

Artificial Intelligence Solutions for Sustainable Agriculture: International Experiences

ط.د/ مصطفىاوي نادية¹، أ.د/ بن حراث حياة²¹جامعة مستغانم - (الجزائر)، مخبر dinamex

nadia.mostefaoui.etu@univ-mosta.dz

²جامعة مستغانم - (الجزائر)، مخبر poidex

hayat.benharrat@univ-mosta.dz

تاريخ النشر: 2023/12/31

تاريخ القبول: 2023/12/27

تاريخ الاستلام: 2023/01/23

الملخص:

تهدف هذه الورقة البحثية إلى تحليل دور تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تطوير الممارسات الزراعية المستدامة، من خلال استعراض مختلف التقنيات الحديثة ومناقشة بعض التجارب الدولية الرائدة. كما تبحث الورقة في مدى مساهمة هذه التقنيات في زيادة إنتاجية واستدامة القطاع الزراعي على المستوى العالمي. خلصت هذه الورقة البحثية إلى تقديم مجموعة من المقترحات لتعزيز انتشار التقنيات المتقدمة في الزراعة، بما في ذلك تسهيل وصول صغار المزارعين إليها، وتطوير معايير وممارسات أخلاقية لاستخدام هذه التقنيات.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي؛ التطبيقات الزراعية؛ الزراعة المستدامة؛ التنمية.

Abstract:

This research paper aims to analyze the role of artificial intelligence applications in the development of sustainable agricultural practices by reviewing various modern technologies and discussing some leading international experiences. The paper also explores the extent to which these technologies contribute to increasing the productivity and sustainability of the agricultural sector on a global scale.

This research paper concludes by offering a set of proposals to enhance the dissemination of advanced technologies in agriculture, including facilitating access for small-scale farmers and developing ethical standards and practices for the use of these technologies.

Keywords: artificial intelligence in agriculture; Sustainable agriculture; Development.

JEL Classification Codes: D63

مرسل المقال: مصطفىاوي نادية (nadia.mostefaoui.etu@univ-mosta.dz)

مقدمة:

يواجه القطاع الزراعي العالمي تحديات غير مسبقة بسبب تغير المناخ والنمو السكاني والحاجة إلى إدارة كفاءة الموارد. ومع تزايد الطلب على الممارسات الزراعية المستدامة والحاجة إلى مواجهة التحديات في السياقات الدولية، ينبغي استكشاف إمكانات الذكاء الاصطناعي في الزراعة، ويمثل حلاً مبتكراً لا يضمن الأمن الغذائي فحسب، بل يضمن أيضاً التغذية لجميع مناطق العالم.

ويمثل دمج الذكاء الاصطناعي في الزراعة حلاً مبتكراً لا يضمن الأمن الغذائي فحسب بل يغذي جميع أنحاء العالم. ونظراً لأهمية الزراعة المستدامة وإمكانية تحقيق الاستدامة من خلال الذكاء الاصطناعي، فقد تم معالجة الإشكالية التالية:

كيف يمكن دمج الذكاء الاصطناعي والممارسات الزراعية المستدامة بشكل فعال لمواجهة التحديات في سياقات دولية مختلفة؟

وبغرض التعمق في الموضوع أكثر ومحاولة الإجابة على الإشكالية المطروحة تمت صياغة الفرضية الرئيسية التالية:

- يسهم دمج الذكاء الاصطناعي في تطوير الممارسات الزراعية المستدامة. ومعالجة التحديات في سياقات دولية مختلفة
أهمية الدراسة:

تكمن أهمية هذه الورقة في الاهتمام المتزايد بتطبيق الذكاء الاصطناعي في تحسين الممارسات الزراعية المستدامة. ويحمل هذا القطاع أملاً كبيراً في تحسين الإنتاجية الزراعية وتقليل تأثيرها على البيئة، وهو أمر مهم في مواجهة الطلب العالمي المتزايد على الغذاء وزيادة الضغط على الموارد الطبيعية مما يساهم في تطوير حلول فعالة للزراعة المستدامة.

أهداف الدراسة:

- توضيح الكيفية التي يمكن من خلالها استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي لتحسين الإنتاجية الزراعية المستدامة وتقليل تأثيرها البيئي.
- تحديد أهم التحديات والعوائق التي قد تمنع المزارعين من تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في الزراعة المستدامة.
- تقديم توصيات عملية لتحسين كفاءة وإنتاجية الزراعة باستخدام التطبيقات الذكية.

منهجية البحث:

من أجل الإحاطة بجميع جوانب الموضوع، وللإجابة على الإشكالية المطروحة وبما فيها من مراحل، تم الاعتماد على المنهج الوصفي من خلال التحليل والاستعانة بالدراسات والإحصائيات التي جاءت ملهمة بالموضوع بالإضافة إلى مجموعة من المصادر والمراجع المرتبطة بالبحث.

الدراسات السابقة

➤ دراسة RosanaCavalcantedeOliveira (2023) بعنوان: Artificial Intelligence in Agriculture: Benefits, Challenges, and Trends

هدفت هذه الدراسة إلى تقديم مراجعة شاملة للأدبيات المتعلقة بتطبيق

تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال الزراعة، في سياق الطلب المتزايد على إنتاج الغذاء وظهور تحديات جديدة مثل التوترات في

سلسلة التوريد والتغيرات المناخية. وخلصت الدراسة إلى وجود تطور ملحوظ في مجال تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في

الزراعة، حيث تم استخدام أكثر من 20 تقنية مختلفة في الدراسات التي تم تحليلها. ومن بين هذه التقنيات، كان التعلم الآلي،

والشبكات العصبية للتصوير، وإنترنت الأشياء، والبيانات الضخمة، والروبوتات، ورؤية الكمبيوتر هي الأكثر استخداماً. كما

أشارت الدراسة إلى أن الدول التي سجلت نشاطاً ملحوظاً في هذا المجال هي الهند والصين والولايات المتحدة الأمريكية

➤ دراسة Tanha Talaviya وآخرون (2020)، بعنوان: Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides

تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف تطبيقات مختلفة للذكاء الاصطناعي في الزراعة مثل الري وإزالة الحشائش ورش الروبوتات المدججة والطائرات بدون طيار بمساعدة أجهزة الاستشعار وغيرها من الأدوات الذكية الاصطناعي. وخلصت الدراسة بأنه يوجد فعالية للذكاء الاصطناعي في تحسين ممارسات الري، وتعزيز استخدام المبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب، ومنه تحسين الإنتاجية الزراعية العامة والاستدامة.

