاولة المقدمات المنتجة.

أما الاصطناعي لغة فهو من الجذر اللغوي صنَعَ، وهو اسم منسوب إلى اصطناع، وهو ما ليس بطبيعي يستفاد بالتعلم من أرباب الصناعات، وفي الاصطلاح: هو صنع الشيء بعناية. (عوض، 2023، صفحة 111)

ويعرف مارتن ويك الذكاء الاصطناعي بقوله: هو قدرة الالة على القيام بالمهام التي تحتاج للذكاء البشري عند أدائها مثل الاستنتاج المنطقي والتعلم والقدة على التعديل. (سليمة، 2022، صفحة 74)

وفي تعريف لإليان ريتش *Rich Elian* " في كتابه الشهير حول الذكاء الاصطناعي أنه: علم محاولة تحويل الحاسوب الى آلة تحاكي البشر في أدائهم للأعمال بصورة تحاكي أو تفوق البشر. (سوسن، 2022، صفحة 54)

2.1. أنواع الذكاء الاصطناعي:

هناك ثلاث أنواع من الذكاء الاصطناعي، هم:

أ. الذكاء الاصطناعي العامGeneral Al : ويعرف باسم الذكاء الاصطناعي القوي، ويشير إلى قدرة الآلة على أداء مهام بشرية عقلية أو جسدية أو عاطفية بنجاح، ويرى بعض العلماء البارزين في هذا المجال، مثل يان لي كون، أن فكرة الذكاء العام لا وجود لها من الأساس؛

ب. الذكاء الاصطناعي المحدودWeak Al or Narrow : ويشار اليه أيضا باسم الذكاء الاصطناعي الضعيف، فهو مجموعة من الأنظمة المتخصصة التي يمكنها التعامل مع مجموعة محدودة من المهام، فعلى الرغم من قدرة نظام ألفا جو على سبي المثال، على هزيمة أي انسان في لعبة جو، الا أنه غير قادر على لعب البوكر؛ (الأسد، 2023، صفحة 168)

ت. الذكاء الاصطناعي فائق الذكاءSuper Al : حيث يتفوق هذا النوع على مستوى ذكاء البشر ويستطيع أن يقوم بمهام أفضل مما يقوم به الانسان المتخصص بعمل معين كالطبيب الجراح ذو الخبرة، يسمح الذكاء للآلة في هذا النوع بالتقدم وتطوير قدراتها المعرفية من خلال تجربتها الخاصة، بفضل تقنية التعلم الخاصة لدى هذا النوع من الذكاء الاصطناعي، بحيث تمكنها من القدرة على التعلم والتخطيط، والتواصل التلقائي، وإصدار الأحكام والقرارات بسرعة وبصفة مستقلة، وما زال هذا النوع من الذكاء الاصطناعي قيد التطوير. (جمال، 2022، صفحة 176)

3.1. تقنيات الذكاء الاصطناعي:

يتجسد الذكاء الاصطناعي في مجموعة من التقنيات التكنولوجية التي يمكن توضيحها كما يلي: (حمزة و دراجي، 2022، صفحة 07)

- **أتمتة L'automatisation**: وهي تجعل نظاما أو عملية تتم بشكل اوتوماتيكي، التي تبرمج لتنفيذ مهام متكررة بشكل أسرع من الانسان؛
- **التعلم الآلي *machine learning***: يهدف الى جعل الحاسوب يعمل دون مهندس مبرمج، يركز على استخدام البيانات والخوارزميات لمحاكاة الطريقة التي يتعلم بها الافراد وتحسين دقته تدريجيا؛
- **الرؤية الحاسوبية La vision par ordinateur**: هي تكنولوجيا قادرة على اكتشاف وتحليل المعلومة المرئية بمساعدة من كاميرا، تستعمل في التعرف على الامضاءات الشخصية أو تحليل الصور الطبية؛
- **تكنولوجيا Natural language processing NLP**: هي تكنولوجيا تهتم بمعالجة لغة الفرد عبر برامج معينة بحيث تميز حالات التزوير والان هي أكثر تطورا لارتكازها على التعلم الآلي، اذ أصبحت قادرة على ترجمة النصوص وتحليل المشاعر بالإضافة الى تحديد وتمييز الأصوات؛
- **الروبوتيك La robotique**: يتمثل في تركيب وتصنيع روبوتات أين تستعمل اليوم في سلاسل التركيب، وكذلك يتم اعتمادها من قبل الناسا لتركيب الأجهزة الضخمة بالفضاء والباحثين اليوم يحاولون ادراج أكثر للتعلم الآلي من أجل صنع روبوتات قادرة على التفاعل في إطار اجتماعي؛
- **المركبات ذاتية القيادة Les véhicules autonomes**: هذا النوع من المركبات يدمج بين الرؤية الحاسوبية، التعرف على الصور والتعلم الآلي، وقد طورت قدرته الاوتوماتيكية على قيادة المركبات في مسار محدد وبتجنب العراقيل غير المرتقبة كمرور المارين أو ظهور شيء ما في الطريق.

II. علاقة الذكاء الاصطناعي بالزراعة

1.2. دمج الذكاء الاصطناعي في الزراعة:

من المتوقع أن يصل عدد سكان العالم إلى أكثر من 09 مليارات نسمة بحلول عام 2050، الأمر الذي يتطلب زيادة الإنتاج الزراعي بنسبة تقدر بـ 70% لتلبية الطلب، وقد يأتي حوالي 10% فقط من هذا الإنتاج المتزايد من الأراضي غير المستغلة، وينبغي تلبية الباقي من خلال تكثيف الإنتاج الحالي، (Eli-Chukwu & Ezeagwu, 2019, p. 4381) ولمواجهة هذه التحديات القديمة والجديدة، تبرز الحاجة إلى رؤى مبتكرة وحلول فعالة، حيث تظهر تقنيات الذكاء الاصطناعي عند تطبيقها على العمليات الزراعية، قدرة كبيرة على رفع الإنتاجية وتحسين الكفاءة، إذ لا تقتصر هذه الحلول على تمكين المزارعين من تحقيق نتائج أفضل باستخدام موارد أقل، بل تمتد أيضا إلى تحسين جودة المحاصيل وتسريع إيصالها إلى الأسواق، (Dinrifo, A F , John , & Adeyemi , 2022, p. 03) حيث بحلول عام 2020 استخدم المزارعون 75 مليون جهاز متصل ومن المتوقع أن تولّد المزرعة الواحدة بحلول

عام 2050 ما يقارب 4.1 مليون نقطة بيانات يوميا، (Talaviya, Dhara , Nivedita , Hiteshri & Manan , 2020, p. 60) , حيث يساهم الذكاء الاصطناعي على تحسين الحقول الزراعية بكلفة منخفضة، وسرعة في المعالجة، وقدرة على التحكم في مختلف المشاكل الزراعية خلال فترات قصيرة، يمكن تطبيق تقنيات مختلفة مثل تحسين جودة الحصاد وإدخال الزراعة في المباني لزيادة معدل إنتاج المحاصيل، كما هناك العديد من التطبيقات للذكاء الاصطناعي التي ستساعد حقا الفلاحين مثل تحليل بيانات المزرعة من خلال تحسين جودة ودقة المحاصيل، كما تستخدم تقنيات الاستشعار المدعومة بالذكاء الاصطناعي لاكتشاف الأعشاب الضارة، وتشخيص أمراض النباتات، والتعرف على الآفات بدقة، ويتعامل الذكاء الاصطناعي من خلال مشاكل التي تواجه الفلاحين من نقص القوى العاملة وقلة اليد العاملة، من خلال الروبوتات الزراعية التي ستعمل بجانب الفلاحين، هذه الروبوتات تحصد المحاصيل بحجم أكبر وبشكل أسرع أيضا، وهناك روبوتات زراعية تستخدم في تكنولوجيا Blue river للتحكم في الأعشاب الضارة، كما أن هناك تقنية للرش تساعد الفلاحين من خلال الرش الجوي الذي يكون أسرع بخمس مرات باستخدام الطائرات بدون طيار مقارنة بالآلات التقليدية. كما تساعد آلة حاسبة الزراعة الفلاحين في اختيار المحاصيل المناسبة والميسورة التكلفة، حيث تقوم بحساب سعرها، يمكننا القول إن استخدام الذكاء الاصطناعي في الزراعة يتيح للمزارعين في جميع أنحاء العالم تشغيل أنفسهم بكفاءة أكبر، (Pawar, 2020, p. 01) وهناك العديد من الطرق التي يستخدم بها الذكاء الاصطناعي حاليا في الزراعة، ومن بين التقنيات الأكثر شيوعا:

أ. الزراعة الدقيقة: يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لجمع وتحليل البيانات المتعلقة بالمحاصيل والتربة، والظروف المناخية، تستخدم هذه البيانات لتحسين الممارسات الزراعية مثل الري، والتسميد، ومكافحة الآفات، يمكن للطائرات المسيرة المدعومة بالذكاء الاصطناعي مسح المحاصيل وتحديد المناطق التي تحتاج إلى مياه أو أسمدة إضافية، كما يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لتطوير نماذج تتنبأ بإنتاجية المحاصيل بناء على الظروف الجوية وعوامل أخرى، مما يساعد المزارعين في اتخاذ قرارات أفضل بشأن الزراعة، والحصاد، وتسويق المحاصيل؛

ب. الطائرات المسيرة (الدرونز): يمكن للطائرات المسيرة المزودة بكاميرات التي تعمل بالذكاء الاصطناعي فحص المحاصيل، واكتشاف الآفات والأمراض وتقييم صحة المحاصيل، اذ يساعد ذلك في تحديد المشكلات بسرعة وتنفيذ الحلول المناسبة، من خلال اكتشاف إشارات الإنذار المبكر للآفات والأمراض، يمكن للمزارعين اتخاذ خطوات لمنع انتشارها؛

ت. التعلم الآلي: تستخدم خوارزميات التعلم الآلي للتنبؤ بإنتاجية المحاصيل وتوقع الظروف المناخية، وتحسين جداول الري، يساعد التعلم الآلي في تحسين اتخاذ القرارات وتطوير الممارسات، فعلى سبيل المثال يمكن للخوارزميات التنبؤ بكمية المياه التي تحتاجها المحاصيل بناءا على الظروف الجوية وعوامل أخرى، مما يساعد المزارعين على تجنب الإفراط أو التقصير في الري؛

ث. تحليل البيانات الضخمة: يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل مجموعات كبيرة من البيانات الزراعية لتحديد الاتجاهات والأنماط، تستخدم هذه المعلومات لتحسين اتخاذ القرارات وتطوير الممارسات، على سبيل المثال

يمكن تحليل البيانات من محطات الطقس وأجهزة استشعار التربة والطائرات المسيرة لتحديد المناطق المعرضة لخطر الجفاف أو الفيضانات، مما يساعد المزارعين على اتخاذ قرارات أفضل بشأن الزراعة والري؛ (Henrietta, 2024, p. 03)

ج. الروبوتات: إن الروبوتات التي تعمل بالذكاء الاصطناعي تعمل على إحداث ثورة في المهام الزراعية التي تتطلب عمالة كثيفة ووفقا لمراجعة أجراها، يتم استخدام الروبوتات التي تعمل بالذكاء الاصطناعي والمركبات ذاتية القيادة بشكل متزايد في الزراعة والحصاد وإزالة الأعشاب الضارة، لا تعمل هذه التقنيات على تقليل الاعتماد على العمالة اليدوية فحسب، بل تعمل أيضا على تحسين الكفاءة والدقة في العمليات الزراعية؛ (Hamed, Mohammed , Raed , Mones , & Basem , 2024, p. 02)

ح. إنترنت الأشياءIoT : إن إنترنت الأشياء يشمل تقنيات الاتصالات اللاسلكية التي توفر الفرصة للوصول إلى بيانات المزرعة عن بعد، مما يمكن المزارعين من اتخاذ القرارات بشأن الحصاد وظروف المزرعة وسبل طرح منتجاتهم في السوق، والواقع أن إنترنت الأشياء قادر على تحويل البيانات المادية مثل درجة الحرارة والرطوبة والضغط والسرعة والتدفق إلى شكل افتراضي أو إلكتروني يمكن التعرف عليه دون أي تدخل بشري، وتساعد هذه البيانات المزارعين على الحصول على معلومات في الوقت الفعلي بشأن صحة المحصول وأنماط الطقس وظروفه وجودة التربة دون الحاجة إلى الذهاب إلى المزرعة شخصيا؛

خ. أقمار صناعية: هي أقمار صناعية توفر بيانات مجانية مثل معلومات عن الطقس وجوانب أخرى يمكن استخدامها في المزرعة، ويمكن استخدام هذه المعلومات للتنبؤ بالأمراض المحتملة وأداء محاصيل معينة، وعلى المستوى الوطني، أطلقت إثيوبيا أول قمر صناعي للرصد في الفضاء في عام 2019 للمراقبة الزراعية والمناخية والتعدينية والبيئية، مما يسمح لمنطقة القرن الأفريقي بجمع البيانات وتحسين قدرتها على التخطيط لأنماط الطقس المتغيرة، باستخدام هذه البيانات لاتخاذ قرار بشأن متى وماذا تزرع؛

د. الهواتف الذكية والتطبيقات المحمولة: في السنوات الأخيرة تم تطوير كميات كبيرة من تطبيقات الهواتف الذكية التي تستخدم تقنية الذكاء الاصطناعي للسماح بجمع البيانات في المزارع وتشخيص أمراض المحاصيل، ونشر المعلومات (حول أمراض المحاصيل، ونماذج التنبؤ، وأفضل الممارسات للوقاية، واستراتيجيات السيطرة، ومعلومات السوق في الوقت الحقيقي) مباشرة إلى المزارعين، تستخدم الطائرات بدون طيار جنبا إلى جنب مع منصات الهواتف الذكية لتوفير بيانات الاستشعار عن بعد، أنظمة تحديد المواقع العالمية GPS لرسم خرائط رقمية للتربة لأغراض التنمية البيئية والزراعية المختلفة. (Nkoudou, 2024, p. 20)

2.2. تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الزراعة:

أصبحت الزراعة من أهم المجالات التي شهدت حصصا كبيرة من الذكاء الاصطناعي والتقنيات الخاصة بالقطاع والتي تشمل اتخاذ القرار وإدارة الموارد ومهام الزراعة، في هذا القسم نستعرض أكثر المجالات شيوعا.

أ. مراقبة المحاصيل والتربة: تعد مراقبة المحاصيل والتربة من العناصر الأساسية في الزراعة الحديثة، إذ تتطلب مراقبة مستمرة لظروف المحاصيل والتربة، تساعد هذه المراقبة المزارعين على اتخاذ قرارات دقيقة وتحليل استخدام الموارد، وتعظيم إنتاجية المحاصيل مع تقليل التأثير البيئي، وتتيح التقنيات الحديثة أدوات متقدمة مثل الأقمار الصناعية التي تلتقط صورا عالية الدقة للحقول الزراعية وتوفر بيانات عن صحة المحاصيل وأنماط نموها، كما تستخدم الطائرات بدون طيار المزودة بالكاميرات والمستشعرات لالتقاط صور وبيانات مفصلة من زوايا مختلفة لمراقبة المحاصيل والتربة عن كثب، كما يلعب إنترنت الأشياء (IoT) دورا حيويا في هذا المجال، حيث يستخدم مستشعرات رطوبة التربة لقياس مستويات الرطوبة على أعماق مختلفة، مما يساعد المزارعين على تحسين استراتيجيات الري وتجنب الري الزائد، بالإضافة إلى ذلك تكشف مستشعرات صحة المحاصيل عن علامات الإجهاد أو الأمراض أو نقص المغذيات في المحاصيل من خلال قياس محتوى الكلوروفيل ودرجة حرارة الأوراق، كما تمكن مستشعرات المغذيات، التي تقيس مستويات العناصر الغذائية في التربة، المزارعين من تعديل استراتيجيات التسميد لتوفير تغذية مثالية للنباتات. كما تُعد تحليلات البيانات والنمذجة أدوات حاسمة لمراقبة المحاصيل والتربة بشكل دوري. (Rani, Jayakrushna , Sivaiah , Sumit , & Sanjeev , 2023, p. 138005)

ب. إدارة الآفات والحشائش: يساهم الذكاء الاصطناعي في إدارة الآفات والأعشاب الضارة بمساعدة المزارعين على مراقبة النباتات المصابة بدقة، وتحديدها بسرعة ومعالجة الأمراض لتقليل انتشارها، ومن خلال توفر البيانات في الوقت الفعلي، يتمكن المزارعون من اتخاذ إجراءات سريعة لتجنب الخسائر، تشمل تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة الأعشاب الضارة استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية مع الخوارزميات الجينية، وتعلم الآلة عبر المستشعرات، وتحليل الصور الرقمية، وتكميم المتجهات التعلمي، بالإضافة إلى الشبكات العصبية الاصطناعية للكشف عن الأعشاب الضارة. (Ryan, Gohar , & Bedir , 2023, p. 09)

ت. التنبؤ بأسعار المحاصيل وتوقعات الإنتاجية: يعد تذبذب أسعار المحاصيل مصدر قلق كبير للعديد من المزارعين، بسبب تقلب التكاليف يجد المزارعون صعوبة في تحديد نمط زراعة معين، تعد هذه المشكلات شائعة جدا في المحاصيل ذات العمر الافتراضي القصير مثل الطماطم، تعتمد الشركات على معلومات المناخ وصور الأقمار الصناعية لمراقبة صحة المحاصيل في الوقت الفعلي وتقييم مساحة الأراضي المزروعة، ومع ظهور تقنيات علمية مثل الذكاء الاصطناعي، أصبح بالإمكان التنبؤ بالأسعار، وتقدير إنتاجية المحاصيل، والتعرف على احتمالية الإصابة بالآفات والأمراض، يمكن لهذه التقنيات تقديم نصائح للمزارعين والحكومات حول اتجاهات الأسعار المحتملة، واحتياجات المستهلكين، وأفضل المحاصيل التي يمكن زراعتها، واستخدام المبيدات، والقضايا الزراعية الأخرى.

