REVIEW ARTICLE OPEN ACCESS

ASWAN JOURNAL OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL SCIENCES
Aswan University, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Egypt
10.21608/AJABS.2025.400575.1010

# The role of smart agriculture based on artificial intelligence technologies in improving agricultural practices for cereal crops

**Norhan Yehia**
Department of Economy, Faculty of Agriculture, Assiut University, Assiut, Egypt.

*** Corresponding author**

**Norhan Yehia**

nourhanyah@agr.aun.edu.eg

10.21608/ajabs.2025.400575.1010

**Received: 04/07/2025**

**Revised: 29/07/2025**

**Accepted: 30/07/2025**

**Published: 01/10/2025**

©2024 by the authors. Licensee AJABS, Egypt. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

## Abstract

This study examines the impact of artificial intelligence (AI) technologies on enhancing the agricultural sector. AI has become a transformative tool in modern farming, improving productivity, reducing operational costs, and supporting environmental sustainability. The study reviews major AI applications, including crop yield prediction, smart irrigation management, image-based disease detection, and automation using robots and drones. It also discusses challenges to adoption, such as high costs, limited digital infrastructure, and the need for farmer training. A descriptive-analytical approach was employed, supported by a survey of farmers and agricultural technology experts to assess awareness and adoption levels of AI tools. Results revealed that AI technologies significantly enhance agricultural performance, explaining 70.6% of its variation. Innovative irrigation management was identified as the most influential application, followed by automation and robotics, emphasizing the role of modern technology in improving efficiency. The findings highlight AI as a promising driver of sustainable agriculture, though broader implementation requires overcoming cost barriers and increasing awareness of its benefits. The study recommends enhanced governmental and private sector collaboration to promote digital transformation through financial support and specialized training programs for farmers.

**Keywords:** Smart agriculture; Artificial intelligence; Climate change; Environmental sustainability.

# دور الزراعة الذكية المعتمدة لى تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين العمليات الزراعية لمحاصيل الحبوب

**نورهان يحيى**

**قسم الاقتصاد الزراعي- كلية الزراعة - جامعة أسيوط – أسيوط - مصر**

## الملخص:

تهدف هذه الدراسة الي دراسة أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز قطاع الزراعة، حيث اصبح الذكاء الاصطناعي من أهم الأدوات التي تحدث ثورة في العمليات الزراعية من خلال تحسين الإنتاجية وتقليل التكاليف التشغيلية وتعزيز الاستدامة البيئية، حيث تستعرض الدراسة التطبيقات الرئيسية للذكاء الاصطناعي في الزراعة، مثل التنبؤ بالإنتاجية الزراعية، الإدارة الذكية للري، تحليل الصور لاكتشاف الأمراضالزراعية باستخدام الروبوتات والطائرات بدون طيار، كما يناقش البحث التحديات التي تواجه تطبيق هذه التقنيات، مثل التكلفة المرتفعة، الحاجة الي بنية تحية رقمية ومتطلبات التدريب والتأهيل للمزارعين.

اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي، حيث تم إجراء استبيان شمل مجموعة من المزارعين والخبراء في مجال التكنولوجيا الزراعية، بهدف قياس مدى وعيهم بتقنيات الذكاء الاصطناعي ومدى اعتمادهم عليها في العمليات الزراعية.

أثبتت النتائج أن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي يساهم بشكل كبير في تعزيز قطاع الزراعة، حيث تفسر هذه التقنيات نسبة 70.6% من التغيرات في الأداء الزراعي.جاءت الإدارة الذكية للري كأكثر التقنيات تأثيرًا على تحسين القطاع الزراعي. تليها استخدام الأنظمة الذكية أو الآلية لتنفيذ المهام الزراعية والروبوتات، مما يعكس دور التقنيات الحديثة في تحسين الكفاءة التشغيلية. بينما كان تأثير تحليل الصور والتنبؤ بالمحاصيل أقل، لكنه لا يزال ذا دلالة إحصائية. تؤكد هذه النتائج أن الذكاء الاصطناعي يعد أداة واعدة لتحسين الاستدامة الزراعية، ولكن نجاح تبنيه يعتمد على التغلب على تحديات التكاليف والتوعية بأهميته. وتوصي الدراسة بضرورة تعزيز الجهود الحكومية والخاصة لدعم التحول الرقمي في القطاع الزراعي من خلال توفير حوافز مالية وبرامج تدريبية للمزارعين.

**الكلمات المفتاحية**

الزراعة الذكية، الذكاء الاصطناعي، إدارة الموارد، الإنتاجية الزراعية ، الاستدامة البيئية.

## المقدمة

يواجه القطاع الزراعي في العصر الحديث مجموعة من التحديات المعقدة التي تؤثر بشكل مباشر على قدرته الإنتاجية واستدامته على المدى الطويل. وتشمل هذه التحديات التغيرات المناخية الحادة، وندرة المياه وتدهور التربة، إضافة إلى ارتفاع تكاليف مستلزمات الإنتاج الزراعي. كما أن النمو السكاني المتسارع أدى إلى زيادة غير مسبوقة في الطلب على الغذاء، وهذا يفرض ضغوطًا كبيرة على أنظمة الزراعة التقليدية، ويجعل من الضروري البحث عن حلول مبتكرة لمواجهة هذه المشكلات.

في هذا الإطار، ظهرت الزراعة الذكية كاتجاه حديث يقوم على توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين الكفاءة والإنتاجية الزراعية. ويشمل ذلك استخدام تقنيات متقدمة مثل تحليل البيانات الزراعية الضخمة، وتوظيف أجهزة الاستشعار، والروبوتات الزراعية، والطائرات المسيرة لمراقبة المحاصيل، فضلاً عن تحسين إدارة الموارد الطبيعية مثل المياه والأسمدة. وتكمن أهمية هذه التقنيات في قدرتها على تقليل الهدر، والتنبؤ المبكر بالمشكلات، واتخاذ قرارات دقيقة تعزز من كفاءة العمليات الزراعية.

تُركز هذه الدراسة على دور الزراعة الذكية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي في تحسين العمليات الزراعية لمحاصيل الحبوب، باعتبارها من المحاصيل الأساسية التي ترتبط بالأمن الغذائي العالمي. وتهدف إلى تحليل مدى فعالية تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مواجهة التحديات الحالية، واستكشاف إمكانياتها في رفع الإنتاجية، وتقليل التكاليف التشغيلية، وتعزيز الاستدامة البيئية في الأنظمة الزراعية الحديثة

## مشكلة الدراسة:

يعانيالقطاع الزراعي من عدة تحديات منها انخفاض الانتاجية وارتفاع تكاليف التشغيل وتأثيرات المناخ وتتمثل مشكلة البحث في الإجابة على التساؤل الرئيسي:

الي أي مدى يمكن ان يساعد الذكاء الاصطناعي في تحسين الانتاجية الزراعية وتقليل تكاليف التشغيل وتعزيز الاستدامة البيئية؟

## الأهداف البحثية:

**يستهدف البحث** تحليل دور الذكاء الاصطناعي في تحسين الانتاجية الزراعية ، استكشاف كيف يمكنه تحسين كفاءة الموارد الطبيعية ،

فضلاً عن دراسة تأثير الذكاء الاصطناعي علي تقليل التكاليف التشغيلية، ومناقشة التحديات التي تواجه تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في الزراعة.

**جدول 1.** المفاهيم الأساسية للدراسة.

| العنصر | المفهوم |
|---|---|
| التنبؤ بالإنتاجية الزراعية | استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات والتنبؤ بمستويات الإنتاج. |
| الذكاء الاصطناعي | محاكاة عمليات الذكاء البشري بواسطة الآلات وخاصة انظمة الحاسوب. |
| الزراعة الذكية | هي استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين الانتاج الزراعي وتحسين استخدام الموارد. |
| الإدارة الذكية للري | استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحديد احتياجات الري وتحسين كفاءة استخدام المياه. |
| تحليل الصور لاكتشاف الامراض | الاعتماد على الذكاء الاصطناعي في تحليل صور المحاصيل لاكتشاف الأمراض والآفات. |
| الاتمتة الزراعية | استخدام الروبوتات والطائرات بدون طيار لأداء المهام الزراعية بشكل آلي. |

**الدراسات السابقة**

1. دراسة "حلول الذكاء الاصطناعي للزراعة المستدامة: تجارب دولية"، نادية مصطفاوي، حياة بن حرث .

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 هذهالتقنيات في زيادة إنتاجية واستدامة القطاع الزراعي على المستوى العالمي، خلصتهذه الورقة البحثية إلى تقديم مجموعة من المقترحات لتعزيز انتشار التقنيات المتقدمةفي الزراعة، بما في ذلك تسهيل وصول صغار المزارعين إليها، وتطوير معاييروممارسات أخلاقية لاستخدام هذه التقنيات.

**الاستنتاج:** توصلت الدراسة الي مجموعة من المقترحات لتعزيز انتشار التقنيات المتقدمة في الزراعة بما في ذلك تسهيل وصول صغار المزارعين اليها وتطوير معايير وممارسات اخلاقية لاستخدام التقنيات.

2. دراسة "الاستشعار من البعد والذكاء الاصطناعي في خدمة الزراعة الدقيقة" (يحيى زكريا محسب).