➤ دراسة Priya Rani Bhagat وآخرون (2022)، بعنوان: Artificial intelligence solutions : enablingsustainable agriculture: A bibliometricanalysis

هدفت هذه الدراسة إلى معالجة الفجوة في الأدبيات المتعلقة بتحليل الدراسات حول دور الذكاء الاصطناعي في الزراعة المستدامة خلال الفترة من عام 2000 إلى

2021، وذلك من خلال ملء هذه الثغرة البحثية وتقديم أدلة مستمدة من الدراسات التي أجريت في هذا المجال خلال الفترة المشار إليها. أظهرت نتائج الدراسة زيادة كبيرة في عدد الأعمال الأكاديمية المنشورة حول دور الذكاء الاصطناعي في تمكين الزراعة المستدامة، ابتداءً من عام 2018. وبالتالي تقدم الدلائل قاطعة على أن المسار التطوري يشير إلى ارتفاع كبير في هذا المجال. من الناحية الجغرافية، تسلط شبكة التعاون بين الدول الضوء على أن معظم الدراسات في هذا المجال تأتي من الصين، والولايات المتحدة الأمريكية، والهند، وإيران، وفرنسا.

2: الإطار النظري لأهم مصطلحات البحث الوصفي

للإحاطة بموضوع البحث لابد من التطرق للمفاهيم التي لها علاقة بالموضوع، والتي تتمثل أساساً في المصطلحات التالية:

1.2 الذكاء الاصطناعي:

تم صياغة مصطلح "الذكاء الاصطناعي" في الخمسينيات من القرن الماضي، وتطور منذ ذلك الحين ليشمل مجموعة من القدرات المتغيرة باستمرار مع تطور التقنيات الجديدة. أما تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة (AI) في الزراعة، مثل التعلم الآلي وتحليلات البيانات، لتحسين العمليات الزراعية المختلفة ودمج الذكاء الاصطناعي في العمليات الزراعية، يمكن للمزارعين تحسين الكفاءة وتقليل النفقات من أجل اتخاذ قرارات أكثر استنارة تساهم في الحفاظ على البيئة. الممارسات الزراعية المحمية والمستدامة. يتيح الذكاء الاصطناعي في الزراعة جمع وتحليل كميات هائلة من البيانات، مثل الطقس وظروف التربة وصحة المحاصيل، لاتخاذ قرارات صحيحة واستخدام الموارد بشكل أكثر كفاءة. (India، 2023)

ويشمل أيضاً تطبيقات مثل مراقبة المناخ، والديثات الزراعية التي يتم التحكم فيها آلياً، ومراقبة جودة المحاصيل، وإدارة الثروة الحيوانية، والتحليل التنبؤي، وكلها تساهم في جعل الزراعة أكثر استدامة. يعد دمج الذكاء الاصطناعي في الزراعة أمراً حيويًا لتعزيز الحفاظ على البيئة، وضمان الأمن الغذائي، وتعزيز مستقبل زراعي أكثر مرونة وازدهارًا. (Priya، 2022)

2.2 الزراعة المستدامة:

الزراعة المستدامة هي ممارسة زراعية تهدف إلى تلبية الاحتياجات الحالية للسكان من الغذاء واللباس دون المساس بقدرة الأجيال الحالية أو المقبلة على تلبية احتياجاتهم الخاصة وتتميز بهدف يجمع بين ثلاثة مجالات رئيسية: الجودة البيئية، والمنفعة الاقتصادية، والمنفعة الاجتماعية والعدالة الاقتصادية. تركز الزراعة المستدامة على الحد من التأثير البيئي من خلال تحسين جودة المدخلات مثل الأسمدة والمبيدات الحشرية مع الحفاظ على الجدوى الاقتصادية أو زيادتها. وتبين هذه الطريقة أن فعالية الأدوية غير متناسقة لأن ما يسمى بالجرعة المثالية: يجب إنتاجها (Theis، Lejeune، و Javier، 2018).

تشمل الجوانب الرئيسية للزراعة المستدامة ما يلي: (Nichepom)

- **صحة التربة:** هي أساس الزراعة المستدامة، يمكن للمزارعين الحفاظ على صحة التربة عن طريق تقليل الحرث، وزراعة محاصيل التغطية، وتدوير المحاصيل. هذه الممارسات تساعد على تحسين بنية التربة وخصوبتها، وتقليل تآكل التربة.
- **الحفاظ على المياه:** هو مفتاح الزراعة المستدامة، يمكن للمزارعين تحقيق ذلك عن طريق استخدام أنظمة الري الموفرة للمياه، وتجميع مياه الأمطار، واستخدام المياه بكفاءة.
- **الحد من استخدام المبيدات والأسمدة الضارة:** هو أحد أهم مبادئ الزراعة المستدامة، يمكن للمزارعين تحقيق ذلك عن طريق اختيار بدائل أكثر صداقة للبيئة، أو عن طريق تقليل الاعتماد على هذه المدخلات من خلال ممارسات الزراعة المستدامة.
- **التنوع البيولوجي وخدمات النظام البيئي:** هي دعامة أساسية للزراعة المستدامة، تساعد ممارسات الزراعة المستدامة في الحفاظ على التنوع البيولوجي وخدمات النظام البيئي، مما يعزز بدوره صحة التربة وإنتاجيتها على المدى الطويل.
- **تقليل النفايات والتلوث:** هو مبدأ أساسي للزراعة المستدامة، يمكن للمزارعين تحقيق ذلك من خلال استخدام الموارد بكفاءة، وإعادة تدوير النفايات، والحد من كمية النفايات التي يتم إنتاجها في المقام الأول.
- **ضمان ظروف عمل عادلة وجدوى اقتصادية للمزارعين والعمال:** هي مكونات أساسية للزراعة المستدامة، يمكن للمزارعين والعمال تحقيق ذلك من خلال ضمان حصولهم على أجور عادلة، وظروف عمل آمنة وصحية، والوصول إلى التعليم والتدريب.
- **التكيف مع تغير المناخ:** هو مبدأ أساسي للزراعة المستدامة، يمكن للمزارعين تحقيق ذلك من خلال استخدام ممارسات مرنة يمكنها تحمل الظروف الجوية المتغيرة والصدمات البيئية.

من خلال اعتماد ممارسات زراعية مستدامة، يمكن للمزارعين الحد من الأثر البيئي، وتحسين صحة التربة وإنتاجيتها، وإنتاج أغذية صحية ومغذية. وفي الوقت نفسه، يمكن للزراعة المستدامة أن تساعد في دعم المجتمعات الريفية وتعزيز العدالة الاجتماعية والاقتصادية.

3: استخدامات تقنيات الذكاء الاصطناعي في الزراعة:

تواجه الزراعة تحديات في الإدارة البيئية، بما في ذلك خصوبة التربة، وتوافر المياه، والآفات والأمراض. يمكن للتكنولوجيا، وخاصة الذكاء الاصطناعي، أن تساعد في تحسين الكفاءة الزراعية وإدارة الموارد، والتقليل من النفايات وزيادة الاستدامة.