حيث طورت شركة ناشئة ألمانية في مجال التكنولوجيا الزراعية تطبيقا متعدد اللغات لتشخيص الأمراض والآفات، يقوم بتحليل صور النباتات لتحديد أنماط الأمراض المعدية، يتم مطابقة الصورة الملتقطة بهاتف ذكي مع صورة على خادم، ثم تستخدم تقنية رش ذكية لتطبيق التشخيص على المحصول، تعتمد هذه التقنية على الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة

لمعالجة الأمراض والعدوى التي تصيب المحاصيل، وقد استخدم أكثر من 07 ملايين مزارع هذا التطبيق لاكتشاف حوالي 385 نوعا من إصابات وأمراض المحاصيل في الفواكه والخضروات. (Mahibha, 2023, p. 293)

ث. تعزيز الأمن الغذائي: يلعب تطبيق الذكاء الاصطناعي في الزراعة دورا حاسما في تعزيز الأمن الغذائي من خلال زيادة كفاءة ومرونة أنظمة إنتاج الغذاء، يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي التنبؤ بغلة المحاصيل وتحديد المخاطر المحتملة، مما يمكن المزارعين من اتخاذ تدابير استباقية للتخفيف من الخسائر، من خلال تحسين الإنتاجية الزراعية، يساعد الذكاء الاصطناعي في ضمان إمدادات مستقرة من الغذاء، وهو أمر ضروري لمكافحة انعدام الأمن الغذائي وخاصة في البلدان النامية، بالإضافة إلى ذلك يمكن للذكاء الاصطناعي تسهيل لوجستيات توزيع الغذاء بشكل أفضل، مما يضمن وصول الغذاء إلى المناطق ذات الطلب المرتفع، مما يعزز الأمن الغذائي بشكل أكبر. (Ahmed, Rilwanu , Nasiru , & Yusuf , 2024, p. 102)

ج. الإدارة المستديمة للموارد المائية: توفر تقنيات الذكاء الاصطناعي حلولا واعدة لتحسين استراتيجيات إدارة المياه وزيادة كفاءة الري والحفاظ على موارد المياه، من خلال الاستفادة من تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل التعلم الآلي وتحليل البيانات والاستشعار عن بعد، يمكن تحقيق اتخاذ قرارات ذكية وتوزيع دقيق للمياه، تتمتع خوارزميات الذكاء الاصطناعي بقدرة على تحليل مجموعة واسعة من مصادر البيانات بما في ذلك أنماط الطقس، ومستويات رطوبة التربة، وخصائص المحاصيل، يتيح هذا التحليل تحديد الاحتياجات المائية الدقيقة للنباتات من خلال مراعاة هذه العوامل، تتمكن الأنظمة المدفوعة بالذكاء الاصطناعي من تحسين جداول الري ومدته ومعدلات تطبيقه، وهذا يتيح توفير الكمية المثلى من المياه للمحاصيل في اللحظة المناسبة التي تحتاجها، ونتيجة لذلك يتمكن المزارعون من تعديل ممارسات الري لديهم بما يقلل من مخاطر الري الزائد أو غير الكافي، تساهم تقنيات المراقبة الدقيقة في تقليل الإجهاد المائي على النباتات، وتحسين كفاءة استخدام المياه، والحد من احتمالية حدوث التشبع بالمياه أو تلف التربة وبالتالي تحسين صحة المحاصيل وإنتاجيتها. (Pandey & Richa , 2024, p. 87)

ح. الحصاد: يعد الحصاد مهمة معقدة في القطاع الزراعي نظرا لارتباطه الوثيق بالكشف عن المحاصيل وجودة القطع وتقليل الأضرار وجمع وتغليف المنتجات، تشكل العمالة المستخدمة في عمليات الحصاد أحد العناصر الرئيسية في تكاليف الإنتاج الزراعي، وللتغلب على التكاليف العالية للعمالة، ركزت الدراسات على استغلال تطبيقات الذكاء الاصطناعي القابلة للتنفيذ تجاريا في عمليات الحصاد، اذ يعد الحصاد ثاني أكثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي شيوعا، وقد تم التعرف على تقنية الروبوت (الذراع الآلية) كأداة فعالة للمساعدة في الحصاد دون الإضرار بالنبات يعمل الروبوت كأنموذج وظيفي يمكنه التحرك تلقائيا على السكك الحديدية، والتعرف على المحصول الناضج وتحديد موقعه والإمساك به وفصله عن النبات وجمعه، ويعد تحديد المحاصيل الناضجة واكتشافها بدقة أحد العناصر الأساسية لروبوتات الحصاد، ويتطلب ذلك خوارزمية فعالة لاكتشاف الأشياء وفحصها، وتستخدم أنواع مختلفة من تقنيات الاستشعار لاكتشاف المحاصيل على الأغصان وتحديد نضجها، ورسم هندسة المظلة النباتية، وتحديد موقع الأشجار في البساتين، وأخيرا جمع المحاصيل من الأشجار، وتستخدم تقنية الرؤية الحاسوبية لتقدير نضج المحاصيل في جميع

الحالات، يجب أن يتم جمع المحاصيل عند نضجها الكامل أو بلوغها مرحلة الحصاد دون إحداث أضرار ميكانيكية بالثمار. كما ينبغي أن تتم هذه العملية بأقصى سرعة وبأقل تكلفة ممكنة. (Sachithra & Subhashini, 2023, p. 53)

خ. التنبؤ بالطقس: توفر العديد من التطبيقات والمواقع الإلكترونية الخاصة بالطقس توقعات محدثة للحالة الجوية في مواقع محددة، يمكن للمزارعين الاستفادة من هذه الأدوات لمراقبة ظروف الطقس اليومية والأسبوعية، بما في ذلك درجات الحرارة والهطول والرطوبة وسرعة الرياح وغيرها، من بين المصادر الشهيرة للطقس Weather.com و AccuWeatherوقناة Weather Channel. ، كما يمكن تركيب محطات أرصاد جوية في المزارع للحصول على بيانات آنية ودقيقة تتعلق بالموقع المحدد، تقيس هذه المحطات درجة الحرارة والرطوبة واتجاه الرياح والهطول، مما يمكن المزارعين من مراقبة ظروف مزارعهم بدقة، توفر بيانات الأقمار الصناعية والرادار رؤية أشمل لأنماط الطقس، وتساعد في التنبؤ بالظواهر الجوية الشديدة مثل العواصف أو الأمطار الغزيرة، يمكن للمزارعين الوصول إلى هذه المعلومات من خلال الوكالات الحكومية أو الخدمات التجارية التي توفر صور الرادار، تتيح نماذج التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي المتقدمة تحليل البيانات التاريخية للطقس جنبا إلى جنب مع عوامل أخرى ذات صلة مثل رطوبة التربة، ونوع المحصول، والموقع الجغرافي، تساعد هذه النماذج في تقديم توقعات أكثر دقة ومحلية للطقس، ويمكن تخصيصها لتتناسب مع احتياجات مزارع أو مناطق معينة. (Rani, Jayakrushna , Sivaiah , Sumit , & Sanjeev , 2023, p. 138005)