هناك تزايد ملحوظ في الصور والبيانات المتاحة من اقمار الاستشعار من البعد سواء الاقمار التقليدية الكبيرة او صغيرة الحجم كثيفة العدد، كما تعاظم استخدام الطائرات المسيرة بدون طيار في تصوير مساحات اصغر واكثر تركيزا، وتضفي شبكات انترنت الاشياء بعداً جديداً يتمثل في القدرة علي تجميع كم كبير من البيانات تتيحها المستشعرات بمختلف أنواعها في مكان واحد للتصنيف والتحليل بذلك يصبح التحدي الحقيقي في القدرة علي تحليل هذا الكم من البيانات والاستفادة منها لحل مشكلات التي تواجه البشرية خاصة في ظل تغير المناخ وقلة الموارد المائية وهو ما يوفره الذكاء الاصطناعي ونظراً لان الزراعة والانتاج الحيواني المصاحب لها من الركائز الاساسية في تحقيق الامن الغذائي لمنها من المجالات الاشد تأثراً بالتغيرات المناخية لذلك أصبح من الضروري استغلال التقنيات الحديثة في خدمة الزراعة، وتستعرض هذه الدراسة البحثية تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال الزراعة الذكية والدقيقة والحفاظ علي الثروة الحيوانية وتنميتها ويستعرض ايضاً امثلة من التطبيقات العميلة لهذه التقنيات وتجارب الدول العربية والاجنبية ويختتم البحث بالإشارة الي التحديات التي تواجه هذا المجال وكيفية التغلب عليها. (محسب، & يحيى زكريا، 2024)

**الاستنتاج:** تشير الدراسة الي ان تقنيات الاستشعار عن بعد والذكاء الاصطناعي يمكن ان يساعد بشكل كبير في تحسين كفاءة العمليات الزراعية وزيادة الانتاجية والحفاظ علي الموارد الطبيعية كما تركز علي الصعوبات التي تواجه المجال وكيفية التغلب عليها.

**أولاً:الزراعة في الذكاء الاصطناعي**

يعيش العالم اليوم مرحلة انتقالية تُعرف بثورة رقمية واسعة يقودها الذكاء الاصطناعي التوليدي (Generative AI)، الذي يُعد من أسرع التقنيات تطورًا منذ نهاية عام 2022. وقد بدأت تأثيرات هذا التطور تتغلغل تدريجيًا في مختلف القطاعات، بما في ذلك القطاع الزراعي، الذي كان يُعتقد سابقًا أنه من أقل القطاعات قابلية للتأثر بالتحول الرقمي. إلا أن الواقع يثبت أن الزراعة هي من أكثر المجالات حاجة إلى الذكاء الاصطناعي، نظرًا للتعقيدات البيئية والإنتاجية التي تواجهها في العصر الحديث (Hasan et al., 2022).

في الوقت الذي تتزايد فيه التحديات الزراعية، مثل الآفات الزراعية، والأمراض النباتية، وتدهور جودة التربة، ونقص المياه، وتقلص الرقعة الزراعية بسبب التغيرات المناخية، يبرز الذكاء الاصطناعي كأداة فعالة قادرة على المعالجة السريعة لهذه المشكلات. فعلى سبيل المثال، تسمح تقنيات الذكاء الاصطناعي التوليدي بتحليل كميات ضخمة من البيانات الزراعية، والتنبؤ بمخاطر الإنتاج، ووضع حلول آنية وقائية، مما يُساهم في خفض الخسائر وتعزيز الكفاءة الزراعية. كما أظهرت أدوات مثل تحليل الصور الفضائية والبيانات الجغرافية المستمدة من أنظمة الاستشعار عن بُعد قدرة عالية على دعم القرارات الزراعية الدقيقة (Eid, & Al-Mahab 2023).

في السياق ذاته، تؤكد الأدبيات الحديثة على أن اعتماد الذكاء الاصطناعي في الزراعة الذكية لا يقتصر فقط على تقنيات التحليل والتنبؤ، بل يشمل توظيف الروبوتات والطائرات بدون طيار وإنترنت الأشياء (IoT) لتسهيل العمليات الزراعية اليومية، مثل الري، ومراقبة نمو المحاصيل، والكشف المبكر عن الأمراض ( Hasan et al., 2022). وتكتسب هذه الأدوات أهمية متزايدة خاصة في زراعة الحبوب، التي تتطلب إدارة دقيقة للموارد وتوقيتًا حساسًا لكل مرحلة من مراحل النمو.

ومن ناحية اقتصادية، تشير الدراسات إلى أن تبني أدوات الزراعة الذكية والذكاء الاصطناعي في الدول النامية يواجه تحديات تتعلق بتكلفة المعدات التقنية العالية، وضعف البنية التحتية التكنولوجية، إلا أن الأثر الإيجابي طويل المدى على الإنتاج والاستدامة يعزز من أهمية الاستثمار في هذه الأدوات. وفي دراسة حالة للجزائر، تبيّن أن التكلفة المرتفعة في البداية قابلة للتعويض من خلال الزيادة في الإنتاج والجودة وتقليل الفاقد (بن سويسي & حمزة، 2023).

إذا يتضح أن الزراعة التقليدية لم تعد قادرة على الاستجابة للضغوط المتزايدة على الأمن الغذائي العالمي، مما يجعل التحول نحو الزراعة الذكية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي خيارًا استراتيجيًا لا مفر منه لضمان الاستدامة، وتحقيق الإنتاجية، ومواكبة التغيرات البيئية والاقتصادية المتسارعة.

**ثانياً: أهمية الذكاء الاصطناعي في الزراعة**

التقنيات الرقمية وعلى رأسها الذكاء الاصطناعي لها دورًا مهمًا في تعزيز القدرة على إنتاج الغذاء، وتسهيل الاستخدام الفعال للموارد الطبيعية، بما يساعد في تحسين المحاصيل والأصول الزراعية، حيث تساعد الاتمتة والروبوتات المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تقليل الحاجة الي العمالة البشرية ويقلل من التكاليف التشغيلية، تعزيز الاستدامة البيئية من خلال الادارة الدقيقة للموارد مثل المياه والأسمدة، يساعد الذكاء الاصطناعي في تقليل الهدر والتأثير البيئي السلبي .ويمكن للذكاء الاصطناعي مساعدة المزارعين على تحديد الأماكن الأنسب لزرع محاصيل معينة وذلك بناءً على الخصائص الجغرافية للحقل، أو التركيب الكيميائي للتربة وغيرها. ويتمّ ذلك من خلال تحليل الصور التي توفرها الطائرات بدون طيار. Javid et al., 2023

**ثالثاً: تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الزراعة**

تُشكّل محاصيل الحبوب – كالأرز والقمح والذرة – العمود الفقري للأمن الغذائي العالمي، إلا أن إنتاجها يواجه تحديات متزايدة نتيجة لتقلبات المناخ، وتدهور التربة، وندرة المياه، وارتفاع تكاليف المدخلات الزراعية. وقد أدى ذلك إلى توجه متسارع نحو تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في الأنشطة الزراعية باعتبارها أداة فعالة لتعزيز الكفاءة وتحقيق الاستدامة. وتُعد هذه التقنيات جزءًا أساسيًا من الزراعة الذكية، حيث تُوظف في جمع البيانات، وتحليلها، واتخاذ قرارات زراعية دقيقة مدعومة بالخوارزميات.

لذا تُمثل الطائرات بدون طيار إحدى أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في زراعة الحبوب. إذ تُستخدم هذه الطائرات في التقاط صور جوية عالية الدقة تُحلل باستخدام تقنيات الرؤية الحاسوبية للكشف عن التغيرات في نمو المحاصيل، ورصد التباينات في رطوبة التربة، والتعرف على المناطق المتضررة من الآفات أو الإجهاد المائي. وتوفر هذه البيانات دعمًا دقيقًا لقرارات الري والتسميد، بما يُسهم في تحسين كفاءة إدارة الموارد الزراعية (عروف & راضية، 2025).

كما أسهمت الخوارزميات المعتمدة على التعلم الآلي في تطوير أدوات تشخيص ذكية قادرة على اكتشاف الأمراض النباتية والآفات في مراحلها المبكرة من خلال تحليل الصور الملتقطة من الحقول. هذا التطور يتيح للمزارعين التدخل في الوقت المناسب، مما يقلل من فقد المحصول ويقلل من استخدام المبيدات الكيميائية (كارم & سعاد، 2024). وتُعد هذه القدرة على التشخيص المبكر عاملاً محوريًا في إدارة محاصيل الحبوب ذات الدورات الموسمية الحساسة.

وكذلك استخدام المرشّات الذكية المعززة بأنظمة الذكاء الاصطناعي كوسيلة فعالة لتطبيق المدخلات الزراعية بدقة. حيث تعتمد هذه الأنظمة على تحليل صور الحقول لتحديد أماكن النباتات بدقة وتطبيق الكميات اللازمة فقط من المبيدات أو الأسمدة. ويُسهم ذلك في تقليل الفاقد الكيميائي والحد من التلوث البيئي، بالإضافة إلى خفض التكاليف التشغيلية (دراج & طهار، 2025).

كما ساهمت الروبوتات الزراعية في إجراء عمليات إزالة الأعشاب الضارة بطريقة آلية، دون الحاجة إلى استخدام كميات كبيرة من مبيدات الأعشاب أو الاعتماد

على اليد العاملة المكلفة. حيث تُستخدم تقنيات الرؤية الحاسوبية والذكاء الاصطناعي لتحديد الأعشاب الضارة بدقة، واستهدافها دون التأثير على النباتات المجاورة. ويُعد ذلك من أهم التطبيقات في حقول الحبوب، التي تتطلب مساحات واسعة وصعوبة في المراقبة اليدوية (عروف & راضية، 2025).