1.3 مجالات الزراعة الرئيسية:

يأخذ استخدام الذكاء الاصطناعي (AI) في الزراعة العديد من التطبيقات في مختلف المجالات (Oliveira, 2023)، وتشمل بعض المجالات الرئيسية للزراعة التي يتم فيها تطبيق الذكاء الاصطناعي كما هو مبين في الجدول 01.

الجدول 01: مجالات استخدام الذكاء الاصطناعي في الزراعة

المجالات	الوصف	المراجع
الزراعة المغلقة	يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين استخدام الموارد، وتقليل الهدر وزيادة الغلة في إنتاج البيوت البلاستيكية عالية الأتمتة.	(EPRS, 2023)
زراعة الحقول المفتوحة	يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لمراقبة صحة المحاصيل، وتحديد الآفات والأمراض، وتحسين جداول الري والتسميد.	(EPRS, 2023)
إدارة التربة	تساعد تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل الرؤية الحاسوبية، في مراقبة التربة وإدارة أنظمة المحاصيل الخاصة بالموقع، وهو أمر بالغ الأهمية للممارسات الزراعية الناجحة.	(Mohd Javaid a, 2023)
إدارة المراعي	يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لمراقبة سلوك الحيوانات وتحسين جداول التغذية.	(EPRS, 2023)
التنبؤ بالمحاصيل	يستخدم الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بإنتاجية المحاصيل، وهو أمر مهم للاستخدام الفعال والمستدام للموارد.	(Morgan, 2022)
الري وتطبيق المبيدات والأعشاب	يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين الري وتطبيق المبيدات والأعشاب، مما يقلل الهدر ويزيد الغلة.	(Tanha Talaviya a, 2020)
إدارة الأمراض والآفات	يستخدم الذكاء الاصطناعي لإدارة الأمراض والآفات التي تؤثر على إنتاجية المحاصيل وجودتها، مما يساهم في تحقيق الأمن الغذائي.	(Patrick Kwabena Mensah, 2023)

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على عدة مراجع مذكورة في الجدول 01

يعرض الجدول العديد من التطبيقات حيث يمكن تطبيق الذكاء الاصطناعي (AI) في الزراعة. وتوضح هذه التطبيقات كيفية يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لمعالجة القضايا الأساسية في الزراعة، مثل الزراعة المغلقة، وزراعة الحقول المفتوحة، وإدارة الثروة الحيوانية، والتنبؤ بالمحاصيل، الري وتطبيق مبيدات الأعشاب، وإدارة الأمراض والآفات. يعد دمج الذكاء الاصطناعي في الزراعة أمراً حيوياً لتعزيز الحفاظ على البيئة، وضمان الأمن الغذائي، وتحسين استخدام الموارد، ومراقبة صحة المحاصيل، والتنبؤ بعائدات المحاصيل، وتعزيز مستقبل زراعي أكثر مرونة وازدهاراً.

2.3 تقنيات الذكاء الاصطناعي في المجال الزراعي:

يعمل الذكاء الاصطناعي (AI) على إحداث تحول في الصناعة الزراعية من خلال تقنيات مختلفة، مما يزيد من جودة المحاصيل بشكل عام ودقتها وكفاءتها. تشمل التقنيات الذكية المستخدمة في الزراعة الروبوتات والطائرات بدون طيار والتعلم الآلي والشبكات العصبية الاصطناعية، حيث تلعب هذه التقنيات دوراً مهماً في الإنتاج الزراعي وكفاءة العمليات الزراعية والجدول 02 يوضح ذلك:

الجدول 02: أهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال الزراعة

التقنية	الوصف	المراجع
---------	-------	---------

Manas Wakchaure (2023)	تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي في الزراعة لأداء مهام مختلفة بشكل مستقل، مثل الزراعة، والري، والحصاد، ونقل المنتجات. تعمل هذه التقنيات بكفاءة مع الحد الأدنى من التدخل البشري، مما يؤدي إلى زيادة الإنتاجية وبساطة العمليات.	الروبوتات وأنظمة التشغيل Robotics and automation
(itransition, 2023)	يساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين الممارسات الزراعية والاستدامة من خلال تحسين التنبؤات، وإدارة الموارد، والتحكم في الآفات والأمراض.	التعلم الآلي Machine learning
(ClearSpot.ai, 2023)	تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي مجموعة متنوعة من أجهزة الاستشعار لجمع بيانات عالية الدقة عن المحاصيل ومحيطها. يتم بعد ذلك تحليل هذه البيانات باستخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي لتوفير رؤى قيمة للمزارعين.	الطائرات بدون طيار والمركبات الجوية بدون طيار Autonomous Vehicle and Robotics
(V.G. Dhanya a, 2022)	تستخدم تقنية التعرف على الصور في الزراعة لتحليل الصور وتحديد الأشكال والأنماط المعقدة. يمكن أن يساعد هذا المزارعين على تحسين جودة الإنتاج الزراعي ومراقبة النباتات والتعرف على الآفات والأمراض بشكل أكثر دقة وفعالية.	الشبكة العصبية التصادمية Convolutional neural network
(D'Souza, 2023)	تستخدم الشبكات العصبية الاصطناعية في الزراعة لتحسين الممارسات الزراعية، بما في ذلك التنبؤ بإنتاجية المحاصيل، وتصنيف التربة، والكشف عن أمراض النبات. يمكن للشبكات العصبية تحليل صور النباتات وتحديد علامات المرض بدقة عالية.	الشبكات العصبية الاصطناعية Artificial neural net
(K. Aditya Shastry, 2021)	وقد تم استخدامها بشكل متزايد في النظم الزراعية لمعالجة مشاكل التحسين المعقدة، مثل تعظيم غلات المحاصيل مع الحفاظ على خصوبة التربة. تعد GAS نوعًا من النهج التطوري الفوقي. وقد تم تصميمها كمجموعات مجردة من الحلول المرشحة، ويتم تقييم كل منها لتحقيق الأداء المطلوب.	الخوارزمية الجينية Geneticalgorithm
(congress)	(IoT) هو مصطلح يشير إلى شبكة من الأجهزة المتصلة بالإنترنت، والتي يمكنها جمع البيانات ومعالجتها وتبادلها. يمكن استخدام هذه التكنولوجيا لربط مختلف المعدات والمرافق الزراعية بشبكة الإنترنت.	انترنت الأشياء Internet of Things
(Savarn, 2022)	استخدام تقنيات المعلومات والاتصالات لجمع البيانات الزراعية وتخزينها وتحليلها عن بعد. تهدف هذه التكنولوجيا إلى تحسين ممارسات الزراعة، والتحكم في استخدام الموارد واتخاذ القرارات، مما يوفر للمزارعين رؤى قيمة ويسهل الزراعة الدقيقة.	الحوسبة السحابية Cloud computing