د. مراقبة قطعان الماشية: تشهد حلول الذكاء الاصطناعي لرصد الماشية في الوقت الحقيقي تزايدا كبيرا ويستفيد المزارعون من تقنيات الذكاء الاصطناعي التقليدية، مثل تصنيف الصور، والتعرف على الوجه، والرؤية الآلية، في مراقبة الجوانب الحيوية والسلوكية للماشية مثل حالة الجسم، وأنماط التغذية، وخصائص الجلود للحيوانات، ويمكن تسجيل بيانات دقيقة بصورة فردية عن كل فرد من القطيع، وتساهم الإمكانيات المتاحة مثل رصد مقدار تناول المياه والغذاء، وتسجيل درجة حرارة الجسم، وتحليل السلوك، في زيادة الطلب في هذا القطاع، وتستخدم هذه البيانات في تحسين التغذية من خلال تحديد متطلبات الحيوانات الفردية وتخصيص الأنظمة الغذائية، مما يضمن أفضل نواتج النمو والصحة، كما يستخدم الذكاء الاصطناعي في تحسين السلالات من خلال تحليل البيانات الوراثية، وتقديم توصيات لأفضل أزواج التربية لتعزيز الجودة الشاملة للماشية، يتم تسهيل تتبع الماشية، ومعرفة أعدادها، في الوقت الفعلي بواسطة الذكاء الاصطناعي، مما يمكن المزارعين من تحديد مواقع الحيوانات بدقة مما يعزز السلامة وييسر إدارة القطيع. (محسب، 2024، صفحة 84)

3.2. آثار الذكاء الاصطناعي على الزراعة الذكية لتحسين إنتاجية المحاصيل:

تتمثل في: (Ibrahim & Muhammad , 2024, p. 51)

– تحسين الدقة: من أبرز فوائد الزراعة الذكية تحسين مستويات الدقة مقارنة بالأساليب التقليدية، تعتمد أنظمة التوجيه التلقائي بالأقمار الصناعية المستخدمة في الزراعة الذكية على مستويات مختلفة من الدقة، تتراوح بين +/-30

سم إلى +/-2 سم، على سبيل المثال يقلل نظام التوجيه التلقائي مثل Valtra Guideمن التداخل أثناء القص من 30 سم إلى 05 سم فقط بالنسبة لنشر الأسمدة، يمكن أن تقلل هذه التقنية التداخل إلى 0% باستخدام *Section Control*؛

– **زيادة الإنتاجية العملية:** تتيح الزراعة الذكية توفير الوقت الثمين بفضل الجرارات ذاتية التوجيه التي تستخدم برامج التوجيه التلقائي. على سبيل المثال، يمكن لنظام Valtra Guideتقليل وقت العمل بنسبة تصل إلى 4.5*%*؛

– **تحسين كفاءة الوقود:** بفضل تقليل التداخلات، يتطلب إكمال المهام عددًا أقل من التمريرات، مما يقلل من المسافة الإجمالية التي تقطعها الجرارات، وبالتالي توفير الوقود. حتى تقليل عدد تمريرات القص بمقدار واحدة يمكن أن يُحدث فرقًا كبيرًا عبر العديد من الهكتارات؛

– **تقليل الاستهلاك:** غالبا ما تؤدي الزراعة التقليدية إلى تطبيق مفرط أو ناقص للمبيدات والأسمدة، ويمكن للتقنيات الذكية تقليل هذه المشكلة من خلال إيقاف تشغيل أجزاء من الرشاش تلقائيا عند الاقتراب من الحواف، يقلل نظام *Section Control*تكاليف الأسمدة بنسبة تتراوح بين 4.5% و10% عن طريق تقليل التداخلات إلى 0%؛

– **زيادة الإنتاجية:** يؤثر الرش الزائد أو الناقص على جودة المحصول، مما يؤدي إلى ظهور مناطق ضعيفة باستخدام Section Control، يمكن للمزارعين زراعة محاصيل صحية ومتجانسة، مما يعظم الإنتاجية، على سبيل المثال عند استخدام Valtra Guideأثناء البذر، يتم القضاء على مشكلة التداخل بين البذور، مما يؤدي إلى تحسين الإنتاجية.

– **تقليل الإجهاد على السائقين:** تتطلب أيام العمل الطويلة والتركيز على القيادة المستقيمة الكثير من الجهد، تقلل الزراعة الذكية من هذا الإجهاد من خلال التوجيه التلقائي الذي يحافظ على المسار المستقيم، مما يسمح للسائق بالتركيز على المهام الأخرى؛

– **سهولة الاستخدام:** تعتمد تقنيات الزراعة الذكية على اتصال ISOBUS، مما يجعل توصيل المعدات بالجرار سهلاً للغاية، يمكن التحكم في هذه التقنيات عبر شاشة لمس بسيطة وواجهة Valtra Smart Touch مما يلغي الحاجة إلى التدريب على أجهزة متعددة؛

– **تسهيل التسجيل والتقارير:** تتيح الزراعة الذكية تسجيل المهام ونقل البيانات لاسلكيًا تلقائيا باستخدام أنظمة إدارة معلومات المزارع (FMIS)يضمن ذلك تحديث السجلات بدقة وسرعة؛

– **تحسين الاستدامة:** تساهم الزراعة الذكية في تحسين الاستدامة من خلال تقليل هدر المبيدات وتحسين كفاءة الوقود، كما أن تقليل عدد التمريرات المطلوبة لتنفيذ المهام وتقليل التدوير على الحواف يحد من ضغط التربة.

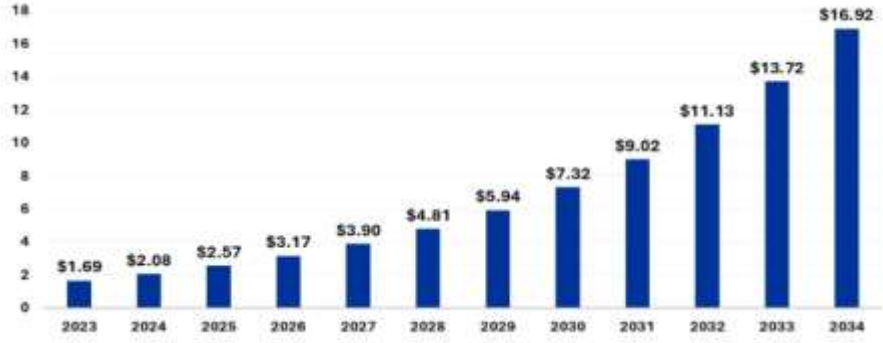
4.2. التوجه العالمي لذكاء الاصطناعي في الزراعة:

يقدر حجم سوق الذكاء الاصطناعي في الزراعة عالميا بنحو 2.08مليار دولار في عام 2024، وارتفع إلى 2.57 مليار دولار في عام 2025، ومن المتوقع أن يصل إلى حوالي *16.92* مليار دولار بحلول عام 2034 من المتوقع

أن ينمو السوق بمعدل نمو سنوي مركب (CAGR) يبلغ 23.32 %خلال الفترة بين 2024 و2034، والشكل التالي يوضح تطور حجم سوق الذكاء الاصطناعي في الزراعة خلال الفترة 2023-2034.

الشكل رقم (01): حجم سوق الذكاء الاصطناعي في الزراعة خلال الفترة 2023-2034

الوحدة: مليار دولار

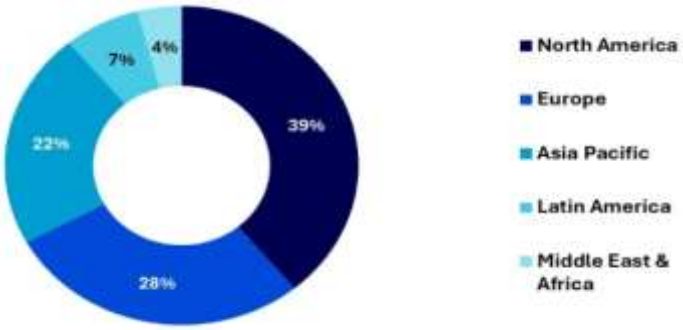


المصدر: (precedenceresearch, 2025)

من خلال الشكل يظهر اتجاها تصاعديا ملحوظا، إذ ارتفع من 1.69مليار دولار في عام 2023 إلى 2.08 مليار دولار في 2024، ومن المتوقع أن يصل إلى 16.92مليار دولار بحلول عام 2034، اذ يعكس هذا النمو معدل نمو سنوي مركب (CAGR) مرتفعا، مما يشير إلى زيادة الاعتماد على تقنيات الذكاء الاصطناعي في الزراعة أصبح أمرا ضروريا.