أظهرت تقنيات الذكاء الاصطناعي فعالية كبيرة في تصنيف وفرز الحبوب بعد الحصاد، من خلال تطوير أنظمة تعتمد على تحليل الصورة والبيانات الحسية لتحديد جودة الحبوب وفقًا لمعايير اللون والحجم والنقاء. ويُساعد هذا التصنيف الذكي على تقليل الفاقد وضمان وصول الحبوب عالية الجودة فقط إلى سلاسل التوريد، ما يعزز من القيمة الاقتصادية للمحصول (كارم & سعاد، 2024)

**رابعاً: تأثير الذكاء الاصطناعي علىالاستدامة البيئية**

أصبح الذكاء الاصطناعي أحد الركائز الأساسية في إعادة تشكيل النظم الغذائية العالمية، من خلال ما يوفره من أدوات قادرة على رفع كفاءة سلاسل الإنتاج الزراعي، وتحقيق الاستخدام الأمثل للموارد الطبيعية. وتكمن أهمية الذكاء الاصطناعي في الزراعة في قدرته على تعزيز الإنتاجية وتقليل الفاقد، عبر أداء الأنشطة الزراعية التقليدية بشكل آلي أو شبه آلي، مثل الزرع والحصاد، ما يساهم في تقليل الوقت والمجهود البشري، وتحسين ظروف العمل، ورفع الكفاءة التشغيلية في الحقول (شرف & سالمة، 2024).

بشكل كبير على العمالة البشرية في الزراعة. وفي ويعوق .حالات كثيرة، لا يتوافر الدعم المالي للمزارعين انخفاض مستويات التعليم بين المزارعين استخدام التكنولوجيا على الوجه الأكمل ويدفعهم إلى تفضيل .أساليب الزراعة التقليدي.
وتحتاج تقنيات الزراعة الذكية إلى قدر أكبر من التكامل بين الأنظمة المختلفة، وتحديداً ما بين أنظمة الإنتاج وإدارة الموارد وأدوات صنع القرار لذا يلزم تحسين ويؤثر .الاتصال بين العلوم الزراعية وعلوم المعلومات ضعف البنية التحتية للاتصالات في المناطق الريفية على

تشير الدراسات الحديثة إلى أن الذكاء الاصطناعي يبرز في ثلاثة مجالات أساسية ضمن تكنولوجيا الزراعة الإلكترونية، وهي؛ الروبوتات الزراعية، ومراقبة التربة والمحاصيل، والتحليل التنبؤي القائم على البيانات. وتلعب هذه المجالات دورًا محوريًا في دعم اتخاذ القرار الزراعي في الوقت المناسب، خاصة في ظل التحديات البيئية المرتبطة بتغير المناخ، والنمو السكاني، واستنزاف الموارد الطبيعية مثل المياه والأراضي الزراعية الخصبة (شرى فتح الله، 2024). ويُسهم التقدم في هذه المجالات في تعزيز أمن الغذاء العالمي على أسس مستدامة، من خلال تقنيات تتيح إدارة ذكية للمعرفة والتخطيط الزراعي.

وتُشير بعض الأدبيات إلى أن توظيف الذكاء الاصطناعي لا يقتصر على مرحلة الإنتاج فحسب، بل يمتد إلى تعزيز جوانب الاستدامة البيئية، كما في حالة الزراعة منخفضة الأثر البيئي أو ما يُعرف بالتسويق الأخضر للمنتجات الزراعية والغذائية، حيث تساعد تقنيات الذكاء الاصطناعي في مراقبة نسب الانبعاثات وتحسين كفاءة الموارد من أجل تحقيق الأهداف البيئية طويلة الأجل (عبد الرحيم & ياسمين، 2024)

**خامساً:التحديات التي تواجه استخدام الذكاءالاصطناعي في الزراعة**

تتطلب تقنيات الزراعة الذكية استثمارات كبيرة، قد تفوق قدرة المزارعين على التحمل، وخاصة في المناطق التي تعتمد

نقل البيانات، وفي أغلب الأحيان لا يمكنها تحقيق متطلبات تقنيات الزراعة الذكية التي تتطلب الاتصال بالإنترنت في الوقت الحقيقي، نتيجة ضعف إشارات .التغطية وقلة سرعات النقل
وكذلك يواجه المزارعون صعوبات في تنظيم واستخدام البيانات الواردة من أجهزة الاستشعار، بالإضافة إلى ضعف القدرة على الاستفادة من المعلومات التي توفرها ويعد .محطات الأرصاد الجوية واستخدامها بشكل فعال التغلب على هذه العقبات

أمرًا بالغ الأهمية للتنفيذ الناجح لتقنيات الزراعة الذكية

.(Williamson et al., 2023)

**سادساً: مقارنة بين الزراعة التقليدية والزراعة بالذكاء الاصطناعي**

**جدول 2:** مقارنة بين الزراعة الحديثة والزراعة التقليدية بالذكاء الإصطناعي

| الزراعة التقليدية | الزراعة الحديثة | البند |
|---|---|---|
| التنوع البيولوجي، والثقافي، والموارد الوراثية | الإنتاج، كسب رأس المال، وتناسق المحاصيل | التركيز الأساسي |
| بطيئة، وتتطلب وقتًا أطول مع إنتاج منخفض | سريعة، فعالة، سهلة الاستخدام، وإنتاج مرتفع في وقت قصير | الأسلوب الزمني والإنتاج |
| أدوات يدوية وتقليدية | جرارات وآلات حديثة | الأدوات المستخدمة |
| بذور تقليدية ومحلية | بذور كيماوية ومبيدات حشرية نوعية | نوع البذور |
| تعتمد على الأمطار الموسمية | آبار أنبوبية وتقنيات حديثة | نظام الري |
| روث البقر والسماد الطبيعي | أسمدة ومبيدات كيماوية | نوع الأسمدة |
| لا تتطلب مدخلات صناعية إضافية | تتطلب مدخلات صناعية إضافية | متطلبات المدخلات |

**المنهجية**

**تصميم الدراسة**

تم تبني منهج البحث الوصفي التحليلي لدراسة تأثير تقنيات الذكاء الاصطناعي على تعزيز قطاع الزراعة، حيث يهدف البحث إلى تحليل مدى تأثير هذه التقنيات على تحسين الإنتاجية الزراعية، تقليل التكاليف التشغيلية، تحسين استخدام الموارد، وتعزيز الاستدامة البيئية وذلك من خلال استخدام أداة الاستبيان لجمع البيانات وتحليلها.

**مجتمع وعينة الدراسة**

يتكون مجتمع الدراسة من العاملين والمختصين في القطاع الزراعي، وتم اختيار عينة عشوائية مكونة من 384 مشاركًا، موزعين بالتساوي بين الذكور والإناث، ومن مختلف الفئات العمرية والخبرات العملية.

**جدول 3**. خصائص عينة الدراسة:

| Variable | Category | Frequency | Percentage (%) |
|---|---|---|---|
| Gender | Male | 192 | 50.0 |
| | Female | 192 | 50.0 |
| Age | Less than 25 | 80 | 20.83 |
| | 25–34 | 100 | 26.04 |
| | 35–44 | 113 | 29.43 |
| | 45–54 | 43 | 11.20 |
| | 55 and above | 48 | 12.50 |
| Educational Qualification | Secondary | 67 | 17.45 |
| | Bachelor’s degree | 173 | 45.05 |
| | Diploma | 57 | 14.84 |
| | Postgraduate studies | 187 | 48.70 |
| Experience (years) | Less than 5 | 112 | 29.17 |
| | 5–10 | 136 | 35.42 |
| | 10–15 | 136 | 35.42 |
| Have you previously used AI technologies in agriculture? | No | 84 | 21.9 |
| | Yes | 300 | 78.1 |
| Total | | 384 | 100 |

يستعرض جدول (1) التوزيع الإحصائي لخصائص عينة الدراسة، حيث يتكون مجتمع الدراسة من 384 مشاركًا تم اختيارهم وفقًا لمجموعة من المتغيرات الديموغرافية والوظيفية لضمان تمثيل شامل لقطاع الزراعة فيما يتعلق بتبني تقنيات الذكاء الاصطناعي

التوزيع حسب الجنس.

يظهر التوزيع المتساوي بين الذكور والإناث بنسبة 50% لكل منهما، مما يعكس توازناً في تمثيل الجنسين داخل الدراسة، ويعزز من إمكانية تعميم النتائج على فئات مختلفة من العاملين في القطاع الزراعي.

التوزيع حسب الفئات العمرية

تشير النتائج إلى أن الفئة العمرية الأكثر تمثيلًا هي الفئة من 35 إلى 44 سنة بنسبة 29.43%، تليها الفئة من 25 إلى 34 سنة بنسبة 26.04%، مما يشير إلى أن المشاركين في الدراسة ينتمون في الغالب إلى الفئات العمرية النشطة مهنيًا، وهي الفئات الأكثر احتمالًا لتبني التقنيات الحديثة في الزراعة. وعلى الجانب الآخر، تشكل الفئات العمرية الأكبر من 45 سنة فما فوق حوالي 23.7% من العينة، مما يسمح بفهم مدى تقبل الفئات العمرية المختلفة لتقنيات الذكاء الاصطناعي.