المصدر: من إعداد الباحثين، بالاعتماد على عدة مراجع مذكورة في الجدول 01

من خلال ما سبق نستنتج انه يمكن أن يوفر استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الزراعة العديد من الفوائد، منها:
(2023، Pattam)

- **زيادة إنتاجية المحاصيل:** تطبيقات الذكاء الاصطناعي يمكنها متابعة المعلومات المتعلقة بصحة التربة وأنماط الطقس وتطور النباتات. يمكن لهذه البيانات أن تقدم دعمًا قيمًا للمزارعين في اتخاذ قرارات مستنيرة حول ممارسات الري والإدارة الزراعية الأخرى. وبهذا يتسنى للمزارعين تحسين إنتاجيتهم الزراعية.
- **تقليل التكاليف:** يمكن أن يسهم الذكاء الاصطناعي في القطاع الزراعي في تحقيق تقليل في التكاليف، وذلك عبر تحسين استغلال الموارد، وتعزيز إنتاجية المزرعة، وأتمتة العمليات.
- **القرارات المبنية على البيانات:** يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل البيانات القادمة من أجهزة الاستشعار، والصور الفضائية، وغيرها من المصادر، بهدف تحسين توظيف الموارد واتخاذ قرارات ذكية.
- **تحسين أنظمة الري:** يستطيع الذكاء الاصطناعي دعم المزارعين في تحسين أنظمة الري عبر اكتشاف التسريبات والضرر، مما يضمن استخدام المياه بكفاءة أكبر.
- **رصد المحاصيل والتربة:** يستطيع الذكاء الاصطناعي مراقبة حالة المحاصيل، وتحديد وجود الآفات والأمراض، وتحسين إدارة المحاصيل لتحقيق أفضل النتائج.

— **الحد من استخدام المبيدات الحشرية:** يمكن أن يساعد الذكاء الاصطناعي المزارعين على الحد من استخدام المبيدات الحشرية من خلال تحديد طرق التطبيق الأكثر فعالية وكفاءة. يمكن أن يساعد هذا في تقليل النفايات وحماية البيئة.

توضح هذه الفوائد قدرة الذكاء الاصطناعي في الزراعة على إحداث تحول في الصناعة، ومساعدة المزارعين على تحسين استخدام الموارد، وتقليل النفايات، وتحسين المحاصيل مع تقليل تأثيرها البيئي.

3.3 أهداف دمج الذكاء الاصطناعي في الزراعة:

حدد المنتدى الاقتصادي العالمي (WEF) عدة أهداف رئيسية للتدخلات التكنولوجية الناشئة في الزراعة، بما في ذلك: (Forum، 2020)

- ✓ **دخول المزارع المستدام من خلال سلاسل التوريد المرتبطة بشكل أفضل من المزرعة إلى السوق:** يمكن للذكاء الاصطناعي أن يساعد المزارعين على تحسين عملياتهم وزيادة كفاءتهم الإجمالية، مما يؤدي إلى زيادة إنتاجية المحاصيل ونتائج مالية أفضل.
- ✓ **الشمول المالي والرقمي للمزارعين أصحاب الحيازات الصغيرة:** الذكاء الاصطناعي يساعد أصحاب الحيازات الصغيرة في الوصول إلى الخدمات المالية والرقمية، وتحسين وصولهم إلى الأسواق والموارد.
- ✓ **السلامة والثقة في النظم الغذائية:** الذكاء الاصطناعي يعمل على ضمان سلامة الأغذية وإمكانية تتبعها، مما يؤدي إلى تحسين ثقة المستهلك في النظم الغذائية.
- ✓ **مراقبة التأثير البيئي في الوقت الفعلي:** يمكن للذكاء الاصطناعي مراقبة التأثير البيئي، مما يساعد المزارعين على تقليل بصمتهم البيئية وتعزيز الممارسات المستدامة.

- ✓ تحسين الإنتاجية والكفاءة من خلال مكينة المزرعة: يمكن للآلات والمعدات التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي أداء المهام بشكل أكثر كفاءة ودقة من العمالة البشرية، مما يقلل من تكاليف العمالة ويزيد الإنتاجية.
- ✓ إدارة هدر الطعام من خلال التمكين الرقمي للتخزين والبنية التحتية اللوجستية: يساعد الذكاء الاصطناعي في تقليل هدر الطعام من خلال تحسين البنية التحتية للتخزين والخدمات اللوجستية، وتقليل التلف وتحسين كفاءة سلسلة التوريد.
- ✓ الإدارة الذكية للمخاطر المتعلقة بالطبيعة: الذكاء الاصطناعي يساعد المزارعين على إدارة المخاطر المتعلقة بالطقس والآفات وعوامل أخرى، مما يحسن صمودهم وقدرتهم على التكيف مع الظروف المتغيرة.

توضح هذه الأهداف قدرة الذكاء الاصطناعي في الزراعة على المساهمة في الممارسات الزراعية المستدامة، ومساعدة المزارعين على تحسين استخدام الموارد، وتقليل النفايات، وتحسين المحاصيل مع تقليل تأثيرها البيئي.

4: تجارب دولية رائدة في التقنيات المتقدمة بالمجال الزراعي

أصبح استخدام التقنيات المتقدمة في الزراعة ذا أهمية متزايدة لزيادة إنتاج البذور واستدامتها في جميع أنحاء العالم. وتسلط العديد من التجارب الدولية الناجحة الضوء على المساهمة الكبيرة لهذه التكنولوجيا في الزراعة. على سبيل المثال، قام مشروع KATANA الممول من الاتحاد الأوروبي بتسهيل التكنولوجيا والأعمال التجارية الزراعية لتطوير منتجات وخدمات جديدة في الزراعة الدقيقة والخدمات المتنقلة والأغذية الوظيفية وأهمية التركيز على البوغيين. ويوضح هذا المثال كيف أن التقنيات المتقدمة، بما في ذلك الزراعة الدقيقة، وتكنولوجيا المعلومات، والطائرات بدون طيار، يمكن لأجهزة الاستشعار والروبوتات أن تلعب دورًا رئيسيًا في تحسين الإنتاج الزراعي مع ضمان بقاء البيئة بيئية إلى الأبد (Commission، 2018).

من بين أهم المجالات التي شهدت رواجًا ونجاحًا في العالم ما يلي:

1.4 مجال الروبوتات التشغيل الآلي في الزراعة :

بعض الأمثلة على التجارب الدولية الناجحة في مجال الروبوتات والأتمتة في الزراعة: Abundant Robotics، Agrobot،

Rabbit Tractor.