وتستحوذ أمريكا الشمالية على الحصة الأكبر من سوق الذكاء الاصطناعي في الزراعة، مع الحفاظ على هيمنتها طوال فترة التوقعات، يعتمد المزارعون والشركات الزراعية في المنطقة على تقنيات الذكاء الاصطناعي لزيادة الإنتاجية، وتحسين تخصيص الموارد، وتعزيز عمليات اتخاذ القرار، يبلغ حجم سوق الذكاء الاصطناعي في الزراعة في الولايات المتحدة 567.84 مليون دولار أمريكي في عام 2024 ومن المتوقع أن يصل إلى حوالي 4،711.80 مليون دولار أمريكي بحلول عام 2034، ومن المتوقع أن ينمو بمعدل نمو سنوي مركب قدره 23.57% من عام 2024 إلى عام 2034، والشكل التالي يوضح حصة كل منطقة من سوق الذكاء الاصطناعي في الزراعة سنة 2023.

الشكل رقم (02): حصة سوق الذكاء الاصطناعي في الزراعة حسب كل منطقة سنة 2023



المصدر: (precedenceresearch, 2025)

من خلال الشكل استحوذت أمريكا الشمالية على الحصة الأكبر من سوق الذكاء الاصطناعي في الزراعة بنسبة 39 %، مما يعكس ريادتها في تبني التقنيات الزراعية الذكية، وذلك بفضل حكومات في أمريكا الشمالية على وضع سياسات وبرامج داعمة استجابةً لوعد الذكاء الاصطناعي في الزراعة، ولتشجيع استخدام الذكاء الاصطناعي والابتكار فيه في صناعة الزراعة، فإنها تتضمن مبادرات تمويلية ومنحا بحثية وأطرا تشريعية، يليها أوروبا بنسبة 28 %، كما سجلت آسيا والمحيط الهادئ نسبة 22 %، أما أمريكا اللاتينية فحققت 07 %من الحصة السوقية، بينما استحوذت الشرق الأوسط وأفريقيا على 04 **%** فقط وهذه النسبة تبقى ضعيفة في ظل تسارع الدول نحو استخدام الذكاء الاصطناعي في الزراعة.

وقد شهد العالم تطورات عديدة في الذكاء الاصطناعي في قطاع الزراعة ففي عام 2022 أعلنت تحالف الثورة الخضراء في إفريقيا (AGRA) وشركة مايكروسوفت عن توسيع شراكتهما لتعزيز التحول الرقمي في الزراعة في إفريقيا بهدف تحسين الأمن الغذائي. ستدعم هذه الشراكة الحكومات والمزارعين والمؤسسات الصغيرة والمتوسطة في بناء نظم غذائية مستدامة باستخدام الأدوات الرقمية التي توفرها مايكروسوفت.

كما أبرمت شركة Farmers Edgeوشركة Deere & Company(المتخصصة في تصنيع المعدات الزراعية الثقيلة في الولايات المتحدة) في فبراير 2022 اتفاقية تتيح لمستخدمي منصة FarmCommand دمج بياناتهم مع حساب John Deere Operations Centerيوفر هذا التكامل للمستخدمين تحليلات معمقة تساعدهم على اتخاذ قرارات تعزز الإنتاجية والأرباح.

وفي أكتوبر 2021 أطلقت شركة IBMمجموعةIBM Environment Intelligence Suite ، وهي برمجيات مدعومة بالذكاء الاصطناعي توفر رؤى بيئية متقدمة. تساعد هذه الأداة الشركات على التنبؤ بالمخاطر المناخية مثل الفيضانات والحرائق، وتحليل الإنتاج الزراعي، وتقديم بيانات الطقس وتحليلات المخاطر المناخية، إلى جانب محاسبة الكربون. (MarketsandMarkets, 2025)

وفي يونيو 2023، تم اختيار LaserWeederTM من شركةCarbon Robotics ، وهي رائدة في مجال الروبوتات المدعومة بالذكاء الاصطناعي، كأفضل حل قائم على الذكاء الاصطناعي للزراعة في المسابقة السنوية السادسة لجوائز AI Breakthrough التي تنظمهاAI Breakthrough يعد LaserWeederTM من Carbon Robotics أول وآخر روبوت لإزالة الأعشاب الضارة باستخدام الليزر متوفر حاليًا في السوق، وقد قام بإزالة أكثر من مليار حشيشة ضارة. لتحقيق إدارة دقيقة جدا للأعشاب الضارة، يعتمد الروبوت على تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة والتعلم العميق، والليزر، ورؤية الحاسوب، والروبوتات.

في نوفمبر 2022، أطلقت DJI Agriculture طائرةMavic 3 Multispectral ، المزودة بنظام تصوير متعدد الأطياف، لتلبية مجموعة واسعة من السيناريوهات التطبيقية في مجالات الزراعة الدقيقة والمراقبة البيئية. يقوم النظام بالتقاط معلومات نمو المحاصيل بسرعة لتحقيق إنتاج أكثر فعالية مع خفض التكاليف وزيادة دخل المزارعين حول العالم.

في أكتوبر 2022، أعلنت Microsoft عن جعل FarmVibes.AI مفتوح المصدر، وهي مجموعة من التقنيات وخوارزميات التعلم الآلي المخصصة للزراعة المستدامة. تتضمن FarmVibes.AI تقنيات تدمج أنواعًا متعددة من البيانات الزمانية والمكانية والجغرافية، مثل معلومات الطقس والصور الملتقطة بالأقمار الصناعية والطائرات بدون طيار. (precedenceresearch, 2025)

وشهدت الاستثمارات في مجال الزراعة الذكية زيادة مطردة في السنوات الأخيرة، ففي عامي 2017 و2018، بلغ التمويل 1.1 مليار دولار أمريكي، مع إبرام 267 و351 صفقة على التوالي، بينما لوحظ ارتفاع ملحوظ في عام 2019، حيث وصل التمويل إلى 1.7 مليار دولار عبر 376 صفقة، واستمرت الزيادة في عام 2020، حيث جذب القطاع 3.4 مليار دولار من التمويل عبر 422 صفقة، وفي عام 2021 ارتفعت استثمارات الزراعة الذكية إلى 4.9 مليار دولار عبر 440 صفقة، اذ من المتوقع أن يصل سوق الزراعة الذكية، الذي بلغت قيمته 19.5 مليار دولار، إلى 53 مليار دولار بحلول عام 2032، بمعدل نمو سنوي مركب (CAGR) يبلغ 10.5%.

وقد حققت الطائرات بدون طيار (الدرونز) شعبية كبيرة في مجال التكنولوجيا الزراعية (AgriTech) لمهام تقييم المحاصيل والتصوير وجمع البيانات، اذ شكل استخدام الطائرات بدون طيار في الزراعة 11% من سوق الطائرات بدون طيار العالمي، كما من المتوقع أن تشهد قيم السوق لجميع جوانب مراقبة المحاصيل الذكية نموا بحلول عام 2027، خاصة في مجالات الأتمتة والروبوتات، التي يتوقع أن تتجاوز قيمتها 1.1 مليار دولار أمريكي. تستخدم الآلات المستقلة في مهام مثل رش النباتات والحصاد والزراعة، أما بالنسبة لمعدات الحصاد الذاتية فمن المتوقع أن يصل السوق العالمي إلى حوالي 7.7 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2027، بينما تحتفظ معدات الرش حاليا بأكبر حصة سوقية، إلا أنه من المتوقع أن تنمو بنسبة 240% تقريبا من عام 2021 إلى عام 2027. (GlobeNewswire, 2025)

5.2.عرض بعض التجارب في استخدام الذكاء الاصطناعي في القطاع الزراعي:

فيما يلي نستعرض أبرز التجارب الناجحة التي تبنت من خلالها بعض الدول تطبيقات الذكاء الاصطناعي في القطاع الزراعي، بهدف زيادة الإنتاجية الزراعية وتعزيز الأمن الغذائي، وذلك في مواجهة التحديات المتعددة التي يعاني منها هذا القطاع، وعلى رأسها ندرة الموارد المائية، وتدهور جودة الأراضي، وارتفاع نسبة الملوحة في التربة، إضافةً إلى الظروف البيئية القاسية.