التوزيع حسب المؤهل العلمي

يتضح أن غالبية المشاركين حاصلون على مؤهل البكالوريوس (45.05%) أو الدراسات العليا (48.7%)، مما يعكس مستوى تعليمي مرتفع داخل العينة، وهو عامل مهم في تقييم مدى تقبل واستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في المجال الزراعي. بالمقابل، فإن نسبة المشاركين الحاصلين على مؤهل ثانوي (17.45%) أو دبلوم (14.84%) قد تعكس مدى تأثير المستوى التعليمي على تبني التقنيات الحديثة.

التوزيع حسب الخبرة العملية

يظهر الجدول أن 35.42% من المشاركين لديهم خبرة بين 5 إلى 10 سنوات، وهي نفس النسبة للمشاركين الذين تتراوح خبرتهم بين 10 إلى 15 سنة، بينما يمتلك 29.17% خبرة أقل من 5 سنوات. يشير هذا التوزيع إلى أن العينة تضم مستويات مختلفة من الخبرة العملية، مما يعزز من قدرة البحث على دراسة تأثير الخبرة المهنية على مدى تبني التقنيات الحديثة في الزراعة.

التجربة السابقة مع تقنيات الذكاء الاصطناعي في الزراعة

يوضح الجدول أن نسبة كبيرة من المشاركين (78.1%) لديهم خبرة سابقة في استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في الزراعة، مما يشير إلى وعي مرتفع بمدى أهمية هذه التقنيات في تحسين العمليات الزراعية. بالمقابل، فإن 21.9% لم يسبق لهم استخدام هذه التقنيات، وهو ما يمكن أن يوفر رؤى حول التحديات التي تواجه تبني هذه التكنولوجيا في القطاع.

يعكس التوزيع الديموغرافي لعينة الدراسة توازنًا من حيث الجنس، ومستوى التعليم، والخبرة العملية، وهو ما يدعم مصداقية البحث في تقديم نتائج قابلة للتعميم. كما أن ارتفاع نسبة الأفراد الذين لديهم خبرة سابقة في استخدام الذكاء الاصطناعي يشير إلى أن هناك وعياً ملحوظاً بهذه التقنيات، مما يسهم في تحليل أثرها بموضوعية وفاعلية على القطاع الزراعي.

**أداة البحث**

تم استخدام استبانة مكون من محورين رئيسيين:

المحور الأول استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، ويشمل أربعة أبعاد رئيسية:

التنبؤ بالمحاصيل والإنتاجيةوالإدارة الذكية للري،وتحليل الصور والأتمتة الزراعية والروبوتات.

المحور الثاني تعزيز قطاع الزراعة، ويشمل أربعة أبعاد:

زيادة الإنتاجية الزراعيةوتقليل التكاليف التشغيلية وتحسين استخدام الموارد وتعزيز الاستدامة البيئية.

تم قياس استجابات المشاركين باستخدام مقياس ليكرت الخماسي.

**صدق وثبات الأداة**

لضمان دقة أداة البحث، تم التحقق من صدق وثبات الاستبانة من خلال:

اختبار الصدق: تم استخدام معامل الارتباط بين كل عبارة والمحور الذي تنتمي إليه، وأظهرت النتائج أن جميع قيم معاملات الصدق مرتفعة ودالة إحصائيًا، مما يدل على صلاحية الفقرات لقياس المفاهيم المستهدفة.

**جدول 4**. إختبار الصدق

| Item | Axis 1 Validity | Item | Axis 1 Validity | Item | Axis 2 Validity | Item | Axis 2 Validity |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | .623** | 9 | .608** | 1 | .731** | 9 | .775** |
| 2 | .759** | 10 | .615** | 2 | .764** | 10 | .769** |
| 3 | .663** | 11 | .697** | 3 | .786** | 11 | .705** |
| 4 | .618** | 12 | .643** | 4 | .619** | 12 | .737** |
| 5 | .603** | 13 | .597** | 5 | .763** | 13 | .711** |
| 6 | .637** | 14 | .659** | 6 | .736** | 14 | .739** |
| 7 | .732** | 15 | .663** | 7 | .719** | 15 | .656** |
| 8 | .754** | 16 | .761** | 8 | .700** | 16 | .690** |

يقدم جدول (2) قيم معاملات الصدق لكل فقرة من محاور الدراسة. تعكس هذه القيم مدى ارتباط كل عبارة بالمحور الذي تنتمي إليه، مما يوضح مدى قدرة الأداة البحثية على قياس المفاهيم المستهدفة بدقة.

تشير جميع القيم إلى ارتباط دال إحصائيًا عند مستوى (0.01)، مما يدل على قوة العلاقة بين الفقرات والمحاور الخاصة بها.

تراوحت قيم معاملات الصدق للمحور الأول بين 0.603 و0.759، وللمحور الثاني بين 0.619 و0.786، مما

يؤكد أن جميع الفقرات تحقق صدقًا مناسبًا ويمكن الاعتماد عليها في قياس الظواهر المستهدفة بالدراسة.
ارتفاع معاملات الصدق، لا سيما القيم التي تجاوزت 0.70، يشير إلى أن العبارات المختارة تمثل بدقة الأبعاد المدروسة، مما يعزز من قوة الأداة البحثية.

**جدول 5. اختبار الثبات**

| Dimension / Axis | Cronbach's Alpha |
|---|---|
| Crop and Productivity Prediction | 0.754 |
| Smart Irrigation Management | 0.821 |
| Image Analysis | 0.754 |
| Agricultural Automation and Robotics | 0.785 |
| Increase in Agricultural Productivity | 0.826 |
| Reduction in Operational Costs | 0.822 |
| Improved Resource Utilization | 0.827 |
| Promotion of Environmental Sustainability | 0.800 |
| Use of Artificial Intelligence Technologies | 0.913 |
| Enhancement of the Agricultural Sector | 0.939 |
| Overall Questionnaire Reliability | 0.958 |

يُظهر جدول (5) نتائج اختبار الثبات باستخدام معامل كرونباخ ألفا، وهو مقياس يستخدم لتقييم مدى الاتساق الداخلي للاستبيان.
بلغ معامل الثبات للاستبيان ككل 0.958، وهي قيمة مرتفعة جدًا تعكس درجة عالية من الموثوقية.
تراوحت معاملات الثبات للأبعاد الفرعية بين 0.754 و0.939، وهي جميعها ضمن الحدود المقبولة إحصائيًا، مما يشير إلى أن الأداة البحثية تتمتع باتساق داخلي جيد.
أعلى قيمة لكرونباخ ألفا سجلت لمحور تعزيز قطاع الزراعة (0.939)، مما يدل على قوة الارتباط بين فقراته، في حين أن أقل قيمة مسجلة كانت لمحوري التنبؤ بالمحاصيل والإنتاجية وتحليل الصور (0.754)، وهي لا تزال ضمن الحدود المقبولة للدراسات الاجتماعية والتطبيقية.
يشير الارتفاع العام في قيم الثبات إلى أن الاستبانة يقيس المتغيرات بشكل موثوق، مما يسمح بتكرار الدراسة على عينات أخرى مع الحصول على نتائج متسقة.
تعكس نتائج اختبارات الصدق والثبات مستوى مرتفعًا من الجودة في تصميم الأداة البحثية، مما يؤكد صلاحيتها لجمع البيانات وتحليلها لتحقيق أهداف البحث. تشير القيم المحققة إلى أن الأداة قادرة على تقديم نتائج موثوقة ودقيقة فيما يتعلق بدراسة أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على تعزيز قطاع الزراعة.

**حدود الدراسة**

الحدود الزمنية: تم إجراء الدراسة خلال عام 2025.
الحدود المكانية: اقتصرت الدراسة على العاملين في القطاع الزراعي في مصر.
الحدود الموضوعية: تركز الدراسة على أثر الذكاء الاصطناعي في تعزيز القطاع الزراعي دون التطرق إلى القطاعات الأخرى.

**الأساليب الإحصائية المستخدمة**

تم استخدام البرامج الإحصائية مثل SPSS لتحليل البيانات، وتم الاعتماد على:
معامل ارتباط بيرسون لحساب درجة ارتباط كل عبارة بالبمحور التي تنتمي اليه
اختبار كرونباخ ألفا لقياس الثبات.
الإحصاء الوصفي لحساب المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والوزن النسبي لمتغيرات الدراسة.
تحليل الانحدار المتعدد لقياس تأثير المتغيرات المستقلة على المتغير التابع.

اختبار الثبات: تم حساب معامل كرونباخ ألفا لكل محور، حيث بلغ معامل الثبات للاستبيان ككل 0.958، وهو معدل مرتفع يشير إلى اتساق داخلي عالٍ، كما تراوحت معاملات الثبات الفرعية بين 0.754 و0.939، مما يؤكد موثوقية الأداة البحثية.