➤ Blue River Technolog: هي شركة مقرها كاليفورنيا قامت بتطوير "جهاز رش ذكي" يسمى "See Spray"

يستخدم الرؤية الحاسوبية والتعلم الآلي لتحديد الحشائش الحقلية ورش مبيدات الأعشاب. هذا النهج يمكن أن يقلل من

استخدام مبيدات الأعشاب. يستخدم نظام "See Spray" خوارزميات التعلم الآلي لتحليل الصور الملتقطة بواسطة

الكاميرات الموجودة على جهاز الرش، والتمييز بين الأعشاب الضارة ونباتات المحاصيل، مما يسمح لجهاز الرش باستخدام

مبيدات الأعشاب الضارة فقط عند الضرورة، مما يقلل بشكل كبير من استخدام مبيدات الأعشاب (Vaidya،

April 2022)

توفر التكنولوجيا العديد من الفوائد: (Vaidya، April 2022)

- الاستخدام الدقيق لمبيدات الأعشاب: يستهدف نظام "See Spray" فقط الأعشاب الضارة التي تحتاج إلى معالجة، 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 إلى 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 Blue River Technology 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.

2.4 مجال التعلم الآلي في الزراعة :

➤ Cropin هي مؤسسة رائدة في مجال "Full-Stack AgTech" التي توفر حلولاً ذكية قائمة على "SaaS" للشركات الزراعية على مستوى العالم، بهدف زيادة الإنتاجية إلى أقصى حد في جميع المجالات. ويستخدمون الذكاء الاصطناعي لتقديم رؤى في الوقت الفعلي واستشارات مبنية على البيانات للمزارعين، مما يمكنهم من اتخاذ قرارات مستنيرة وزيادة إنتاجهم.

تتضمن مجموعة منتجات وخدمات Cropin ما يلي: (cropin، -2022)

- **Cropin Grow (SmartFarm Plus):** حل لمراقبة المزرعة وإدارتها يساعد على وضع علامة جغرافية على المزارع، ورقمنة سجلات المزرعة، ومشاركة الاستشارات، ومراقبة إنتاجية المحاصيل، وتحسين كفاءة المزرعة، وتعزيز إنتاجية الموظفين الميدانيين.
- **Cropin Connect (AcreSquare):** تطبيق اتصال سلس وسهل الاستخدام يدعم مبادرات الزراعة الرقمية من خلال ربط المزارعين والشركات الزراعية والموظفين الميدانيين لرقمنة العمليات الزراعية.
- **Cropin Trace (RootTrace):** حل للتتبع من المزرعة إلى المائدة يدعم رمز الاستجابة السريعة لتتبع معايير الجودة وتلبيتها، والقضاء على التزوير، والتأكد من أن كل من يشارك في جلب الطعام إلى طاولات المستهلكين يتم الاعتراف به ومكافأته.

يقدم الذكاء الزراعي المدعوم بالذكاء الاصطناعي من Cropin 22 نموذجًا للذكاء الاصطناعي توفر رؤى تنبؤية للكشف عن المحاصيل، وتقدير الغلة، وجدولة الري، والتنبؤ بالآفات والأمراض، وامتصاص النيتروجين، والمزيد. تم إنشاء هذه النماذج باستخدام الرسم البياني المعرفي للمحاصيل الأكثر شمولاً في العالم، وقد تم اختبارها ميدانيًا ونشرها من قبل أكثر من 250 مؤسسة من القطاعين العام والخاص. وقد تم استخدام تكنولوجيا الشركة لإفادة 7 ملايين مزارع في جميع أنحاء العالم، مما أدى إلى الحصول على درجة 92% من القدرة على التكيف وتأثير 3 أضعاف على عائد الاستثمار. (cropin)

3.4 مجال الطائرات بدون طيار والمركبات الجوية بدون طيار في الزراعة :

هناك العديد من الشركات الناجحة والمتطورة في مجال الطائرات بدون طيار والطائرات بدون طيار في الزراعة. من الصعب تحديد شركة واحدة هي الأكثر نجاحًا حيث أن الصناعة لا تزال تتطور وهناك العديد من المنافسين في السوق. بعض الشركات الرائدة في هذا المجال تشمل DJI، وPrecisionHawk، وTrimble، وAgEagle Aerial Systems.

➤ **DJI**: هي شركة صينية تعد أكبر شركة مصنعة للطائرات بدون طيار في العالم ولها حضور قوي في سوق الطائرات بدون طيار الزراعية. وفقًا لتقرير صادر عن Drone Industry Insights، تسيطر الشركة حاليًا على أكثر من 70% من سوق الطائرات بدون طيار العالمية، ومن المتوقع أن ينمو السوق من 30.6 مليار دولار بحلول عام 2022 إلى 55.8 مليار دولار بحلول عام 2030. وتقدم الشركة مجموعة من الطائرات بدون طيار يتم استخدامها للعديد الأغراض في مختلف الصناعات بما في ذلك الزراعة. وتشمل التطبيقات الأخرى استخدام طائرات DJI بدون طيار لرصد المحاصيل ورسم الخرائط والرش. على الرغم من التحديات مثل الولايات المتحدة. على القائمة السوداء، تواصل الشركة الاستثمار في البحث والتطوير المحمول جواً. توظف حاليًا أكثر من 14000 موظف، 25% منهم يعملون في مجال البحث والتطوير، وهو دليل على تركيز الشركة على الابتكار. (thedroneu، 2023)

4.4. مجال التعلم العميق: الشبكة العصبية التصاعدية

هناك العديد من الشركات الناجحة في مجال التعلم العميق في الزراعة، منها الشركات الناشئة والشركات القائمة. بعض الشركات البارزة في هذا المجال تشمل CropX وAgrosmart وProspera Technologies.

➤ **Agrosmart** هي شركة برازيلية ناشئة تستخدم الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لتزويد المزارعين برؤى تعتمد على البيانات لتحسين إدارة المحاصيل وزيادة الإنتاجية. تقوم الشركة بدمج ملايين نقاط البيانات من أجهزة الاستشعار الميدانية والأقمار الصناعية وتطبق التعلم الآلي وتقنيات الذكاء الاصطناعي الأخرى لتحسين الممارسات الزراعية. يقوم برنامج Agrosmart كخدمة (SaaS) بتحليل هذه البيانات الأولية ثم يستخدم خوارزميات التعلم الآلي لتقديم توصيات بشأن كل شيء بدءًا من اختيار البذور وحتى جدولة الري. توفر المنصة أيضًا للمزارعين رؤى في الوقت الفعلي حول صحة المحاصيل ورطوبة التربة وأنماط الطقس، مما يمكنهم من اتخاذ قرارات تعتمد على البيانات لتحسين محاصيلهم (Neill'O، 2020).