أ. تجربة الأمارات العربية المتحدة: قامت دولة الامارات العربية المتحدة بتبني طرق الزراعة الذكية التي تعتمد على تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي، بحيث تم الاعتماد على طائرات درون سنة 2018 عبر المسح الجوي للأراضي الزراعية، التي تسمح باستحداث وتحيين قاعدة معلومات تساهم وضع الاستراتيجيات المستقبلية في القطاع الزراعي، كما تعتمد دولة الامارات على الروبوتات الزراعية المتخصصة في التسميد والحصاد والقطف...كما تستخدم دولة الامارات الجرارات الذكية والتي تعتمد على القيادة الموجهة بنظام جي بي اس والتي ساهمت في تقليل من تآكل التربة وتوفير تكلفة الوقود بنسبة 10%، وتم افتتاح أكبر مزرعة مائية في العالم تقع في دبي تستخدم الذكاء الاصطناعي، كما

تستخدم امارة أبو ظبي الذكاء الاصطناعي في مراقبة ورصد انبعاثات الملوثات الضارة ومستوياتها من خلال شبكة متطورة مكونة من 20 محطة ثابتة ومحطتين متنقلتين مراقبة جودة الهواء، وطورت هيئة أبو ظبي للزراعة والسالمة الغذائية أول خوارزمية ذكية على مستوى الشرق الأوسط وطبقتها الاستئصال مرض طاعون المجترات الصغيرة الذي يصيب الضأن والماعز لتعزيز مناعة الثروة الحيوانية وتنميتها وحققت نتائج مذهلة. (حسان، 2025، صفحة 60)

ب. شركة Ag–Analytics المتخصصة في تحليل بيانات الأراضي: تقدم شركة Ag–Analytics ، والتي تأسست عام 2018 في الولايات المتحدة الأمريكية، خدمات قائمة على الذكاء الاصطناعي تتعلق بالإنتاج الزراعي حيث تجمع الشركة بيانات الأراضي الزراعية ويتم تخزينها في السحابة الإلكترونية الخاصة بشركة مايكروسوفت (Azure)، وإتاحتها للمزارعين لتمكين الزراعة الدقيقة، مما يساعدهم على اتخاذ قرارات أفضل على المدى القصير والطويل، وتساهم الشركة في مراقبة الموارد الطبيعية للأرض وإدارتها باستخدام تقنية الذكاء الاصطناعي وتتيح نتائج البيانات وتحليلاتها التي تستخدم فيها الذكاء الاصطناعي للمزارعين من خلال أدوات مثل FarmScope /التي تجمع بين مصادر البيانات المتنوعة بما في ذلك الأقمار الصناعية والطقس والتربة والمحاصيل التاريخية ومعدات المزرعة لإنشاء صورة للحالة الحالية لحقول المزرعة وتوقعات الإنتاج المستقبلي، مما يمنح المزارعين المعلومات اللازمة للتحول بشكل عملي إلى ممارسات الحفاظ على البيئة تحقيق المزيد من الأرباح. (محسب، 2024، صفحة 68)

ت. شركة River Blue Technolog: هي شركة مقرها كاليفورنيا قامت بتطوير جهاز رش ذكي يسمى Spray Seeيستخدم الرؤية الحاسوبية والتعلم الآلي لتحديد الحشائش الحقلية ورش مبيدات الأعشاب، هذا النهج يمكن أن يقلل من استخدام مبيدات الأعشاب، يستخدم نظام Spray See خوارزميات التعلم الآلي لتحليل الصور الملتقطة بواسطة الكاميرات الموقودة على جهاز الرش، والتمييز بين الأعشاب الضارة ونباتات المحاصيل، مما يسمح لجهاز الرش باستخدام مبيدات الأعشاب الضارة فقط عند الضرورة، مما يقلل بشكل كبري من استخدام مبيدات الأعشاب، و توفر التكنولوجيا العديد من الفوائد:

- **الاستخدام الدقيق لمبيدات الأعشاب**: يستهدف نظام Spray See فقط الأعشاب الضارة التي تحتاج الى معاجلة، مما يقلل من الاستخدام العام لمبيدات الأعشاب؛
- **تقليل استخدام مبيدات الأعشاب**: من خلال تحديد الحشائش الضارة واستهدافها بشكل أكثر دقة، يمكن للنظام استخدام مبيدات أعشاب أقل بنسبة تصل الى 90% مقارنة بالطرق التقليدية؛
- **تحسين الاستدامة**: من خلال تقليل استخدام مبيدات الأعشاب، تساعد التكنولوجيا المزارعين في الحفاظ على صحة محاصيلهم والبيئة.

على الرغم من الفوائد واجه اعتماد حلول تحديات مثل تردد المزارعين في الاستثمار في التكنولوجيا. ومع استمرار تزايد اعتماد التكنولوجيا في الزراعة، فمن المتوقع أن يتبنى المزيد من المزارعين هذا النهج المبتكر. (نادية و بن حراث، 2025، صفحة 56)

ث. تجربة الجزائر: من التجارب الواعدة في مجال الزراعة الدقيقة في الجزائر، ما قام به ناصر بوزياني ومراد بوزيت، باحثان جزائريان في علم الروبوت والفيزياء من خلال مشروع "سقاي" Sakai، المتمثل في روبوتات ذاتية القيادة، تشتغل بالطاقة الشمسية، وتستخدم في الري والتسميد العميق للجذور، بشكل آلي يكاد لا يحتاج إلى تدخل بشري، مما يوفر الماء والسماد بالقدر الكافي وفي الوقت المناسب لكل نبتة على حدي.

وتتمتع هذه الآلات بمستشعرات دقيقة يمكنها التعرف على رطوبة التربة وصحة الأشجار واكتشاف علامات النباتات المريضة، كما تدار بنظام تشغيل ومتابعة بالذكاء الاصطناعي، يوفر لها المعلومات اللازمة باستمرار، ويعرض للمزارع كل تفاصيل التربة والنباتات لديه، هذا المشروع المبتكر أثار إعجاب وكالة ناسا وبعض مراكز البحث الصينية التي عرضت المساهمة في تطويره، حيث يوجد حاليا في مرحلة البحث والتطوير.

ويرى الباحثان أن تبني نظام مثل سقاي عوض الري التقطيري والتسميد السطحي، من شأنه خفض الموت المبكر للأشجار من نسبة 45 بالمائة إلى 15 بالمائة، وفضلا عن كون التسميد العميق صديقا للبيئة، فإنه أيضا موفر للمياه، ويمكن للروبوت الواحد ري وتسميد قرابة 120 هكتارا، حسب كثافة الأشجار وموقع مصدر المياه، وفقا للشروحات التي قدمها المبتكران.

ولا تقتصر الزراعة الدقيقة على الري والتسميد ومكافحة أمراض النباتات فحسب، بل تتجاوز ذلك إلى بناء نظم زراعية كاملة، يمكن من خلالها متابعة كل مراحل العملية الزراعية، بدءا من الحرث وإلى غاية الحصاد، ومن المشاريع الواعدة في هذا الصدد، تبرز المزارع الحديثة التي يتأهب مجمع سواكري لإطلاقها قريبا بالجزائر، حيث دأب رفقة شريك تركي على إنشاء نظام أتمتة (automatisation) شامل مزود بالذكاء الاصطناعي، يتحكم في كل خطوات إنتاج الطماطم الكرزية الموجهة للتصدير، بهدف التحكم في مردود المزارع وجودة المنتوج، حسب ما أفاد به مسؤول المشاريع لدى المجمع، مراد فاسي، وأن النظام المعتمد على الذكاء الاصطناعي يتدخل في إدارة المحاصيل، حيث تتطلب الزراعة قدرا كبيرا من الدقة، لضمان رفع الإنتاجية وتقليل المخاطر لأقصى حد.

ومن التجارب الواعدة كذلك، تجربة فارم أ أي (Farm AI)، وهي شركة ناشئة جزائرية صنفت سنة 2023 كثاني أفضل شركة ناشئة في منافسة Tech 4 Good العالمية بالصين، لتطويرها نظاما للتعرف على أمراض النباتات باستخدام الطائرات المسيرة، وقد دعت مسيرة الشركة، أحلام بورزاق، الى تذليل العراقيل من اجل تطبيق هذه التقنية.

ويرى الاستشاري سليم بجة أن مثل هؤلاء المبتكرين بحاجة إلى مرونة أكثر في التشريعات، ولوجود رؤية واضحة لدى المؤسسات الاقتصادية من حيث المتطلبات والبيانات المتوفرة، في الوقت الذي أضحى فيه إنشاء بنوك استثمارية قادرة على تحمل المخاطر المالية ضروريا، بما أن مجال الابتكار يعد ذا مخاطر عالية لا يمكن للبنوك التقليدية تحملها. (وكالة الأنباء الجزائرية، 2024)

ج. شركة Cropin: تأسست شركة Cropinفي عام 2010، وهي تُعدّ المنصة الأكثر تطورا في العالم في مجال الذكاء الاصطناعي المخصص للزراعة والأغذية. وتقدم Cropin Cloud، أول سحابة صناعية في العالم مخصصة

للقطاع الزراعي، أدوات رقمية واستخبارات تنبؤية تمكن مختلف الجهات الفاعلة من اتخاذ قرارات مستنيرة تعزز كفاءة الزراعة وإنتاجيتها واستدامتها.