**التحليل الاحصائي** **الاحصائات الوصفي:**

**جدول 6.** الاحصائات الوصفية للمتغير المستقل (استخدام تقنيات الذكاء الصناعي).

| Dimension / Statement | Mean | Standard Deviation | Relative Weight (%) | Approval Level | Rank |
|---|---|---|---|---|---|
| Crop and Productivity Prediction | | | | | |
| AI technologies help accurately predict crop productivity before harvest. | 3.7005 | 0.90914 | 74.01 | High | 16 |
| Big data analysis contributes to improved agricultural production planning. | 4.2083 | 0.76019 | 84.166 | Very High | 3 |
| AI applications provide accurate forecasts of weather impact on crops. | 3.8438 | 0.93472 | 76.876 | High | 14 |
| AI use enables more efficient agricultural decision-making through data analysis. | 4.0260 | 0.84541 | 80.52 | High | 9 |
| Smart Irrigation Management | | | | | |
| Smart AI-based irrigation systems help reduce water consumption. | 4.2995 | 0.83112 | 85.99 | Very High | 1 |
| AI technologies help determine optimal irrigation times based on soil and weather data. | 4.1823 | 0.82272 | 83.646 | High | 4 |
| Smart irrigation systems provide effective solutions for water saving and improved crop productivity. | 4.2995 | 0.73438 | 85.99 | Very High | 2 |
| AI can enhance water distribution in farmlands based on crop needs. | 4.0938 | 0.84986 | 81.876 | High | 6 |
| Image Analysis | | | | | |
| AI helps detect agricultural diseases and pests early through image analysis. | 3.9505 | 0.87325 | 79.01 | High | 10 |
| AI technologies reduce the need for random use of chemical pesticides. | 3.7292 | 0.93361 | 74.584 | High | 15 |
| AI systems reduce pest-related losses through predictive insights. | 3.9193 | 0.79242 | 78.386 | High | 12 |
| Smart technology provides more efficient solutions for monitoring crop health and pest control. | 3.9245 | 0.84088 | 78.49 | High | 11 |
| Agricultural Automation and Robotics | | | | | |
| Using robots helps reduce the need for manual labor in agricultural operations. | 3.8568 | 1.07563 | 77.136 | High | 13 |
| Drones contribute to improving efficiency in spraying and agricultural monitoring operations. | 4.1563 | 0.92064 | 83.126 | High | 5 |
| Smart automation reduces the time and effort needed to complete agricultural processes. | 4.0313 | 0.73272 | 80.626 | High | 8 |
| AI offers innovative solutions to enhance agricultural production efficiency using smart machines. | 4.0859 | 0.77521 | 81.718 | High | 7 |

يقدم الجدول تحليلًا وصفيًا لآراء المشاركين حول مدى استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في القطاع الزراعي، ويشمل ذلك أربعة محاور رئيسية: التنبؤ بالمحاصيل والإنتاجية، الإدارة الذكية للري، تحليل الصور، والأتمتة

الزراعية والروبوتات. وقد تم تقييم كل عبارة من خلال المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري، والوزن النسبي، ومستوى الموافقة، والترتيب.

تحليل نتائج محاور استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي

1 .التنبؤ بالمحاصيل والإنتاجية

تشير البيانات إلى أن أكثر العبارات تأييدًا ضمن هذا المحور هي:

"يساهم تحليل البيانات الضخمة في تحسين تخطيط الإنتاج الزراعي" (متوسط = 4.2083، وزن نسبي = 84.166%) ، وقد حصلت على مستوى موافقة "مرتفع جدًا" وترتيب متقدم.(3)

بينما كانت أقل العبارات تأييدًا هي: "تساعد تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بدقة بإنتاجية المحاصيل قبل موسم الحصاد" (متوسط = 3.7005، وزن نسبي = 74.01%)، حيث جاءت في الترتيب الأخير.(16)

يشير هذا إلى أن المزارعين يثقون في قدرة الذكاء الاصطناعي على تحسين التخطيط الزراعي بشكل عام، ولكنهم أقل يقينًا بشأن دقة توقعات الإنتاج قبل الحصاد.

2 .الإدارة الذكية للري

حظيت عبارات هذا المحور بمستوى تأييد مرتفع، وكانت أعلى عبارة تأييدًا في الجدول بالكامل هي: "تساهم أنظمة الري الذكية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تقليل استهلاك المياه" (متوسط = 4.2995، وزن نسبي = 85.99%)، حيث جاءت في المرتبة الأولى.

كما حصلت عبارة: "توفر أنظمة الري الذكي حلولًا فعالة لترشيد استهلاك المياه وتحسين الإنتاج الزراعي" على نفس المتوسط والوزن النسبي، مما يعكس أهمية الإدارة الذكية للري في تقليل استهلاك المياه وتحسين كفاءة الإنتاج.

تشير هذه النتائج إلى أن المزارعين يعترفون بالدور الكبير للذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة الموارد المائية، وهو أمر حيوي خاصة في المناطق التي تعاني من ندرة المياه.

3 .تحليل الصور

حصلت عبارة: "يساعد الذكاء الاصطناعي في اكتشاف الأمراض والآفات الزراعية بشكل مبكر من خلال تحليل الصور" على متوسط 3.9505 ووزن نسبي 79.01%، مما يعكس تقدير المزارعين لدور الذكاء الاصطناعي في الكشف المبكر عن المشكلات الزراعية.

بالمقابل، كانت أقل عبارة تأييدًا هي: "تقلل تقنيات الذكاء الاصطناعي الحاجة إلى استخدام المبيدات الكيميائية بشكل عشوائي" (متوسط = 3.7292، وزن نسبي = 74.584%)، مما يشير إلى تباين في الآراء حول مدى فعالية هذه التقنيات في تقليل استخدام المواد الكيميائية.

تدل هذه النتائج على أن تقنيات تحليل الصور تُعتبر أداة مفيدة، لكن هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات لقياس مدى تأثيرها المباشر على تقليل استخدام المبيدات الكيميائية.

4 .الأتمتة الزراعية والروبوتات

أظهرت النتائج دعمًا قويًا لدور الأتمتة في تحسين العمليات الزراعية، حيث حصلت عبارة: "تساهم الطائرات المسيرة في تحسين كفاءة عمليات الرش والمراقبة الزراعية" على متوسط 4.1563 ووزن نسبي 83.126%، مما يعكس وعيًا متزايدًا حول فعالية الطائرات المسيرة في تحسين العمليات الزراعية.

على الجانب الآخر، حصلت عبارة: "يساعد استخدام الروبوتات في تقليل الحاجة إلى الأيدي العاملة في العمليات الزراعية" على متوسط 3.8568 وانحراف معياري مرتفع 1.07563، مما يشير إلى تفاوت في آراء المشاركين حول دور الروبوتات في تقليل الحاجة إلى الأيدي العاملة.

الاستنتاج العام

المحور الأكثر دعمًا: حصل محور الإدارة الذكية للري على أعلى مستويات التأييد، مما يعكس إدراك المشاركين لأهمية تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين استهلاك المياه وتعزيز كفاءة الري.

المحور الأقل دعمًا: كان محور تحليل الصور هو الأقل دعمًا، مما يشير إلى الحاجة إلى مزيد من التوعية حول فوائده وتأثيره المباشر على الإنتاجية الزراعية.

الاتجاهات العامة: تعكس النتائج اتجاهًا إيجابيًا نحو تقنيات الذكاء الاصطناعي في الزراعة، حيث جاءت جميع العبارات بمستويات موافقة مرتفعة أو مرتفعة جدًا، مما يشير إلى قبول واسع لهذه التقنيات بين المشاركين.

الحاجة إلى تطوير بعض التطبيقات: على الرغم من التأييد العام، فإن العبارات المتعلقة بتقليل استخدام المبيدات الكيميائية، والتنبؤ بدقة بإنتاجية المحاصيل قبل موسم الحصاد، وتقليل الحاجة إلى الأيدي العاملة، حصلت على متوسطات أقل نسبيًا، مما يشير إلى تحديات محتملة في تطبيق هذه التقنيات بشكل فعّال.

**جدول 7**. الإحصائيات الوصفية للمتغير التابع (تعزيز القطاع الزراعي).

| Dimension / Statement | Mean | Standard Deviation | Relative Weight (%) | Approval Level | Rank |
|---|---|---|---|---|---|
| Increasing Agricultural Productivity | | | | | |
| AI contributes to improving agricultural quality and increasing crop yields. | 4.013 | 0.88936 | 80.26 | High | 8 |
| AI technologies improve the planning of agricultural operations for higher productivity. | 4.0469 | 0.7869 | 80.938 | High | 6 |
| AI helps optimize fertilizer and nutrient usage for better crop results. | 3.9818 | 0.87147 | 79.636 | High | 12 |
| Advanced agricultural technologies enhance the efficiency of traditional farming practices. | 3.9271 | 0.8701 | 78.542 | High | 15 |
| Reducing Operational Costs | | | | | |
| AI technologies reduce operating costs by optimizing resource usage. | 4.0104 | 0.76809 | 80.208 | High | 9 |
| Agricultural automation reduces reliance on costly manual labor. | 3.8698 | 0.90183 | 77.396 | High | 16 |
| Smart solutions help lower the cost of pesticide and fertilizer usage. | 3.974 | 0.8817 | 79.48 | High | 13 |
| AI technologies reduce waste in the use of agricultural resources. | 4.0911 | 0.82679 | 81.822 | High | 3 |
| Improving Resource Utilization | | | | | |
| AI systems enhance water and fertilizer distribution according to crop needs. | 4.138 | 0.74344 | 82.76 | High | 2 |
| AI technologies provide accurate data on soil conditions to support better decision-making. | 3.974 | 0.89929 | 79.48 | High | 14 |
| AI improves energy efficiency in agricultural operations. | 4.0286 | 0.79929 | 80.572 | High | 7 |
| Big data analysis helps improve strategies for agricultural land use. | 4.1875 | 0.75531 | 83.75 | High | 1 |
| Promoting Environmental Sustainability | | | | | |
| AI helps reduce the negative environmental impacts of agriculture by managing resources effectively. | 3.9844 | 0.83009 | 79.688 | High | 11 |
| AI technologies improve sustainable farming practices. | 4.0911 | 0.76784 | 81.822 | High | 4 |
| Smart systems reduce the need for excessive chemical pesticide and fertilizer use. | 3.9974 | 0.8063 | 79.948 | High | 10 |
| AI technologies support eco-friendly and sustainable agricultural methods. | 4.0859 | 0.79844 | 81.718 | High | 5 |

يستعرض الجدول الإحصائيات الوصفية المتعلقة بمدى تأثير استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على تعزيز القطاع الزراعي. تم تحليل هذه الأبعاد من خلال المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري، والوزن النسبي، ومستوى الموافقة، والترتيب، مما يوفر فهمًا أعمق لكيفية إدراك المشاركين لأثر الذكاء الاصطناعي في تطوير الزراعة.