5.4 مجال إنترنت الأشياء في الزراعة

توجد العديد من الأمثلة للشركات التي كان لها تجارب دولية ناجحة في مجال إنترنت الأشياء في الزراعة: Eastern، Digiteum، IBM، McKinsey، Peak.

➤ **IBM**: هي شركة دولية رائدة في مجال إنترنت الأشياء في الزراعة. قامت الشركة بتطوير Watson Decision Platform for Agriculture، وهي منصة التي توفر للمزارعين بيانات ورؤى في الوقت الحقيقي لتحسين إدارة

المحاصيل وزيادة الغلات. تستخدم المنصة خوارزميات التعلم الآلي لتحليل البيانات من أجهزة استشعار IoT والتنبؤ بالطقس والمجالات الأخرى التاريخ تقديم توصيات تم اعتماد تقنية IBM من قبل المزارعين في العديد من البلدان بما في ذلك الولايات المتحدة والبرازيل والهند. تم تصميم المنصة لمساعدة المزارعين على اتخاذ قرارات تعتمد على البيانات، وتعظيم استخدام المدخلات، ومراقبة صحة المحاصيل، وأتمتة العمليات المختلفة. ومن خلال تسخير قوة الإنترنت والتعلم الآلي، تساعد الشركة المزارعين على زيادة الإنتاجية وتقليل التكاليف وتحسين الاستدامة. (Gildersleeve, 2023).

6.4- مجال الحوسبة السحابية

الحوسبة السحابية تقنية تحويلية في مجال الزراعة، حيث تقدم مجموعة من الفوائد مثل تحسين الكفاءة وتوفير التكاليف والوصول إلى البيانات في الوقت الفعلي. توجد العديد من التجارب العالمية الناجحة في مجال الحوسبة السحابية في الزراعة منها:

➤ شركة "Deployflow" قامت بفحص سبع حالات استخدام هامة للحوسبة السحابية في الزراعة، بما في ذلك الزراعة الدقيقة، وتبعية المحاصيل، والتنبؤ، والصيانة. يسلط منشور مدونة الشركة الضوء على الفوائد الرئيسية لاستخدام الحوسبة السحابية في الزراعة، ويقدم بعض حالات الاستخدام القيمة. تتمتع الشركة بخبرة واسعة في مجال التحول السحابي والاستشارات، مما يجعلها مناسبة تمامًا لدعم المزارعين في رحلتهم لتحقيق أقصى استفادة من التكنولوجيا السحابية وتنمية أهدافهم الزراعية. باستخدام التطبيقات السحابية، يمكن للمزارعين مراقبة وإدارة محاصيلهم بشكل أفضل بدءًا من الري وحتى أجهزة المراقبة المعتمدة على أجهزة الاستشعار. تمكن الحوسبة السحابية المزارعين من التنبؤ بظروف النمو المثالية، وتحسين الإنتاجية، وتقليل الخسائر، وتحقيق زيادة الكفاءة الشاملة. تُظهر تقارير الشركة الدور الحيوي الذي تلعبه الحوسبة السحابية في تحسين أداء القطاع الزراعي، وتقدم حلاً شاملاً من الحلول لتمكين المزارعين من اتخاذ قرارات أكثر استنارة وتحسين ممارساتهم الزراعية. (maya.budinski, 2023)

5: مخاطر وتحديات الاستخدام العملي للذكاء الاصطناعي في الزراعة

تواجه تطبيقات الذكاء الاصطناعي تحديات مثيرة ومستقبلاً مليئاً بالفرص في تطوير الممارسات الزراعية المستدامة. هناك العديد من المخاطر التي يواجهها مستخدمو تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الزراعة، سواء المزارعين أو المستثمرين أو الدولة بشكل عام، ويجب علينا دراسة المخاطر والتحديات المحتملة عند استكشاف كيفية تطبيق تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الزراعة. وقد تم إثبات العديد من العواقب غير المقصودة لهذا التدخل، ويمكن وصف بعض هذه الآثار بأنها "خطر"، لأنها ليست كلها مضمونة.

1.5 مخاطر الذكاء الاصطناعي في الزراعة

يمثل استخدام الذكاء الاصطناعي (AI) في الزراعة العديد من المخاطر المحتملة، كما أبرزت الأبحاث الحديثة:

✓ البطالة الناجمة عن التكنولوجيا: يؤدي التقدم في الذكاء الاصطناعي إلى أتمتة بعض الوظائف والمهام، مما يؤدي إلى إزالة الوظائف والبطالة لبعض العمال. (Robert Sparrow, 2021)

- ✓ المخاطر المرتبطة بالبيانات: يعتمد استخدام الذكاء الاصطناعي في الزراعة على بيانات دقيقة وموثوقة، وأي أخطاء أو انتهاكات في البيانات يمكن أن تؤدي إلى اتخاذ قرارات غير دقيقة وإلحاق ضرر محتمل بالبيئة. (Solutions, 2023)
- ✓ مخاوف تتعلق بالسلامة والأمن: يثير نشر منصات الذكاء الاصطناعي في الزراعة مخاوف بشأن سلامة وأمن كل من البشر والآلات، فضلاً عن نقاط الضعف المحتملة أمام الهجمات السيبرانية. (Solutions, 2023)
- ✓ عواقب اجتماعية وبيئية غير مقصودة: يمكن أن يكون للإفراط في تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل المبيدات الحشرية والأسمدة، آثار ضارة على النظم البيئية وتلوث التربة (KANUNGO, 2023).
- ✓ طبيعة "الصندوق الأسود" للذكاء الاصطناعي: غالباً ما تكون الخوارزميات المعقدة وعمليات اتخاذ القرار التي تستخدمها أنظمة الذكاء الاصطناعي غير شفافة، مما يجعل من الصعب على المستخدمين فهم التكنولوجيا والثقة بها (BAGCHI, 2023)
- ومن الأهمية بمكان معالجة هذه المخاطر بشكل مسؤول لضمان التكامل الآمن والمستدام للذكاء الاصطناعي في الزراعة. يجب على أصحاب العمل الاستثمار في تدريب القوى العاملة لديهم وتحسين مهاراتهم للتأكد من أنهم مجهزون للتكيف مع التقنيات الجديدة، ويجب أن يكون العمال منفتحين لتعلم المهارات الحديثة وتولي الأدوار الصعبة للبقاء على صلة بسوق العمل الذي يحركه الذكاء الاصطناعي. وتؤكد هذه المخاطر أهمية معالجة التحديات المحتملة المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي في الزراعة وتنفيذ ممارسات الذكاء الاصطناعي المسؤولة للتخفيف من هذه المخاطر.

2.5 تحديات الذكاء الاصطناعي في الزراعة:

- يطرح الاستخدام العملي للذكاء الاصطناعي (AI) في الزراعة المستدامة العديد من التحديات التي يجب معالجتها من أجل التنفيذ الناجح وتشمل هذه التحديات ما يلي:
- ✓ التكاليف الأولية المرتفعة: تكاليف تنفيذ الذكاء الاصطناعي في الزراعة مرتفعة، سواء من حيث التكاليف الأولية أو التكاليف التشغيلية. وتعد هذه التكاليف عائقاً أمام العديد من المزارعين والمستثمرين (PARTNER, 2023).
- ✓ مدى توفر البنية التحتية لجمع البيانات: يمكن أن يحد الوصول المحدود إلى البنية التحتية لجمع البيانات، مثل أجهزة الاستشعار الذكية وأجهزة إنترنت الأشياء، من اعتماد الحلول المعتمدة على الذكاء الاصطناعي في الزراعة (grAIN, 2023).
- ✓ استخدام الأخلاقي والمسؤول: يعد الاستخدام الأخلاقي للذكاء الاصطناعي في الزراعة أمراً بالغ الأهمية، حيث يمكن أن يؤدي سوء تصميم أو تكوين الأنظمة الذكية إلى عواقب غير مقصودة، مثل التمييز أو فقدان الوظائف (Kaur R. D., 2022).
- ✓ توفير القوى العاملة الماهرة: يعد توفر القوى العاملة الماهرة في مجالات علوم الكمبيوتر والهندسة الزراعية وعلوم النبات أمراً بالغ الأهمية للتنفيذ الناجح للزراعة القائمة على الذكاء الاصطناعي (Maaz Gardezi, 2023).
- ✓ التحديات البيئية: يعد ضمان الزراعة المستدامة على الرغم من تغير المناخ والنمو السكاني والموارد المحدودة تحدياً كبيراً يهدف الذكاء الاصطناعي في الزراعة إلى معالجته (Rashmi Mathur, 2023).

على الرغم من التحديات التي تواجهها فإن الذكاء الاصطناعي لديه القدرة على إحداث ثورة في الزراعة. وتسعى الشركات المبتكرة والباحثون إلى التغلب على هذه التحديات لمساعدة المزارعين على الاستفادة من الفوائد الكاملة لهذه التكنولوجيا الجديدة. ومن المهم معالجة هذه التحديات لضمان التطبيق الناجح للذكاء الاصطناعي في الزراعة المستدامة، وتحقيق أهداف مثل تحسين إدارة الموارد، وزيادة الكفاءة، والحفاظ على البيئة.

الخلاصة:

يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين الممارسات الزراعية من خلال تزويد المزارعين ببيانات وأدوات تحليلية محسنة. وتستخدم هذه الأدوات لرصد المحاصيل في الوقت الحقيقي، وتحسين كفاءة الري والبنية التحتية، وزيادة الغلات الإجمالية. ويمكن للذكاء الاصطناعي أيضًا أن يوفر حلولاً ذكية لمشاكل الآفات والأمراض الزراعية، مما يزيد من كفاءة الإدارة الزراعية ويقلل الخسائر. يقدم الذكاء الاصطناعي في الزراعة مجموعة متنوعة من الفوائد، مثل الكشف عن المحاصيل في الوقت الفعلي لتحسين إدارة الموارد، والجودة الشاملة للمحاصيل، والقدرة على اكتشاف الأمراض والآفات. ويتم اكتشاف الذكاء الاصطناعي أيضًا كأداة تكميلية يمكن أن تسهل وجود بنية تحتية قوية ومستدامة، مما يجعلها مستدامة ومرنة في مواجهة التحديات مثل تغير المناخ والنمو السكاني.

وتظهر التجارب العالمية الهامة أن التقنيات الذكية تساهم بشكل كبير في الممارسات الزراعية المستدامة. ويستخدم الذكاء الاصطناعي لتحسين التنبؤ بالطقس وتحليل بيانات الطقس، مما يمكن أن يساعد في تحسين إدارة المخاطر الزراعية. ويساعد الذكاء الاصطناعي أيضًا على تحسين الكفاءة مثل الأسمدة وتوزيع المياه، مما يؤدي إلى استخدام أكثر كفاءة وتقليل النفايات. ومن خلال الاستفادة من الذكاء الاصطناعي يمكن للمزارعين اتخاذ قرارات تعتمد على البيانات، وتحسين تخصيص الموارد، وتعزيز الإنتاجية الزراعية الإجمالية مع تعزيز الحفاظ على البيئة واستدامتها. ومن المتوقع أن يلعب تطبيق الذكاء الاصطناعي في الزراعة دورًا حاسمًا في تلبية الطلب العالمي المتزايد على الغذاء والحاجة إلى ممارسات زراعية أكثر كفاءة واستدامة.

بناءً على التجارب الدولية الرائدة في مجال تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الممارسات الزراعية، يمكن تقديم بعض المقترحات للاستفادة من هذه التجارب، خاصة وأن الجزائر في طور رقمنة القطاع الفلاحي وتشجيع الاستثمار في المجال التكنولوجي والشركات الناشئة الهادفة إلى تطوير الاقتصاد الوطني. وتشمل هذه المقترحات ما يلي:

- إنشاء استراتيجية وطنية لتطبيق الذكاء الاصطناعي في الزراعة: يجب أن تحدد هذه الاستراتيجية الأهداف والغايات والخطوات اللازمة لتنفيذها في الزراعة.
- توفير التدريب والدعم للمزارعين والشركات الزراعية: يجب أن يشمل هذا التدريب على كيفية استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي والاستفادة منها لتحسين الإنتاجية وكفاءة استخدام الموارد.

- تعزيز التعاون بين القطاعين الحكومي والخاص: يمكن أن يساعد هذا في توحيد الجهود وضمان التنفيذ الفعال لاستراتيجية الذكاء الاصطناعي الزراعية.
- توفير التدريب والدعم للمزارعين والشركات الزراعية: يجب أن يشمل هذا التدريب على كيفية استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وكيفية الاستفادة منها لتحسين الإنتاجية وكفاءة استخدام الموارد.
- تعزيز البحث والتطوير في مجال الذكاء الاصطناعي الزراعي: يمكن أن يساعد هذا في تطوير تقنيات جديدة وأكثر فاعلية لتطبيق الذكاء الاصطناعي في الزراعة.