ولا تكتفي Cropinبالمشاركة في حركة "الذكاء الزراعي(Ag-intelligence) ، بل تتصدرها من خلال شراكات استراتيجية مع أكثر من 250 عميلاً من قطاع الأعمال بين الشركات (B2B) وقد نجحت الشركة في رقمنة 30 مليون فدان من الأراضي الزراعية، مما أثّر إيجابيًا على أكثر من 7 ملايين مزارع حول العالم. وتعتمد منصة Cropin Cloudعلى مخطط معرفي زراعي واسع يشمل أكثر من 350 محصولًا و10,000 صنف موزعة على 103 دولة، ما يتيح لها تقديم تحليلات تنبؤية لما يزيد عن 200 مليون فدان من الأراضي الزراعية عالميًا.

وتقود Cropinجهود توحيد الشركات الزراعية، والوكالات التنموية، والمنظمات الدولية، والحكومات، لتوظيف أنظمة التكنولوجيا الزراعية (Agtech) في تحويل النظم الغذائية العالمية وتحقيق الأهداف المناخية، وتتضمن مجموعة من منتجات وخدمات تتمثل فيما يلي:

- حل ذكي لمراقبة وإدارة المزارع، يهدف إلى تحديد مواقع المزارع جغرافيًا، ورقمنة سجلات المزارعين والمزارع، وتبادل الإرشادات الزراعية، ومتابعة إنتاجية المحاصيل، وتحسين كفاءة الزراعة، وزيادة إنتاجية المشرفين الميدانيين؛
- تطبيق تواصل سهل الاستخدام وسلس، يدعم مبادرات الزراعة الرقمية، ويُسهِّل ربط المزارعين والمؤسسات الزراعية والمشرفين الميدانيين بهدف رقمنة العمليات الزراعية؛
- حل لتتبع المنتجات الزراعية من المزرعة إلى المائدة باستخدام رمز الاستجابة السريعة(QR) ، يتيح تتبع سلسلة التوريد والامتثال لمعايير الجودة. يساهم في القضاء على التزوير ويضمن الاعتراف بمساهمة جميع الأطراف المعنية في إيصال الغذاء إلى المستهلك ومكافأتهم على جهودهم. (Cropin, s.d.)

6.2 التحديات التي يواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في الزراعة:

تواجه تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الزراعة العديد من التحديات التي قد تعيق نجاحها واستدامتها إذا لم تُعالج بشكل مناسب. وفيما يلي أبرز هذه التحديات:

– **خصوصية البيانات:** تثير مشاركة البيانات المتعلقة بالأنظمة الزراعية العديد من المخاوف المتعلقة بالخصوصية؛

– **الوصول إلى التكنولوجيا:** يواجه المزارعون أصحاب الحيازات الصغيرة والفقراء صعوبة في مواكبة التقدم التكنولوجي نظرا لافتقارهم إلى الموارد المالية اللازمة لاعتماد التقنيات المتقدمة؛

– **مقاومة المزارعين التقليديين للتكنولوجيا:** يشعر المزارعون المدربون تقليديا بالشكوك حيال قرارات الذكاء الاصطناعي، لذا من المهم توفير تفسيرات واضحة وإيصال أوجه عدم اليقين بفعالية، يمكن لبرامج التدريب أن تدعم هؤلاء المزارعين، خاصة أنهم غير معتادين على التعامل مع التقنيات المعقدة؛

– **جودة البيانات واتخاذ القرار:** يعد انتشار أنظمة إنترنت الأشياء *(IoT)* غير متساو بين الحيازات الزراعية، مما يؤدي إلى نقص البيانات من شبكات المستشعرات، وهو ما قد يؤثر بشكل كبير على أداء خوارزميات الذكاء الاصطناعي؛

– **ملكية البيانات والتحكم فيها:** يتردد بعض المزارعين في مشاركة بياناتهم خصوصا مع أطراف خارجية، هذا النقص في البيانات يعيق الحلول المعتمدة على الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة، والتي قد تكون لها تطبيقات واسعة لتحسين القطاع، وقد حاولت العديد من منصات الزراعة الدقيقة إيجاد حلول لهذه المشكلة، مثل معالجة البيانات على متن المعدات الزراعية نفسها؛ (Singh, Roma , Bineeta , & Suneeta , 2024, p. 1210)

– **ضعف البنية التحتية للاتصالات:** يؤثر ضعف البنية التحتية للاتصالات في المناطق الريفية على نقل البيانات، ويف أغلب الأحيان لا يمكنها تحقيق متطلبات تقنيات الزراعة الذكية التي تتطلب الاتصال بالإنترنت في الوقت الحقيقي، نتيجة ضعف إشارات التغطية وقلة سرعات النقل؛

– **محدودية القدرة على إدارة البيانات:** يواجه المزارعون صعوبات في تنظيم واستخدام البيانات الواردة من أجهزة الاستشعار، بالإضافة إلى ضعف القدرة على الاستفادة من المعلومات التي توفرها محطات الأرصاد الجوية واستخدامها بشكل فعال. (محسب، 2024، صفحة 86)

الخاتمة:

لقد برز الذكاء الاصطناعي كقوة محورية في مجال الزراعة، حيث يوفر تطورات كبيرة في الإنتاجية وتحسين استغلال الموارد وتعزيز الاستدامة، يسلط هذا البحث الضوء على التأثير العميق لتقنيات الذكاء الاصطناعي على الممارسات الزراعية الحديثة، ويؤكد على إمكاناتها في مواجهة التحديات الرئيسية التي يواجهها القطاع الزراعي.

فقد أحدث تطبيق الذكاء الاصطناعي في الزراعة الدقيقة تحولا جذريا في إدارة المحاصيل من خلال تمكين المراقبة الفورية والتدخلات الدقيقة، اذ ساهمت تقنيات مثل المستشعرات المدعومة بالذكاء الاصطناعي والطائرات المسيرة والتحليلات التنبؤية في تحسين إنتاجية المحاصيل، وتعزيز كفاءة استخدام الموارد، وتقليل التأثير البيئي، كما أثبتت قدرة الذكاء الاصطناعي على التنبؤ بالظروف الجوية، واكتشاف الآفات، وأتمتة المهام كثيفة العمالة فوائد كبيرة من حيث الإنتاجية والكفاءة التشغيلية، وعلى الرغم من هذه التطورات يحدد البحث أيضا التحديات الرئيسية المرتبطة باعتماد الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك مخاوف الخصوصية المتعلقة بالبيانات، والتكاليف الأولية المرتفعة، والحواجز التكنولوجية، ويعد التصدي لهذه القضايا أمرا بالغ الأهمية لضمان التكامل العادل والفعال للذكاء الاصطناعي في مختلف البيئات الزراعية، وفي الختام يحمل الذكاء الاصطناعي وعودا كبيرة في إحداث تحول في القطاع الزراعي، إلا أن تحقيق إمكاناته الكاملة يتطلب استمرار الابتكار، والنظر بعناية في الجوانب الأخلاقية، وبذل جهود استراتيجية لمعالجة التحديات القائمة، ومن المرجح أن يلعب التطور المستمر للذكاء الاصطناعي في الزراعة دورا محوريا في تشكيل مستقبل الزراعة، والمساهمة في نظام غذائي أكثر كفاءة واستدامة ومرونة.

ومن خلال هذه الدراسة تم التوصل الى النتائج التالية:

- الذكاء الاصطناعي هو مجال متعدد التخصصات يهدف إلى محاكاة الذكاء البشري أو تجاوزه في أداء المهام؛
- الذكاء الاصطناعي يلعب دورا حاسما في مواجهة التحديات الزراعية المستقبلية، خاصة مع زيادة الطلب على الغذاء؛
- الذكاء الاصطناعي يساعد في تحسين إدارة الموارد، وزيادة إنتاجية المحاصيل، وتقليل التكاليف؛
- توفر التقنيات المتقدمة مثل إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي والحوسبة السحابية حلولًا لزيادة الإنتاجية الزراعية وتحسين جودة المحاصيل، من خلال مراقبة المحاصيل في الوقت الفعلي وإدارة الموارد بكفاءة؛
- تشمل خصوصية البيانات، صعوبة الوصول إلى التكنولوجيا، مقاومة المزارعين التقليديين لاعتماد التقنيات الحديثة، نقص البيانات واتخاذ القرار، وقضايا ملكية البيانات والتحكم فيها؛
- يظهر سوق الذكاء الاصطناعي في الزراعة نموا متسارعا، حيث من المتوقع أن يصل حجمه إلى 16.92 مليار دولار بحلول عام 2034؛
- تستحوذ أمريكا الشمالية على الحصة الأكبر من السوق (39%)، مدفوعة بالاستثمارات الكبيرة، والسياسات الداعمة، واعتماد التقنيات المتقدمة؛
- شهد قطاع الزراعة الذكية ارتفاعا ملحوظا في حجم الاستثمارات.