تحليل نتائج تعزيز القطاع الزراعي

1. زيادة الإنتاجية الزراعية

أظهرت النتائج أن الذكاء الاصطناعي يساهم بشكل كبير في تحسين تخطيط العمليات الزراعية لتحقيق إنتاجية أعلى، حيث حصلت هذه العبارة على متوسط 4.0469 ووزن نسبي 80.938%، مما يدل على إدراك

المشاركين لأهمية الذكاء الاصطناعي في إدارة الإنتاج الزراعي بشكل أكثر كفاءة.
بالمقابل، كانت أقل عبارة تأييدًا هي: "يعزز استخدام التكنولوجيا الزراعية المتقدمة من كفاءة عمليات الزراعة التقليدية" بمتوسط 3.9271 ووزن نسبي 78.542%، مما قد يشير إلى الحاجة إلى مزيد من التبني الفعلي لهذه التقنيات في البيئات الزراعية التقليدية.
بشكل عام، تشير النتائج إلى اتجاه إيجابي نحو تأثير الذكاء الاصطناعي في تحسين الإنتاجية الزراعية، حيث جاءت جميع العبارات ضمن مستوى موافقة "مرتفع."
2 .تقليل التكاليف التشغيلية
أظهرت البيانات أن تقنيات الذكاء الاصطناعي تلعب دورًا مهمًا في تقليل الهدر في استهلاك الموارد الزراعية المختلفة، حيث حصلت هذه العبارة على متوسط 4.0911 ووزن نسبي 81.822%، مما يعكس وعي المشاركين بأهمية الذكاء الاصطناعي في ترشيد استخدام الموارد وتحقيق كفاءة اقتصادية أعلى.
على الجانب الآخر، جاءت عبارة: "يؤدي الاعتماد على الأتمتة الزراعية إلى تقليل الحاجة إلى العمالة اليدوية المكلفة" بمتوسط 3.8698 ووزن نسبي 77.396%، مما يشير إلى تباين في آراء المشاركين حول مدى تأثير الأتمتة على تقليل تكاليف العمالة، وهو ما قد يرتبط بعوامل أخرى مثل توافر التكنولوجيا وتكلفة الاستثمار الأولي.
بشكل عام، تؤكد النتائج أن المشاركين يدركون أهمية الذكاء الاصطناعي في خفض التكاليف التشغيلية، خاصة من خلال تحسين إدارة الموارد وتقليل الفاقد.
3 .تحسين استخدام الموارد
حصل هذا البعد على أعلى القيم من حيث التأييد، حيث سجلت عبارة: "يساعد تحليل البيانات الزراعية الضخمة في تحسين استراتيجيات استخدام الأراضي الزراعية" أعلى متوسط 4.1875 ووزن نسبي 83.75%، مما يدل على أن المشاركين يرون في الذكاء الاصطناعي أداة فعالة لتخطيط أفضل لاستخدام الأراضي الزراعية.
جاءت عبارة: "توفر تقنيات الذكاء الاصطناعي بيانات دقيقة حول حالة التربة لمساعدة المزارعين في اتخاذ قرارات أفضل" بمتوسط 3.974 ووزن نسبي 79.48%، مما يشير إلى اعتراف المزارعين بدور الذكاء الاصطناعي في تحسين قراراتهم المتعلقة بالزراعة، ولكن بدرجة أقل مقارنة باستخدام البيانات الضخمة في استراتيجيات استخدام الأراضي.
تشير هذه النتائج إلى أن الذكاء الاصطناعي يعتبر أداة رئيسية في تحسين تخصيص الموارد الزراعية بكفاءة، مما يؤدي إلى زيادة الإنتاجية وتقليل الهدر.
4 .تعزيز الاستدامة البيئية
أظهرت النتائج أن الذكاء الاصطناعي يدعم استخدام أساليب زراعية صديقة للبيئة ومستدامة، حيث حصلت هذه العبارة على متوسط 4.0859 ووزن نسبي 81.718%، مما يعكس توجهًا قويًا نحو الاستدامة في الممارسات الزراعية.
على الجانب الآخر، كانت أقل عبارة تأييدًا هي: "يساهم الذكاء الاصطناعي في تقليل الآثار البيئية السلبية للزراعة من خلال إدارة الموارد بشكل فعال" بمتوسط 3.9844 ووزن نسبي 79.688%، مما يدل على إدراك جيد، لكنه قد يكون أقل وضوحًا فيما يتعلق بالتأثير المباشر على البيئة.
تشير هذه النتائج إلى أن المشاركين يعتبرون الذكاء الاصطناعي أداة فعالة في تحسين الاستدامة البيئية، لا سيما فيما يتعلق بتقليل استخدام المواد الكيميائية وتعزيز الزراعة المستدامة.
الاستنتاج العام
الاتجاهات الإيجابية: أظهرت جميع العبارات مستويات موافقة "مرتفعة"، مما يشير إلى أن المشاركين يرون في تقنيات الذكاء الاصطناعي أداة حيوية لتعزيز القطاع الزراعي.
البعد الأكثر دعمًا: حصل بعد تحسين استخدام الموارد على أعلى تقييم، مما يعكس أهمية الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة تخصيص الموارد الزراعية.
البعد الأقل دعمًا: كان بعد تقليل التكاليف التشغيلية الأقل تأييدًا، خاصة فيما يتعلق بتأثير الأتمتة على تقليل تكاليف العمالة، مما يشير إلى الحاجة لمزيد من الدراسات حول العوامل المؤثرة في هذا المجال.
دور الذكاء الاصطناعي في الاستدامة: أظهرت النتائج دعمًا واضحًا لدور الذكاء الاصطناعي في تعزيز الممارسات الزراعية المستدامة، وهو أمر ضروري لمستقبل الزراعة.

**جدول 8. الإحصائيات الوصفية لمتغيرات وابعاد الدراسة**

| Dimension / Axis | Mean | Standard Deviation |
|---|---|---|
| Crop and Productivity Prediction | 3.9447 | 0.65589 |
| Smart Irrigation Management | 4.2188 | 0.65412 |
| Image Analysis | 3.8809 | 0.65334 |
| Agricultural Automation and Robotics | 4.0326 | 0.69118 |
| Increase in Agricultural Productivity | 3.9922 | 0.69331 |
| Reduction in Operational Costs | 3.9863 | 0.68291 |
| Improved Resource Utilization | 4.0820 | 0.65070 |
| Promoting Environmental Sustainability | 4.0397 | 0.63299 |
| Use of Artificial Intelligence Technologies | 4.0192 | 0.56325 |
| Enhancement of the Agricultural Sector | 4.0251 | 0.59776 |

يعرض جدول (7) المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لمختلف أبعاد الدراسة، والتي تشمل متغير استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي ومتغير تعزيز قطاع الزراعة، إلى جانب الأبعاد الفرعية لكل منهما. يساعد هذا التحليل في تحديد مدى تبني المشاركين لتقنيات الذكاء الاصطناعي ومدى تأثيرها على تحسين العمليات الزراعية.

تحليل نتائج المتغيرات والأبعاد الفرعية

1 .أبعاد استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي

جاء بعد "الإدارة الذكية للري" في المرتبة الأولى بمتوسط 4.2188، وهو الأعلى بين جميع الأبعاد، مما يدل على أن المشاركين يدركون الدور الكبير الذي تلعبه تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة الري وترشيد استهلاك المياه.

حصل بعد "تحليل الصور" على أدنى متوسط ضمن محاور الذكاء الاصطناعي (3.8809)، مما يشير إلى إدراك أقل نسبيًا لدور هذه التقنية في الكشف عن الأمراض والآفات الزراعية، أو قد يعكس تحديات تواجه المزارعين في تطبيق هذه التقنية بشكل عملي.

تشير القيم المرتفعة للأبعاد الأخرى، مثل "التنبؤ بالمحاصيل والإنتاجية" (3.9447) و "الأتمتة الزراعية والروبوتات" (4.0326)، إلى اتجاه إيجابي نحو استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين العمليات الزراعية المختلفة.

2 .أبعاد تعزيز قطاع الزراعة

حصل بعد "تحسين استخدام الموارد" على أعلى متوسط (4.082)، مما يدل على أن المشاركين يعتبرون الذكاء الاصطناعي أداة رئيسية في تحسين كفاءة تخصيص الموارد الزراعية مثل المياه والأسمدة والطاقة.

جاء بعد "تقليل التكاليف التشغيلية" بمتوسط (3.9863)، وهو من الأبعاد المهمة، حيث يعكس إدراك المشاركين لقدرة الذكاء الاصطناعي على خفض التكاليف من خلال تحسين استخدام الموارد وتقليل الفاقد.

سجل بعد "تعزيز الاستدامة البيئية" متوسط (4.0397)، مما يشير إلى وعي المشاركين بأهمية الذكاء الاصطناعي في دعم الزراعة المستدامة من خلال تقليل استخدام المبيدات والأسمدة الكيميائية.

3 .المتغيرات الرئيسية للدراسة

حصل متغير "استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي" على متوسط (4.0192)، مما يدل على قبول المشاركين لهذه التقنيات ووعيهم بمنافعها في تحسين العمليات الزراعية.

جاء متغير "تعزيز قطاع الزراعة" بمتوسط (4.0251)، مما يعكس إجماع المشاركين على أن تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي يساهم في تحسين الإنتاج الزراعي وزيادة كفاءته.

الاستنتاج العام

مستوى التأييد العام: جميع الأبعاد حصلت على متوسطات مرتفعة (فوق 3.88)، مما يشير إلى نظرة إيجابية تجاه تأثير الذكاء الاصطناعي على القطاع الزراعي.

أعلى الأبعاد تقييمًا: تصدّر بعد "الإدارة الذكية للري" الترتيب، مما يعكس إدراكًا واسعًا لأهمية الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المياه وترشيد استخدامها.

أقل الأبعاد تقييمًا: كان بعد "تحليل الصور" هو الأقل من حيث المتوسط، مما يشير إلى الحاجة إلى مزيد من الدراسات حول العوامل التي تؤثر على تبني هذه التقنية.

**الاحصاء الاستدلالي**

**جدول 9.** نموذج الانحدار

| Source of Variance | Sum of Squares | Degrees of Freedom (df) | Mean Square | R | $R^2$ | Adjusted $R^2$ | F-test Value | Sig. (p-value) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Regression | 96.616 | 4 | 24.154 | 0.840a | 0.706 | 0.703 | 227.516 | 0.000b |
| Residual | 40.236 | 379 | 0.106 | | | | | |
| Total | 136.852 | 383 | | | | | | |

يستعرض جدول (7) نموذج الانحدار وجدول (8) معاملات الانحدار نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد، والذي يهدف إلى قياس العلاقة بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي (المتغيرات المستقلة) وتعزيز قطاع الزراعة (المتغير التابع). يتيح هذا التحليل تقييم مدى تأثير الأبعاد المختلفة للذكاء الاصطناعي على تحسين كفاءة العمليات الزراعية.

1 .جودة النموذج التنبئي

بلغ معامل الارتباط0.840 = (R) ، مما يدل على وجود علاقة ارتباط قوية بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وتعزيز قطاع الزراعة.

كان معامل التحديد0.706 = ($R^2$) ، مما يعني أن 70.6% من التغيرات في تعزيز قطاع الزراعة يمكن تفسيرها من خلال استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، وهو مستوى مرتفع يعكس قوة النموذج.

بلغ معامل التحديد المعدل0.703 = (Adj $R^2$) ، مما يؤكد استقرار النموذج وعدم تأثره بعدد المتغيرات المستقلة.

2 .تحليل التباين (ANOVA) واختبارF

بلغت قيمة اختبار 227.516 = (F) بمستوى دلالة (Sig = 0.000)، مما يشير إلى أن النموذج ذو دلالة إحصائية عالية، أي أن تأثير الذكاء الاصطناعي على الزراعة ليس عشوائيًا، بل له تأثير معنوي مثبت.

يشير انخفاض متوسط مربعات البواقي (0.106) إلى أن الأخطاء العشوائية للنموذج محدودة، مما يعزز من دقة التنبؤات.

الاستنتاج

تشير نتائج هذا الجدول إلى أن النموذج المستخدم في البحث قوي وفعال في تفسير تأثير تقنيات الذكاء الاصطناعي على تعزيز قطاع الزراعة، حيث تبين أن هذه التقنيات تفسر نسبة كبيرة من التغيرات في المتغير التابع

**جدول 10. معاملات الانحدار**

| Dimension (Independent Variable) | Beta (β) | t-value | Sig. (p-value) | Significance Level |
|---|---|---|---|---|
| (Constant) | 0.425 | 3.521 | 0.000 | Significant |
| Crop and Productivity Prediction | 0.114 | 2.879 | 0.004 | Significant |
| Smart Irrigation Management | 0.305 | 8.254 | 0.000 | Significant |
| Image Analysis | 0.216 | 5.914 | 0.000 | Significant |
| Agricultural Automation and Robotics | 0.254 | 7.491 | 0.000 | Significant |

يستعرض هذا الجدول معاملات الانحدار لكل بُعد من أبعاد استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، مما يساعد في تحديد مدى تأثير كل بُعد على تعزيز قطاع الزراعة.

1 .المعامل الثابت(Constant)

بلغ المعامل الثابت (β = 0.425) بقيمة T = 3.521 ومستوى دلالة(Sig = 0.000) ، مما يدل على أن النموذج يمكنه التنبؤ بتعزيز قطاع الزراعة حتى في حال عدم وجود تأثير مباشر لأحد الأبعاد المستقلة.

2 .تحليل تأثير الأبعاد

كان أكبر تأثير للإدارة الذكية للري(β = 0.305) ، مما يدل على أن هذه التقنية هي الأكثر تأثيرًا في تحسين كفاءة قطاع الزراعة.

تبعتها الأتمتة الزراعية والروبوتات(β = 0.254) ، مما يشير إلى أن استخدام الروبوتات والطائرات المسيرة يمكن أن يعزز من الإنتاجية الزراعية بشكل كبير.

جاء تحليل الصور (β = 0.216) في المرتبة الثالثة، مما يعكس دور الذكاء الاصطناعي في كشف الأمراض الزراعية وتقليل الهدر.

كان التنبؤ بالمحاصيل والإنتاجية (β = 0.114) هو الأقل تأثيرًا، مما يشير إلى أن هذه التقنية قد تكون أقل تطبيقًا أو أقل فاعلية مقارنةً ببقية الأبعاد.

جميع المتغيرات المستقلة ذات دلالة إحصائية (Sig < 0.05)، مما يعني أن جميع أبعاد الذكاء الاصطناعي لها تأثير معنوي على تعزيز القطاع الزراعي.

يشير الترتيب العام للأبعاد إلى أن الإدارة الذكية للري هي الأكثر تأثيرًا، بينما التنبؤ بالمحاصيل هو الأقل تأثيرًا.

تدعم هذه النتائج فرضية البحث القائلة بأن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي يؤثر بشكل إيجابي على تعزيز القطاع الزراعي.

**نتائج الدراسة واختبار الفرضيات**

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز قطاع الزراعة، من خلال اختبار الفرضيات المطروحة باستخدام تحليل الانحدار الخطي المتعدد .وتمت مناقشة نتائج الفرضيات بناءً على قيمة معامل الانحدار(β) ، وقيمة T-Value، ومستوى الدلالة الإحصائية .(Sig.)

**نتائج اختبار الفرض الرئيسي**

الفرض الرئيسي: يوجد أثر لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز قطاع الزراعة.

أظهرت نتائج تحليل التباين (ANOVA) أن النموذج الإحصائي المستخدم في الدراسة ذو دلالة إحصائية عالية، حيث بلغت قيمة $F = 227.516$ عند مستوى دلالة $(Sig. = 0.000)$، مما يدل على أن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي يساهم بشكل معنوي في تحسين قطاع الزراعة.

كما بلغ معامل التحديد$(R^2) = 0.706$ ، مما يشير إلى أن 70.6%من التغيرات في تعزيز قطاع الزراعة يمكن تفسيرها من خلال استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، مما يدعم صحة الفرض الرئيسي.

**نتائج اختبار الفرضيات الفرعية**

الفرض الفرعي الأول

"يوجد أثر لاستخدام تقنيات التنبؤ بالمحاصيل والإنتاجية في تعزيز قطاع الزراعة".

بلغ معامل الانحدار $(\beta = 0.114)$وقيمة $T = 2.879$ عند $(Sig. = 0.004)$، مما يدل على أن تأثير تقنيات التنبؤ بالمحاصيل والإنتاجية دال إحصائيًا.

ومع ذلك، فإن تأثير هذا المتغير كان الأضعف بين جميع أبعاد الذكاء الاصطناعي، مما يشير إلى أن دوره في تحسين قطاع الزراعة قد يكون محدودًا مقارنة ببقية التقنيات.

النتيجة :يتم قبول الفرض الفرعي الأول، حيث تبين أن التنبؤ بالمحاصيل والإنتاجية له تأثير معنوي على تعزيز قطاع الزراعة، ولكن بدرجة أقل من الأبعاد الأخرى.

الفرض الفرعي الثاني

"يوجد أثر لاستخدام تقنيات الإدارة الذكية للري في تعزيز قطاع الزراعة".

أظهرت نتائج تحليل الانحدار أن معامل الانحدار $(\beta = 0.305)$وقيمة $T = 8.254$ عند $(Sig. = 0.000)$، مما يدل على وجود تأثير قوي ومعنوي للإدارة الذكية للري على تعزيز القطاع الزراعي.

يعتبر هذا البعد الأكثر تأثيرًا بين جميع تقنيات الذكاء الاصطناعي، مما يعكس أهمية الري الذكي في تحسين الإنتاجية الزراعية وترشيد استهلاك الموارد.

النتيجة :يتم قبول الفرض الفرعي الثاني، حيث تبين أن الإدارة الذكية للري لها أكبر تأثير إيجابي على تعزيز قطاع الزراعة.

الفرض الفرعي الثالث

"يوجد أثر لاستخدام تقنيات تحليل الصور في تعزيز قطاع الزراعة".

أظهرت النتائج أن معامل الانحدار $(\beta = 0.216)$ وقيمة $T = 5.914$عند $(Sig. = 0.000)$، مما يشير إلى أن تحليل الصور له تأثير معنوي على تعزيز قطاع الزراعة.

يعكس هذا التأثير أهمية تقنيات الذكاء الاصطناعي في الكشف المبكر عن الأمراض والآفات الزراعية، مما يساعد في تقليل الخسائر وتحسين الإنتاجية.

ومع ذلك، فإن تأثيره كان أقل من الإدارة الذكية للري، مما قد يعكس تحديات في تطبيق هذه التقنية بشكل موسع.

النتيجة :يتم قبول الفرض الفرعي الثالث، حيث تبين أن تحليل الصور يلعب دورًا مهمًا في تعزيز قطاع الزراعة، ولكن بدرجة أقل مقارنة بالإدارة الذكية للري.

الفرض الفرعي الرابع

"يوجد أثر لاستخدام تقنيات الأتمتة الزراعية والروبوتات في تعزيز قطاع الزراعة".

أظهرت نتائج تحليل الانحدار أن معامل الانحدار $(\beta = 0.254)$وقيمة $T = 7.491$ عند $(Sig. = 0.000)$، مما يدل على وجود تأثير معنوي للأتمتة الزراعية والروبوتات في تحسين قطاع الزراعة.

يشير ذلك إلى أن تطبيقات الأتمتة، مثل الطائرات المسيرة والروبوتات الزراعية، تساهم في زيادة الإنتاجية وتقليل الحاجة إلى العمالة اليدوية، مما يؤدي إلى تحسين الكفاءة التشغيلية للقطاع الزراعي.

النتيجة :يتم قبول الفرض الفرعي الرابع، حيث تبين أن الأتمتة الزراعية والروبوتات لها تأثير إيجابي كبير على تعزيز قطاع الزراعة.

**الاستنتاج العام**

1. تأكيد صحة الفرض الرئيسي :أثبتت النتائج أن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي يساهم بشكل كبير في تعزيز قطاع الزراعة، حيث تفسر هذه التقنيات نسبة 70.6%من التغيرات في الأداء الزراعي.
2. أهم التقنيات المؤثرة:

جاءت الإدارة الذكية للري كأكثر التقنيات تأثيرًا على تحسين القطاع الزراعي.تليها الأتمتة الزراعية والروبوتات، مما يعكس دور التقنيات الحديثة في تحسين الكفاءة التشغيلية.بينما كان تأثير تحليل الصور والتنبؤ بالمحاصيل أقل، لكنه لا يزال ذا دلالة إحصائية.

3. دلالات تطبيقية:

تعزز هذه النتائج الحاجة إلى الاستثمار في أنظمة الري الذكية والأتمتة الزراعية، مع تحسين استخدام تقنيات التنبؤ بالمحاصيل وتحليل الصور لتعظيم فوائدها.

**التوصيات البحثية**

1. تعزيز تبني تقنيات الإدارة الذكية للري، حيث أظهرت أنها الأكثر فاعلية في تحسين الإنتاج الزراعي وتقليل استهلاك المياه.
2. تحفيز الاستثمار في الأتمتة الزراعية، خاصة في مجالات استخدام الروبوتات والطائرات المسيرة لتحسين كفاءة العمليات الزراعية.
3. تحسين تطبيقات تحليل الصور، من خلال تطوير نماذج ذكاء اصطناعي أكثر دقة للكشف المبكر عن الأمراض والآفات الزراعية.
4. تعزيز دقة تقنيات التنبؤ بالمحاصيل، عبر دمج البيانات البيئية والمناخية المتقدمة لتحسين كفاءتها.
5. إجراء دراسات إضافية على عوامل أخرى قد تؤثر على تبني هذه التقنيات، مثل التحديات الاقتصادية والتكنولوجية التي قد تواجه المزارعين في استخدامها.

**المراجع**

**المراجع العربية**


ابن سويسي، & حمزة. (2023). تقييم تكلفة أدوات الزراعة الذكية في الدول النامية، دراسة حالة الجزائر. التكامل الاقتصادي، 11(4)، 187–206.

دراج، نبيلة صليحة، & طهار. (2025). أهمية استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الإنتاج الزراعي. مجلة اقتصاديات شمال إفريقيا، 21(2)، 179–196.

عبد الرحيم، سيد أحمد، & ياسمين. (2024). أثر توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي كأداة لترويج التسويق الأخضر لتحقيق متطلبات الاستدامة البيئية بالتطبيق على قطاع الصناعات الغذائية. المجلة العلمية للبحوث والدراسات التجارية، 38(3)، 751–789.

عروف، & راضية. (2025). دور تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تطوير المؤسسات الناشئة الزراعية – نماذج لبعض المؤسسات الناشئة الزراعية بالجزائر. مجلة دراسات في الاقتصاد وإدارة الأعمال، 8(1)، 100–111.

كارم، محمود عبد اللطيف، & سعاد. (2024). تطبيقات الذكاء الاصطناعي وتأثيرها على منح التراخيص باستغلال أصناف نباتية جديدة. Journal of Intellectual Property and Innovation Management، 7 (2)، 93–127.

محسب، & يحيى زكريا. (2024). الاستشعار من البعد والذكاء الاصطناعي في خدمة الزراعة الدقيقة والذكية. المجلة العربية لسياسات العلوم والتكنولوجيا والابتكار، 5(5)، 82–88.

مصطفاوي، نادية، بن حراث، & حياة. (2025). حلول الذكاء الاصطناعي للزراعة المستدامة: تجارب دولية. Revue d'Economie et de Management، 22 (2)، 49–64.

شرف، & سالمة أحمد محمود. (2024). تقييم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحقيق الاستدامة البيئية. المجلة المصرية لبحوث الإعلام، 2024(89)، 843–872.

شرى، فتح الله عبد الرازق جواد. (2024). دور الذكاء الاصطناعي في تحقيق التنمية المستدامة. مجلة الحق للعلوم الشرعية والقانونية، 110–126


**المراجع الاجنبية**


Al-Mahab, A. A. A., Eid, A. M. (2023). Geospatial artificial intelligence (GeoAI) and earth observation (EO) and their applications in agriculture in Yemen. *Journal of Engineering and Technological Sciences (JOEATS), 2*(1), 21–37.

AlZubi, A. A., Galyna, K. (2023). Artificial intelligence and internet of things for sustainable farming and smart agriculture. *IEEE Access, 11*, 78686–78692.

Assimakopoulos, F., Vassilakis, C., Margaris, D., Kotis, K., Spiliotopoulos, D. (2025). AI and related technologies in the fields of smart agriculture: A review. Information, 16(2), 100.

Hasan, M. M., Islam, M. U., Sadeq, M. J. (2022). Towards the technological adaptation of advanced farming through artificial intelligence, the internet of things, and robotics: A comprehensive overview. Artificial Intelligence and Smart Agriculture Technology, 21–42.

smart agriculture. IEEE Micro, 42(1), 17–24.

Javaid, M., Haleem, A., Khan, I. H., Suman, R. (2023). Understanding the potential applications of Artificial Intelligence in Agriculture Sector. Advanced Agrochem, 2(1), 15–30.

Kose, U., Prasath, V. B., Mondal, M., Podder, P., Bharati, S. (Eds.). (2022). Artificial intelligence and smart agriculture technology. CRC Press.

Muhammed, D., Ahvar, E., Ahvar, S., Trocan, M., Montpetit, M. J., Ehsani, R. (2024). Artificial Intelligence of Things (AIoT) for smart agriculture: A review of architectures, technologies and solutions. Journal of Network and Computer Applications, 103905.

Javaid, M., Haleem, A., Khan, I. H., Suman, R. (2023). Understanding the potential applications of Artificial Intelligence in Agriculture Sector. Advanced Agrochem, 2(1), 15–30.

Kose, U., Prasath, V. B., Mondal, M., Podder, P., Bharati, S. (Eds.). (2022). Artificial intelligence and smart agriculture technology. CRC Press.

Muhammed, D., Ahvar, E., Ahvar, S., Trocan, M., Montpetit, M. J., Ehsani, R. (2024). Artificial Intelligence of Things (AIoT) for smart agriculture: A review of architectures, technologies and solutions. Journal of Network and Computer Applications, 103905.

Shaikh, F. K., Memon, M. A., Mahoto, N. A., Zeadally, S., Nebhen, J. (2021). *Artificial intelligence best practices.*

Shaikh, T. A., Rasool, T., Lone, F. R. (2022). Towards leveraging the role of machine learning and artificial intelligence in precision agriculture and smart farming. Computers and Electronics in Agriculture, 198, 107119.

Tomar, P., Kaur, G. (Eds.). (2021). Artificial intelligence and IoT-based technologies for sustainable farming and smart agriculture. IGI Global.

Williamson, H. F., Brettschneider, J., Caccamo, M., Davey, R. P., Goble, C., Kersey, P. J., … Leonelli, S. (2023). Data management challenges for artificial intelligence in plant and agricultural research. *F1000Research, 10*, 324.