• قائمة المراجع

- BAGCHI, S. (2023, 05 26). *Why We Need to See Inside AI's Black Box*. Consulté le 11 20, 2023, sur scientificamerican: <https://www.scientificamerican.com/article/why-we-need-to-see-inside-ais-black-box/>
- ClearSpot.ai. (2023). *AI Innovations in Agriculture: Harnessing Drone Technology for Efficiency and Sustainability*. Récupéré sur linkedin: <https://www.linkedin.com/pulse/ai-innovations-agriculture-harnessing-drone-technology-efficiency/>
- Commission, E. (2018, 06 13). *Advanced technologies for agribusiness innovation*. Consulté le 06 18, 2023, sur European Commission : <https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/en/projects/success-stories/all/advanced-technologies-agribusiness-innovation>
- congress, I. s. (s.d.). *IOT TRANSFORMING THE FUTURE OF AGRICULTURE*. Récupéré sur IOT solutions world congress: <https://www.iotsworldcongress.com/iot-transforming-the-future-of-agriculture/>
- cropin. (s.d.). *Providing critical intelligence for data-driven decision making powered by AI/ML*. Consulté le 12 20, 2023, sur cropin-intelligence: <https://www.cropin.com/intelligent-agriculture-cloud/cropin-intelligence>
- cropin-. (s.d.). *Solving complex problems across the agriculture value chain*. Consulté le 12 20, 2023, sur cropin: <https://www.cropin.com/>
- D'Souza, S. (2023). *How does AI & Deep Learning Improve the Production & Quality of Agricultural Goods?* Récupéré sur CALPION: https://www.calpion.com/author/shane-dsouza?utm_source=how-does-ai-deep-learning-improve-the-production-quality-of-agricultural-goods
- EPRS. (2023, 03). *Artificial intelligence in the agri-food sector Applications, risks and impacts*. Récupéré sur europarl: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/734711/EPRS_STU\(2023\)734711_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/734711/EPRS_STU(2023)734711_EN.pdf)

- Forum, W. E. (2020, 01). *Incentivizing Food Systems Transformation*. Récupéré sur weforum: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Incentivizing_Food_Systems_Transformation.pdf
- Gildersleeve, M. (2023). *From Seed to Server: The Evolution of Modern Agriculture*. Consulté le 12 24, 2023, sur IBM: <https://newsroom.ibm.com/IBM-watson?item=30660>
- grAIN. (2023). *AI in Agriculture: Opportunities and Challenges*. Récupéré sur grAIN: <https://graindatasolutions.com/data-science-artificial-intelligence-applications-agricultural-practices-opportunities-challenges/>
- India, E. (2023). The Role Of AI In Sustainable Farming Practices: Promoting Environmental Conservation . *Emerging India Analytics* , 01.
- itransition. (2023). *Machine learning in agriculture: usecases and applications*. Récupéré sur itransition: <https://www.itransition.com/machine-learning/agriculture>
- K. Aditya Shastry, S. H. (2021). A modified genetic algorithm and weighted principal component analysis based feature selection and extraction strategy in agriculture. *K. Aditya Shastry, Sanjay H.A.*
- KANUNGO, A. (2023). *The Green Dilemma: Can AI Fulfil Its Potential Without Harming the Environment?* Consulté le 11 20, 2023, sur earth: <https://earth.org/the-green-dilemma-can-ai-fulfil-its-potential-without-harming-the-environment/>
- Kaur, R. D. (2022). Recommendations for ethical and responsible use of artificial intelligence in digital agriculture. *Front. Artif. Intell.*
- Lejeune, L., Theis, M., & Javier, S. (2018). *SUSTAINABLE AGRICULTURE*. Consulté le 11 11, 2023, sur dictionnaire: <https://dicoagroecologie.fr/en/dictionnaire/sustainable-agriculture/>
- Maaz Gardezi, B. J. (2023). Artificial intelligence in farming: Challenges and opportunities for building trust. *MACHINE LEARNING IN AGRICULTURE* .
- maya.budinski. (2023). *Transforming Agriculture through Cloud Computing: 7 Critical Use Cases*. Consulté le 12 24, 2023, sur deployflow: <https://deployflow.co/blog/transforming-agriculture-through-cloud-computing-7-critical-use-cases/>
- Mohd Javaid a, A. H. (2023). Understanding the potential applications of Artificial Intelligence in Agriculture Sector. *Advanced Agrochem* .
- Morgan, L. (2022). *AI examples that can be used effectively in agriculture*. Récupéré sur TECHTARGET: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/feature/AI-examples-that-can-be-used-effectively-in-agriculture>
- Nichepom. (s.d.). *Sustainable Agriculture – Goal, Importance & Components*. Consulté le 11 12, 2023, sur Niche agriculture: <https://www.nicheagriculture.com/sustainable-agriculture/>

- O'Neill, P. C. (2020, 05). *Artificial Intelligence in Agribusiness is Growing in Emerging Markets*. Consulté le 12 22, 2023, sur <https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/mgrt/emcompass-note-82-for-web.pdf>
- Oliveira, R. C. (2023). Artificial Intelligence in Agriculture: Benefits, Challenges, and Trends. *applied sciences* .
- PARTNER, G. T. (2023). *AI in Agriculture — The Future of Farming*. Récupéré sur GLOBAL TECHNOLOGY PARTNER: <https://intellias.com/artificial-intelligence-in-agriculture/>
- Patrick Kwabena Mensah, a. V.-A.-B. (2023). CCMT: Dataset for crop pest and disease detection. *Data Brief* .
- Pattam, A. (2023). Reaping the Benefits: How AI is Revolutionizing Modern Agriculture Practices. *Australia's National AI Think Tank Member* .
- Priya, R. B. (2022). Artificial intelligence solutions enabling sustainable agriculture: A bibliometric analysis. *PLoS One* .
- Rashmi Mathur, R. K. (2023). Artificial Intelligence in Sustainable Agriculture. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)* .
- Savarn, C. B. (2022). *Cloud computing in agriculture* <https://www.linkedin.com/pulse/cloud-computing-agriculture-chandra-bhushan-savarn/>. Récupéré sur linkedin: <https://www.linkedin.com/pulse/cloud-computing-agriculture-chandra-bhushan-savarn/>
- Solutions, S. T. (2023, 09 21). "The Impact of Artificial Intelligence on the Job Market: 5 Key Trends". Consulté le 11 20, 2023, sur linkedin: <https://www.linkedin.com/pulse/impact-artificial-intelligence-job-market-5-key-trends/>
- Tanha Talaviya a, D. S. (2020). Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture* , 01.
- thedroneu. (2023). <https://www.thedroneu.com/blog/dji-drones-by-industry/>. Consulté le 12 20, 2023, sur thedroneu: <https://www.thedroneu.com/blog/dji-drones-by-industry/>
- V.G. Dhanya a, A. S. (2022). Deep learning based computer vision approaches for smart agricultural applications. *Artificial Intelligence in Agriculture* .
- Vaidya, A. Y. (April 2022). Blue River Technology: Futuristic Approach of Precision Farming. *Lab: Papita Hiranmanji Gourkhede's Lab* .