وبناء على النتائج السابقة، يمكن تقديم التوصيات التالية:

- تشجيع التعاون بين الحكومات والشركات التكنولوجية لتطوير حلول ذكية تلبي احتياجات المزارعين؛
- استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة استخدام المياه والمبيدات والأسمدة، مما يقلل من الهدر ويحسن الاستدامة؛
- تطوير أنظمة ذكية لإدارة الموارد الطبيعية مثل التربة والمياه بشكل أكثر فعالية؛
- وضع تشريعات وسياسات واضحة لحماية بيانات المزارعين وضمان خصوصيتها؛
- تحسين تغطية الإنترنت في المناطق الريفية لتمكين المزارعين من الوصول إلى تقنيات الذكاء الاصطناعي والاستفادة منها؛
- توفير حوافز مالية ودعم حكومي لتسهيل حصول المزارعين، خاصة أصحاب الحيازات الصغيرة على التقنيات الذكية؛
- تشجيع التعاون بين الجامعات ومراكز الأبحاث والقطاع الزراعي لتطوير حلول مبتكرة وفعالة؛
- توفير تمويل كافٍ للأبحاث التي تهدف إلى تطوير تقنيات ذكاء اصطناعي جديدة ومبتكرة للزراعة.

قائمة المراجع

- Ahmed, A. A., Rilwanu , S., Nasiru , A., & Yusuf , M. (2024). The Role of Artificial Intelligence in Modern Farming System for Achieving Sustainable Agricultural Transformation in Nigeria. Global Sustainability Research, 03(03), pp. 95-113.
- Cropin. (s.d.). Consulté le 06 04, 2025, sur Solving complex problems across the agriculture value chain: https://www.cropin.com/
- Dinrifo, R. R., A F , A., John , A., & Adeyemi , A. (2022). A review of the applications of artificialintelligence in agriculture: prospects and challenges in nigeria. Journal of Agricultural Engineering and Technology (JAET), 27(02), 01-23.
- Eli-Chukwu, N., & Ezeagwu, C. (2019). Applications of Artificial Intelligence in Agriculture: A Review. Engineering, Technology & Applied Science Research, 09(04), 4377-4383.
- GlobeNewswire. (2025, 01 28). Récupéré sur AI in Agriculture Statistics: Transforming Farming Practices for Enhanced Efficiency and Sustainability: https://www.globenewswire.com/news-release/2024/02/06/2824050/0/en/AI-in-Agriculture-Statistics-Transforming-Farming-Practices-for-Enhanced-Efficiency-and-Sustainability.html
- Hamed, M. A., Mohammed , F.-H., Raed , Z., Mones , M.-H., & Basem , S. (2024). Artificial Intelligence in Agriculture: Enhancing Productivity and Sustainability. International Journal of Engineering and Information Systems, 08(08), pp. 01-05.
- Henrietta, H. M. (2024). Artificial Intelligence in Agriculture: A Review of Current Applications and Future Trends. Dans Futuristic Trends in Agriculture Engineering & Food Sciences. IIP Series.
- Ibrahim, I. A., & Muhammad , A. (2024). Artificial Intelligence (AI) in Agricultural Farming Systems: Benefits and Challenges. Global Journal of Research in Agriculture & Life Sciences, 04(05), pp. 48-56.
- Mahibha, G. (2023). Impact of Artificial Intelligence in Agriculture with Special Reference to Agriculture Information Research. Current Agriculture Research Journal, 11(01), pp. 287-296.
- MarketsandMarkets. (2025, 01 25). Récupéré sur Artificial Intelligence in Agriculture Market Size, Share and Growth: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/ai-in-agriculture-market-159957009.html
- Nkoudou, T. H. (2024). State of AI in Agriculture in Sub-Saharan Africa. Montreal: nternational Centre of Expertise in Montreal on Artificial Intelligence (CEIMIA).
- Pandey, D. K., & Richa , M. (2024). Towards sustainable agriculture: Harnessing AI for global food security. Artificial Intelligence in Agriculture, 12, pp. 72-84.
- Pawar, S. B. (2020). Artificial Intelligence in Agriculture. International Journal of Engineering Research & Technology, 08(05), 01-03.

- precedenceresearch. (2025, 01 26). Récupéré sur Artificial Intelligence In Agriculture Market Size, Share, and Trends 2024 to 2034: https://www.precedenceresearch.com/artificial-intelligence-in-agriculture-market
- Rani, R., Jayakrushna , S., Sivaiah , B., Sumit , K., & Sanjeev , K. (2023). Role of Artificial Intelligence in Agriculture: An Analysis and Advancements With Focus on Plant Diseases. IEEE Access, 11, pp. 137999-138019.
- Ryan, M., Gohar , I., & Bedir , T. (2023). An interdisciplinary approach to artificial intelligence in agriculture. Impact in Agricultural and Life Sciences, 95(01), pp. 01-31.
- Sachithra, V., & Subhashini, L. (2023). How artificial intelligence uses to achieve the agriculture sustainability: Systematic review. Artificial Intelligence in Agriculture, 08, pp. 46-59.
- Singh, r. A., Roma , V., Bineeta , S., & Suneeta , S. (2024). The Role of Artificial Intelligence in Agriculture: A Comprehensive Review. Scope, 14(03), pp. 1203-1215.
- Talaviya, T., Dhara , S., Nivedita , P., Hiteshri , Y., & Manan , S. (2020). Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. Artificial Intelligence in Agriculture, 04, pp. 58-73.
- بدري جمال. (2022). الذكاء الاصطناعي: بحث عن مقاربة قانونية. المجلة الجزائرية للعلوم القانونية والسياسية، 59(04)، الصفحات 173-190.
- حنان محمد ابراهيم عوض. (2023). الاعتماد على الذكاء الاصطناعي في أثناء جائحة كورونا واثاره السلبية على المنظومة الاخلاقية. مجلة العلوم الاسلامية والحضارة، 08(01)، الصفحات 107-140.
- صالح الأسد. (2023). الذكاء الاصطناعي: الفرص والمخاطر والواقع في الدول العربية. مجلة اضافات اقتصادية، 07(01)، الصفحات 165-184.
- ليندة حسان. (2025). تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في القطاع الزراعي بين التحديات والآفاق -عرض تجارب لبعض الدول العربية-. مجلة المنتدى للدراسات والأبحاث الاقتصادية، 09(01)، الصفحات 49-66.
- مصطفاوي نادية، و حياة بن حراث. (2025). حلول الذكاء الاصطناعي للزراعة المستدامة: تجارب الدولية. مجلة الاقتصاد والمانجمنت، 22(02)، الصفحات 49-64.
- معافة سوسن. (2022). تقنيات معالجة اللغة العربية آليا دراسة مقارنة لنماذج من المحللات الصرفية العربية (أطروحة دكتوراه). كلية الآداب واللغات، جامعة 8 ماي 1945 قالمة.
- نقايبي سليمة. (2022). استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في ادارة المعرفة في ظل مجتمع المعرفة. مجلة الرستمية، 03(02)، الصفحات 67-78.

- وكالة الأنباء الجزائرية. (23 09, 2024). تاريخ الاسترداد 04 06, 2025، من فلاحة: آفاق واعدة لتطوير الزراعة الدقيقة باستعمال الذكاء الاصطناعي: https://www.aps.dz/ar/economie/168670-2024-09-23-18-47-52
- يحي زكريا محسب. (2024). الاستشعار من البعد والذكاء الاصطناعي في خدمة الزراعة الدقيقة والذكية. الأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري، 05(05)، الصفحات 82-88.
- يسرى حمزة، و أسماء دراجي. (18 06, 2022). ثنائية البيانات الضخمة () والذكاء الاصطناعي () لتحقيق التنمية المستدامة على المستوى الدولي -دراسة تحليلية-. الملتقى الدولي: البيانات الضخمة والاقتصادالرقمي كالية لتحقيق الاقلاع الاقتصادي في الدول النامية "الفرص، التحديات والافاق". كليةالعلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي .