أهمية استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الانتاج الزراعي

The importance of using artificial intelligence applications in agricultural production

د. دراج نبيلة صليحة [1]

جامعة الجزائر 3– الجزائر

nabilaranim@gmail.com

طهار ناصر

جامعة الجزائر3– الجزائر

nacertahar5@gmail.com

تاريخ الارسال: 2025/04/ 20 تاريخ القبول: 2025/05/ 11 تاريخ النشر: 2025/06/ 11

ملخص:

يواجه قطاع الانتاج الزراعي تحديات كبيرة أهمها العوامل البيئية غير المستقرة، و التي لا يمكن التحكم فيها كالاحتباس الحراري، الكوارث البيئية المختلفة و المشاكل المرتبطة بانخفاض المحاصيل الزراعية مقابل الطلب، وارتفاع أسعارها، و تزايد المخاوف المتعلقة بالأمن الغذائي، خاصة اذا ما استمر القطاع الزراعي في النشاط بنفس الأساليب التقليدية في الإنتاج الزراعي، حيث لم تعد قادرة على مواجهة هذه التحديات، مما دفع الى البحث الجاد عن مداخل جديدة و حلول بديلة تدفع عجلة النمو في الإنتاج الزراعي بطريقة تمكنها من التصدي لمختلف الضغوطات، لهذا جاءت هذه الورقة البحثية لتسلط الضوء على اهمية استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الانتاج الزراعي، كحل جديد، حيث اعتمدت الدراسة على المنهج الاستنباطي، فبعد جمع البيانات من خلال القيام بمسح مكتبي وافتراضي للمساهمات العلمية في الموضوع توصلت الدراسة الى مجموعة من النتائج، أهمها: ان التقنيات الحديثة المدعومة بالذكاء الاصطناعي حافز مهم لدفع عجلة الابتكار لمجابهة التحديات التي تواجه القطاع الزراعي عموما، و تمكين الإنتاج الزراعي من تنويع المحاصيل الزراعية في أراضي محدودة المساحة، وموارد مائية شحيحة، فضلا عن تزويد سلاسل الامداد الغذائية بمحاصيل اكثر صحة وبأقل قدر ممكن من هدر الموارد، وكذا المكافحة الاستباقية لكثير من الآفات التي تؤرق المزارعين، خاصة مع التغيرات المناخية الغير قابلة للتوقع مثل الكوارث البيئية وكوارث الاحتباس الحراري...الخ.

الكلمات المفتاحية: انتاج زراعي، ذكاء اصطناعي، زراعة رقمية.

Abstract:

The agricultural production sector faces great challenges, the most important are unstable environmental factors that cannot be controlled, such as global warming and various environmental disasters, as well as problems associated with the decline in agricultural yields compared to demand, the rise in their prices, and the increasing concerns related to food security, especially if The agricultural sector continued to operate with the same traditional methods of agricultural production, as it was no longer able to face these challenges, which prompted a serious search for new approaches and alternative solutions that would drive growth in agricultural production in a way that would enable it to address various pressures. For That, this

1 – **المؤلف المرسل:** دراج نبيلة صليحة، إميل: anim@gmail.com

research paper came to highlight on the importance of using artificial intelligence applications in agricultural production, as a new solution, the study relied on the Deductive approach. After collecting data by conducting a hard and virtual survey of literature review, the study reached a set of results, the most important are: the modern technologies supported by artificial intelligence are an incentive It is important to advance the wheel of innovation to confront the challenges facing the agricultural sector in general, and to enable agricultural production to diversify agricultural crops on limited lands and scarce water resources, as well as to provide food supply chains with healthier crops with the least possible waste.

as well as the proactive control of many Pests that worry farmers, especially with unpredictable climate changes such as environmental disasters, global warming disasters… etc.

Keywords: agricultural production, artificial intelligence, digital agriculture

1. مقدمة :

يعتبر تحقيق التنمية الزراعية هاجس دول العالم باعتبار ان استقرارها القومي مرتبط بمدى قدرتها على توفير الغذاء لمجتمعها (الامن الغذائي). ان التنمية الزراعية هي أحد أهم مرتكزات التنمية الشاملة للأمم المحققة للنمو الاقتصادي، خصوصا في ظل التقارير الاستشرافية التي تنبأت بوضعية صعبة للإنتاج الزراعي والامن الغذائي، فوفقاً لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة(UNEP) ، فان تلبية احتياجات الغذائية ل10 مليار نسمة بحلول عام 2050 يفرض زيادة بنسبة 56 ٪ في إنتاج الغذاء العالمي. وهذا يولد ضغوطاً هائلة على قطاع الزراعي تعيق تحقيق الأمن الغذائي للأجيال القادمة)الدويري، 2023(، وهذا ما جعل الهاجس الاكبر للدول هو البحث عن مداخل لتحسين الانتاج الزراعي .

من هذا المنطلق اتجه الفاعلون في هذا القطاع الاستراتيجي الى توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الإنتاج الزراعي سعيا للحد من تداعيات التحديات سابقة الذكر، حيث يتوقع أن ينمو إجمالي استثمارات الذكاء الاصطناعي في السوق الزراعي من نحو مليار دولار في 2020 إلى 4 مليارات دولار 2026، بمعدل نمو سنوي 25.5% (العربية، 2020) .

تشير العديد من الدراسات العلمية والأكاديمية إلى أهمية تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال الإنتاج الزراعي، باعتباره الحل الأمثل للنهوض بهذا القطاع الحيوي. ويكمن ذلك في ما يوفره الذكاء الاصطناعي من أدوات، تطبيقات وأساليب متطورة تسهم في تحسين إدارة مختلف أنشطة الإنتاج الزراعي بكفاءة وفعالية، من خلال ترشيد استهلاك الموارد، والحفاظ على البيئة والتربة، فضلاً عن دعم زيادة إنتاجية المحاصيل وتحسين جودة المنتجات الزراعية .

- **إشكالية البحث:**

يعتمد الإنتاج الزراعي في جوهره على العوامل الطبيعية، مما يجعله من أكثر القطاعات بطئا في التفاعل مع التحولات التكنولوجية مقارنةً بالقطاعات الأخرى. وعلى الرغم من التطور التكنولوجي المتسارع، لا تزال الكثير من الأنشطة الزراعية تُنفذ بأساليب تقليدية على مستوى العالم، وهو ما ساهم في تعميق الفجوة بين قدرات هذا القطاع والتحديات الراهنة، مثل تزايد عدد السكان، تراجع اليد العاملة، والمشاكل المناخية المختلفة، والتي أثرت سلبا على مستوى الإنتاج وجودة المحاصيل الزراعية.

لذلك، أصبحت الحاجة ملحة لاعتماد مقاربات علمية وتقنيات حديثة قادرة على إحداث نقلة نوعية في هذا المجال، ويعد الذكاء الاصطناعي في مقدمة هذه الحلول لما يوفره من أدوات وأساليب متطورة. وانطلاقاً من هذه الإشكالية، تسعى هذه الدراسة للإجابة على السؤال الجوهري التالي: **ما أهمية توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تطوير الإنتاج الزراعي؟**

وخدمة لهذه الإشكالية، رأينا انه من المهم طرح الأسئلة الفرعية التالية:

- ماهي تطبيقات الذكاء الاصطناعي المعتمدة في المجال الزراعي؟
- ماهي دوافع التحول من الزراعة التقليدية الى الزراعة الرقمية وما مزايا اعتمادها؟
- ما هو دور تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تطوير الزراعة وتحقيق التنمية الزراعية؟

•أهداف البحث: تهدف الدراسة الحالية الى تحقيق الاهداف التالية

- تأكيد أهمية استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الانتاج الزراعي؛
- تقديم أهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي المعتمدة في الانتاج الزراعي؛
- ابراز أثار اعتماد الذكاء الاصطناعي في الانتاج الزراعي؛
- تقديم مجموعة من المقترحات في حدود النتائج المتحصل عليها.

- **أهمية البحث:**

تكتسب هذه الدراسة أهميتها من أهمية الذكاء الاصطناعي باعتباره أحد أهم التطورات التكنولوجية في العصر الحديث، الذي أصبح محل اهتمام عالمي، شمل الحكومات، الشعوب، الخبراء، والباحثين، نظرا لامتداد تطبيقاته إلى معظم مجالات الحياة، ومن هذا المنطلق، تكتسب هذه الدراسة خصوصيتها من تركيزها على أحد القطاعات الحيوية التي مسها الذكاء الاصطناعي، وهو القطاع الزراعي، حيث لاحظ الباحثان ضعف البحوث الوطنية في هذا الموضوع، وعليه فمن المنتظر أن تساهم هذه الدراسة في زيادة الرصيد العلمي والمعرفي لموضوع الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في المجال الزراعي، بما تضمنت من طرح نظري يكون ارضية تطبيقية تحسن مردودية وجودة الإنتاج الزراعي.

- **منهجية البحث:** بناء على الهدف العام للدراسة فقد اعتمد الباحثان على المنهج الاستنباطي
- **الدراسات السابقة:** يمكن تلخيص أهم الدراسات السابقة في الموضوع فيما يلي:

دراسة (**أشرف سليمان، 2021**) بعنوان" **التحول الرقمي في قطاع الزراعة: استشراف رأي مزارعي الخضر في إحدى القرى المصرية**" حيث هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على أهمية التحول الرقمي في مجال الزراعة، وقد استهدف البحث التعرف على رأي المزارعين في تطبيق (كارت الفلاح الذكي) وفوائده بدولة مصر، والتعرف على مدى معرفة المزارعين بتطبيقات التحول الرقمي في الزراعة، حيث تم اختيار مزارعي الخضر في محافظة الشرقية بمصر كمجتمع للدراسة بينما بلغت عينة الدراسة 120مزارع، ولتحقيق أهداف البحث

تم صياغة استبيان لإجراء المسح الاجتماعي، وبعد جمع البيانات وتحليلها توصلت الدراسة الى نتيجة مفادها تدني معرفة التطبيقات الرقمية في الزراعة، وعدم انتشارها بين المزارعين في محافظة الشرقية (سليمان، 2021، الصفحات 113-140).

دراسة (**ايوب المهاب، 2022**) بعنوان" **مساهمة التحول الرقمي للتعليم العالي في تحقيق التنمية المستدامة "نموذج قطاع الزراعة"**، هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على مدى مساهمة التحول الرقمي للتعليم العالي في تحقيق التنمية المستدامة للقطاع الزراعي، من خلال التأكيد على أهمية تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في مجال التعليم العالي, وخاصة في المجال الزراعي، وإبراز أهمية استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في الزراعة، وخاصة الذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة، ومعالجة نظم تحسين الجودة في تحسين جودة التعليم العالي لكليات الزراعة في الجامعات اليمنية. وخلصت الدراسة إلى أن ا تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في التعليم العالي الزراعي في الجامعات اليمنية سوف يؤدي إلى إلى الحصول على مخرجات عالية الكفاءة، وبالتالي ضمان التنمية المستدامة. (المهاب، 2022، الصفحات 110-128)

دراسة (**E. Elbasi et al, 2022**) بعنوان " **Artificial Intelligence Technology in the Agricultural Sector: A Systematic Literature Review** " هدفت هذه الدراسة الى التأسيس النظري لاستخدام الذكاء الاصطناعي في القطاع الزراعي، ولتحقيق هذا الهدف استخدمت الدراسة المنهج الوصفي، حيث قام الباحثون بمسح مكتبي وافتراضي لأدبيات الذكاء الاصطناعي في القطاع الزراعي. وتم مناقشة جميع أساليب الذكاء الاصطناعي المستخدمة في الصناعة الزراعية، مثل التعلم الآلي، وإنترنت الأشياء، والأنظمة المتخصصة في جمع المعلومات، ومعالجة الصور، ورؤية الكمبيوتر وأجهزة الاستشعار والروبوتات الذكية وأنظمة مراقبة المحاصيل وتسرب الري. وقد بينت الدراسة اهمية استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي (جمع البيانات باستخدام) في القطاع الزراعي. حيث تساهم هذه التقنيات في الحفاظ على الجودة، الإنتاجية والاستدامة. (**ERSIN , et al., 2023**)

دراسة (**Li,a , Teruaki , & Yosuke, 2022**) بعنوان " **A review of smart agriculture and production practices in Japanese large-scale rice farming**" هدفت هذه الدراسة الى تسليط الضوء على دلالات وخصائص وتقنيات الزراعة الذكية في المزارع الكبيرة للأرز في اليابان، من خلال دراسة نموذج إنتاج الأرز الذكي "**NoshoNavi1000**". وبعد جمع البيانات وتحليلها، توصلت الدراسة الى ان استخدام الزرعة الذكية ساهم في الإدارة الجيدة للزراعة في حالات الكوارث، كما اظهرت الدراسة ان تطبيق الزراعة الذكية في زراعة الارز باليابان ساهم في توفير تكاليف العمالة والإنتاج، وتحسين هامش الربح. كما ساهم أنموذج " **NoshoNavi1000**" في تحسين إنتاج الأرز وكفاءة الإنتاج وربحية المزارع الكبيرة، من خلال جمع البيانات في الوقت الحقيقي، واستخراج البيانات الشاملة والمهنية، وردود الفعل المحددة والعملية. (**Li,a , Teruaki , & Yosuke , 2022**)

1. المحور الأول: أهمية التحول من الزراعة التقليدية إلى الزراعة الرقمية

إن المتتبع لتطور نشاط الانتاج الزراعي، يجد أن الاعتماد التقليدي في عملية الزراعة يقوم على اساس الميزة النسبية لموارد الطبيعة، حيث يقوم المزارع (مستثمرات خاصة، دول...الخ) بالبحث عن المناطق الأكثر ملائمة للزراعة، فيكون التركيز أولا على التربة الخصبة التي تمثل البيئة المناسبة للمنتج المراد زراعته ، مع البحث عن المناطق التي تتوفر فيها الامطار، وتجمع المياه، لتعظيم الاستفادة منها خلال عملية السقي التقليدية، حيث يتضح أن كمية الانتاج الزراعي وجودة مخرجاته كانت قائمة على وفرة العوامل الطبيعية، ما تناسب مع محدودية الطلب على الغذاء آنذاك، ومع مرور الوقت وارتفاع النمو السكاني من جهة، ودخول الانتاج الزراعي في كثير من الصناعات الأخرى من جهة اخرى، جعل الانتاج الزراعي غير قادر على تلبية احتياجات الشعوب من الغذاء ، لكن مع التطورات التقنية الهائلة ودخول عالم الثورة الرقمية والذكاء الاصطناعي اصبح ممكنا تحسين كفاءة القطاع الزراعي .

نتيجة لذلك، تتجه الآراء السياسية، الاقتصادية، العلمية وحتى الاجتماعية إلى تبني فلسفة الزراعة الرقمية للتخفيف من الأثار السلبية لهذه التغيرات، ومواجهة تدنى مردودية الانتاج الزراعي وتقص الغذاء العالمي، حيث عملت هذه التقنية الجديدة على توفير البيانات والمعلومات ومعالجتها بشكل دقيق ما يتيح اتخاذ القرار بكفاءة وفعالية والذي من شأنه أن يحسن من نوعية الانتاج والإنتاجية على حد سواء، ومن هنا يأتي السؤال ما هي الزراعة الرقمية؟

1.2 تعريف الزراعة الرقمية :

تعددت المصطلحات الدالة على هذا النوع من الزراعة، فبعضهم يعبر عنها بالزراعة الالكترونية(e-agriculture) وبعضهم يعبر عنها بالزراعة الذكية (smart agriculture) في حين أن الغالب يعبر عنها بالزراعة الرقمية (Digital Agriculture) ، ورغم تعدد المصطلحات فان المفهوم واحد، وهو تطبيق التكنولوجيا الرقمية في إدارة سلاسل التوريد والإنتاج الزراعي، بدءا من البذور أو مزرعة الحيوانات الى المستهلك (Advanced Mobile;, 2022) .

تمثل الزراعة الرقمية اسلوبا حديثا من الممارسات الزراعية، يعتمد على تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، بالإضافة إلى بيانات النظم البيئية، بهدف دعم وتطوير تقديم المعلومات والخدمات للمزارعين بشكل دقيق وفي الوقت المناسب. وتسعى هذه الزراعة إلى جعل النشاط الزراعي أكثر ربحية واستدامة من النواحي الاجتماعية، الاقتصادية والبيئية، مع ضمان توفير غذاء آمن، مغذ، وبأسعار مناسبة لجميع الفئات وفي جميع الأوقات (سناجلة، 2021).

بينت بعض الدراسات أن التحول الرقمي سيساهم بنسبة14 % من الناتج المحلى العالمي بحلول 2030 ، والتي تقدر بحوالي15 تريليون دولار ، كما ستلعب دورا أساسيا في الصناعات الزراعية والتي تقدر بحوالي 7,8 تريليون دولار مسؤولة عن توفير الغذاء لسكان الأرض، علاوة عن تشغيل % 40 منهم. (سليمان، 2021، صفحة 117)

2.2 أهمية الزراعة الرقمية:

ان اعتماد الزراعة الرقمية أمر ضروري لما ينتج عنها من آثار إيجابية على الجودة، الكمية، التكلفة والاستدامة، فحسب دراسة أنجزتها حديثا شركة الاستشارات الإستراتيجية وأبحاث السوق (Blue weave consulting) عن أن قيمة السوق العالمية للزراعة الرقمية بلغت 4770.8 مليون دولار أميركي عام 2020، ومن المتوقع أن تبلغ 10702.3 مليون دولار أميركي بحلول عام 2027، بمعدل نمو

سنوي قدره 12.7%، بسبب زيادة الطلب على الغذاء ،والاستعمال المتزايد للتكنولوجيا في الزراعة، فضلا عن اغتزال الكثير من تكاليف الإنتاج بتطبيق التقنيات الزراعية الحديثة. (سناجلة، 2021).

هدا وتقدم الزراعة الرقمية إمكانات ضخمة لإيجاد حلول اعتمادا على تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، للعديد من المشكلات الزراعية. كما إن تنوع مجالات نشاط تكنولوجيا المعلومات والاتصالات تحفز النمو في القطاعات الأخرى ما ينعس إيجابا على أصحاب المصلحة في القطاع الزراعي. وستسهم استراتيجيات الزراعة الرقمية في ترشيد الموارد (المالية والبشرية) ومعالجة الفرص والتحديات التي تفرضها تكنولوجيا المعلومات والاتصالات داخل القطاع الزراعي بطريقة أكثر فعالية وشمولية، مع توليد مصادر دخل جديدة، وتنمية المجتمع الريفي، بالإضافة الى أن وجود استراتيجية الزراعة الرقمية ومواءمتها مع الخطط الحكومية الأخرى، سيخلق تكاملا عند تنفيذ مشاريع الزراعة الرقمية مع غيرها من المشاريع، (FAO O. , 2023) خاصة وان القطاع الزراعي مرتبط بمختلف القطاعات ويتفاعل معها، وتتمتع الزراعة الرقمية بالقدرة على زيادة الإنتاج من خلال تعزيز الإنتاجية وتسهيل القرارات المتعلقة بها. فضلا عن تحسين كفاءة توزيع الموارد وإدارتها، مع توفير تنبؤ أكثر دقة للتحديات الطبيعية المختلفة. كما تتمتع الزراعة الرقمية بقدرة كبيرة على تحقيق فوائد اجتماعية وثقافية، من خلال تعزيز التخطيط الأكثر شمولية وعدلاً للقطاع العام في مجالات مثل إدارة المناطق الريفية، وتطوير رأس المال البشري، والتعليم، والرعاية الصحية، والإسكان (FAO & Zhejiang University, 2020, p. 1) وبشكل عام يمكن توضيح اهمية الزراعة الرقمية فيما يما يلي:

- **إنتاج أكثر بتكلفة أقل**: ترتفع التكاليف في الزراعة التقليدية عنها في الزراعة الرقمية بسبب تطلبها تهيئة التربة والبذور، استخدام الأسمدة لـ لمتخصيب، واستعمال المبيدات الحشرية لمكافحة الآفات والأمراض، وصولًا إلى مرحلة الحصاد، حيث تستهلك الأسمدة والمبيدات على سبيل المثال جزءا كبيرا من الاستثمار الزراعي. فقد ارتفع الإنفاق على التخصيب في الولايات المتحدة من 8.6 مليارات دولار عام 1985 إلى 23.5 مليار دولار عام 2016. وتوصلت دراسة قامت بها مؤسسة "خدمات البحوث الاقتصادية **Economic Research Services**) (**ERS**) لمصلحة وزارة الزراعة الأميركية، أن الاعتماد على التقنيات الرقمية مثل تقنية "خرائط المحصول– (**yield mapping**) " المتمثلة في جمع بيانات عن إنتاجية المحاصيل في بيئات جغرافية مختلفة لتحديد أكثرها إنتاجا لمنتج غذائي معين. أو دمجها مع تقنية معدل التغير –(**VRT**) (**variable–rate technology**) ساهم في توفير 25 دولارا للفدان الواحد. وأوضحت الدراسة أن نسبة التوفير باستخدام التقنيات الرقمية في الزراعة، تبلغ 4.5% من تكلفة الإنتاج بالطرائق التقليدية، وهذا سيبهم في انخفاض أسعار المنتجات الغذائية. (سناجلة، 2021)

- **الزراعة الرقمية تحمي البيئة**: إلى جانب التوفير الكبير في التكاليف وزيادة معدلات الإنتاج، تلعب الزراعة الرقمية دورا مهما في حماية البيئة. فعلى عكس الزراعة التقليدية المساهم في التغير المناخي العالمي حيث تشير دراسة صادرة عن المجموعة الاستشارية للبحوث الزراعية الدولية (**CGIAR**) إلى أن النظام الغذائي العالمي – من تصنيع الأسمدة وتطبيقها على التربة إلى تخزين المنتجات الزراعية وتغليفها – مسؤول عن أكثر من ثلث إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة على مستوى العالم. ووفقًا لتقديرات المنتدى الاقتصادي العالمي، فإن

تطبيق تقنيات الزراعة الرقمية في 15 إلى 20% فقط من المزارع حول العالم من شأنه أن يزيد الإنتاج الغذائي بنسبة تتراوح بين 10 و15%، ويخفض الانبعاثات الضارة بنسبة 10%، ويوفر ما يقارب 20% من المياه المستخدمة في العمليات الزراعية. كل هذه الفوائد تعزز من التوجه العالمي المتنامي على الزراعة الرقمية، التي يتوقع أن تصبح قريبا النموذج السائد. (سناجلة، 2021)

3 المحور الثاني: دور تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تطوير الزراعة ودعم التنمية الزراعية

يهدف هذا المحور بيان الدور الحيوي الذي يؤديه الذكاء الاصطناعي في دعم وتحقيق التنمية الزراعية بمفهومها الشامل. وقبل الخوض في تفاصيل هذا الدور، من الضروري أولًا توضيح مفهومي "الذكاء الاصطناعي" و"التنمية الزراعية"، وذلك لتوفير أساس معرفي واضح يَمكّن من فهم كيفية توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في مواجهة التحديات الزراعية، تحسين الإنتاجية، وتعزيز الاستدامة البيئية والاقتصادية في هذا القطاع الحيوي.

1.3 التأصيل النظري لمفهوم الذكاء الاصطناعي:

يعدّ الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence – AI) من أبرز المفاهيم المعاصرة التي حظيت باهتمام واسع في الأوساط الأكاديمية، العلمية، والبحثية، باختلاف تخصصاتها. وعلى الرغم من أن هذا المجال يرتبط في الأصل بعلوم الحاسوب والتقنيات الرقمية، فقد تجاوز نطاقه الاصلي ليحتوي مجموعة واسعة من القطاعات مثل السياسة، الأمن والدفاع، الترفيه، الرياضة، الصحة، والزراعة، وغيرها. وقد استفادت هذه القطاعات من الإمكانيات الهائلة التي توفرها تقنيات الذكاء الاصطناعي، خاصة في مجالات جمع البيانات، تحليلها، واستخلاص الأنماط الدقيقة لدعم اتخاذ القرار. ويثار في هذا السياق السؤال الجوهري التالي: **ما هو الذكاء الاصطناعي؟**

للإجابة عن السؤال السابق، لا بد من العودة إلى الجذور النظرية لهذا المفهوم وتتبع تطوره في الأدبيات العلمية. فالذكاء الاصطناعي هو أداة تقنية تُحاكي افتراضيا العمليات العقلية البشرية جمع المعلومات، تحليلها، تفسير الظواهر، والتفاعل معها فإذا كان العقل البشري هو مركز العمليات الإدراكية والتفكيرية لدى الإنسان، فإن الذكاء الاصطناعي يسعى إلى تمكين الآلات من أداء هذه الوظائف من خلال مراكز إدراكية تقنية تُحاكي آليات التفكير والإدراك البشري.

ويتميز الذكاء الاصطناعي بقدرته على المعالجة السريعة لكمٍ هائل من البيانات في وقت قصير، إلى جانب قدراته على التعلّم الذاتي والتطور المستمر. ولهذا، ينظر اليه كمفهوم شامل يجمع تحت مظلته مجموعة متنوعة من التطبيقات والتقنيات الرقمية الحديثة التي تعتمد على تحليل البيانات لدعم اتخاذ القرار. ومن بين أبرز هذه التقنيات: أنظمة الحاسوب الذكية، الشبكات العصبية الاصطناعية (Neural Networks)، المنطق الضبابي(Fuzzy Logic) ، الروبوتات، والأنظمة الخبيرة(Expert Systems) ،... وغيرها.

وبوجه عام، يعرف الذكاء الاصطناعي بأنه جهد منظم لتطوير نظم معلومات محوسبة قادرة على التصرف والتفكير بطريقة تحاكي الذكاء البشري. إذ يمكن لهذه النظم أن تتعلم اللغات الطبيعية، وتنجز مهاما عملية بتنسيق دقيق، كما تستخدم الصور والأشكال الإدراكية لترشيد السلوك العملي، فضلًا عن قدرتها على تخزين الخبرات والمعارف الإنسانية المتراكمة واستثمارها في دعم عملية اتخاذ القرار (عثامنية،

2019، ص. 13). وحتى توصف أي منظومة بالذكاء الاصطناعي، ينبغي أن تتوفر فيها ثلاث خصائص أساسية كما أشار إلى ذلك البرعي (2022، ص. 24–25)، وسنستعرض هذه الخصائص فيما يلي:

- **القدرة على التعلم الذاتي**: وتتمثل في قدرة النظام على التعلم من خلال التجارب السابقة، والاستفادة من البيانات المتاحة لاكتساب معارف جديدة، إلى جانب صياغة قواعد خاصة بكيفية استخدام تلك المعارف في المستقبل.
- **تحليل البيانات وبناء العلاقات** :حيث يقوم النظام بجمع المعلومات والبيانات، ثم معالجتها وتحليلها للكشف عن العلاقات والأنماط الموجودة بينها، بهدف توظيفها بطريقة فعالة في مختلف السياقات؛
- **اتخاذ القرار بناء على التحليل** :إذ يمتلك النظام القدرة على إصدار قرارات دقيقة ومدروسة، تستند إلى ما تم تحليله من بيانات سابقة، مما يعزز من كفاءة الأداء واتساقه مع الأهداف المرجوة.

2.3 التأصيل النظري لمفهوم التنمية الزراعية:

يعدّ القطاع الزراعي من أهم القطاعات الحيوية و الاستراتيجية التي تحظى باهتمام كبير من قبل الدول، نظراً لدوره المحوري في دعم الاقتصاديات الوطنية . فهو يسهم بشكل فعال في تحقيق النمو الاقتصادي، وتوفير فرص العمل، والحد من معدلات البطالة، إضافة إلى دوره في تحسين مستوى معيشة الأفراد. كما يعد وسيلة لتحقيق الاكتفاء الذاتي من المنتجات الغذائية وتقليل التبعية والاعتماد على الاستيراد، مما يعزز من استقلالية القرار الاقتصادي. وانطلاقاً من هذه الأهمية، أصبحت التنمية الزراعية من أبرز التحديات التي تواجه اقتصاديات الدول في مختلف أنحاء العالم.

تعتبر التنمية الزراعية من المفاهيم واسعة الاهتمام، فتنوعت تعاريفها بتنوع الجهات والمنظمات العلمية والحكومية. فنجد من يعرفها بأنها عملية تحويل وتطوير القطاع الزراعي في مختلف المناطق الجغرافية وعبر أزمنة متنوعة، استنادا على سياسات تنموية تتخذها المنظمات غير الحكومية والمؤسسات الدولية التي تضطلع بتمويل وتنفيذ المشاريع الزراعية التنموية (طالبي و صالحي، 2015، صفحة 213). بينما ترى **لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا (ESCWA)** أن التنمية الزراعية هي برنامج تنموي يهدف إلى رفع كفاءة استخدام الموارد، وتعزيز قدرة الأنظمة الزراعية على مواجهة تغيرات المناخ، مع تحقيق العدالة والمسؤولية الاجتماعية داخل القطاع الزراعي وعلى مستوى النظم الغذائية، بما يضمن الأمن الغذائي والتغذية السليمة حاليا ومستقبلاً". ووفقاً لتعريف **المنظمة العربية للتنمية الزراعية**، فهي إدارة الموارد الطبيعية وصيانتها بأسلوب يضمن تلبية الاحتياجات الإنسانية الراهنة والمستقبلية على حد سواء.

ومن منظور أكثر شمولية، تُعرف التنمية الزراعية والريفية المستدامة بأنها عملية متكاملة تهدف إلى تحقيق مجموعة من الأهداف الاستراتيجية التي وردت في تقرير المنظمة العربية للتنمية الزراعية، وتتمثل في ما يلي: (aoad, 2007)

- **ضمان تلبية الاحتياجات الغذائية الأساسية** للأجيال الحالية والقادمة، إلى جانب إنتاج وتوفير منتجات زراعية أخرى تلبي متطلبات المجتمع.

- **توفير فرص عمل مستدامة** وتحقيق دخل كاف يضمن بيئة عمل مناسبة وحياة كريمة لجميع العاملين في القطاع الزراعي.
- **حفظ القدرات الإنتاجية للموارد الطبيعية والموارد المتجددة**: العمل على تنميتها قدر المستطاع، مع الحفاظ على التوازن البيئي والدورات الإيكولوجية ، وتفادي الأضرار التي قد تمس الموروثات الاجتماعية والثقافية للمجتمعات الريفية أو تَلحق الضرر بالبيئة.
- **الحد من هشاشة القطاع الزراعي** تجاه العوامل الطبيعية والاقتصادية السلبية، من خلال تعزيز قدرته على الصمود والاعتماد على الذات، مما يساهم في الحد من الآثار السلبية وتحقيق تنمية زراعية مستدامة.

3.3 أهمية تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تنمية الانتاج الزراعي

كما أُشير سابقًا، فإن تطبيقات الذكاء الاصطناعي لم تقتصر على قطاعٍ واحد، بل امتدت لتشمل العديد من القطاعات الحيوية والاستراتيجية، التي منها القطاع الزراعي. فقد تم توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في مختلف مراحل وأنشطة الإنتاج الزراعي، مثل دراسة المناخ، والتحليل البيولوجي، والإنتاج النباتي والحيواني، والتسويق الزراعي، وغيرها من المجالات ذات الصلة.

وتَستخدم في هذا السياق تقنيات متقدمة كالتعلّم الآلي، وأجهزة الاستشعار الذكية، ومعالجة الصور، ورؤية الحاسوب، بالإضافة إلى الأنظمة الخبيرة التي تساعد في حل المشكلات الزراعية المعقدة. ويكمن الهدف الأساسي من إدماج الذكاء الاصطناعي في العمليات الزراعية في **تحسين جودة الإنتاج، وزيادة الكفاءة والإنتاجية، وتحقيق الاستدامة البيئية** .ومن الجدير بالذكر أن الذكاء الاصطناعي يرافق العملية الزراعية منذ مراحلها الأولى، بدءا من التخطيط والبذر، مرورا بالرعاية والمتابعة، وصولًا إلى ما بعد الحصاد والتخزين والتسويق.

شهدت الزراعة في عصر الذكاء الاصطناعي تحولات جذيرية لتصبح زراعة دقيقة ذات كفاءة عالية من خلال توفير التوجيه المناسب للمزارعين حول الزراعة المثلى، وإدارة المياه، والحصاد في الوقت المناسب وغيرها... ومن خلال توظيف خوارزميات التعلّم الآلي لتحليل الصور الملتقطة عبر الأقمار الاصطناعية والطائرات بدون طيار، تتيح تقنيات الذكاء الاصطناعي إمكانية التنبؤ بحالة الطقس، وتقييم استدامة المحاصيل، وتحليل حالة تغذية النباتات، ورصد الأمراض والآفات الزراعية بدقة. كما تتيح هذه التقنيات بيانات بيئية دقيقة تشمل درجة الحرارة، معدلات هطول الأمطار، سرعة الرياح، وحتى مستويات الإشعاع الشمسي. ولا يقتصر دور الذكاء الاصطناعي على أتمتة العمليات الزراعية فحسب، بل يتعداه إلى توفير الزراعة الدقيقة، التي تهدف إلى تحسين جودة المحاصيل، وزيادة الإنتاج باستخدام موارد أقل (معاذ، 2020). وتتوفر العديد من التقنيات والتطبيقات التي يمكن اعتمادها في الانتاج الزراعي التي منها:

- **تكنولوجيا تربية الماشية/ التكنولوجيا لمراقبة الأبقار**: يعدّ قطاع تربية الماشية من القطاعات الحيوية التي كثيرا ما يتم إغفالها أو التقليل من شأنها، رغم أهميته الكبرى في توفير موارد طبيعية مستديمة يعتمدها الإنسان بشكل يومي. فإدارة الثروة الحيوانية هي سيرورة الإشراف على العمليات التشغيلية في مزارع الأبقار، والدواجن، والألبان وغيرها، مع ضرورة الحفاظ على سجلات مالية دقيقة، وضمان تغذية الحيوانات ورعايتها الصحية، إلى جانب إدارة الموارد البشرية في هذه المزارع. غير أن التحولات التكنولوجية الأخيرة أحدثت نقلة

نوعية في إدارة هذه الشعبة الإستراتيجية ، إذ أصبحت عملية تتبع الماشية ومراقبتها أكثر دقة وسهولة بفضل الابتكارات الحديثة. ومن أبرز المفاهيم التي ظهرت في هذا السياق مفهوم "البقرة المتصلة"، وهو مفهوم يعكس اعتماد المزارع الحديثة على أجهزة استشعار متطورة تثبت على الأبقار لمتابعة حالتها الصحية وسلوكها اليومي، مما يسهم في تحسين الإنتاجية وتوفير رؤى دقيقة قائمة على البيانات.

تعمل هذه الادوات على جمع وتحليل بيانات متعلقة بصحة الحيوانات وحركتها، لمساعدة أصحاب المزارع على اتخاذ القرارات بكفاءة وفعالية. والتي منها إدارة القطيع وتحسين أدائه. إلى جانب ذلك، برز علم "الجينوم الحيواني" كتقنية استراتيجية في تربية الماشية، إذ تعنى بدراسة الخريطة الجينية للحيوان وكيفية تفاعل الجينات فيما بينها وتأثيرها على النمو والتطور. ومن خلال هذه التحليلات، يستطيع المنتجون تقييم المخاطر الجينية، وتحديد السمات الوراثية التي تضمن ربحية عالية وجودة إنتاج محسنة مستقبلا. وبهذا، يمكن القول إن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في قطاع الثروة الحيوانية لاستشعار الحيوي والتحليل الجيني يسهم بشكل كبير في تعزيز الإنتاجية، وتحسين جودة الحيوانات، ورفع الكفاءة الإدارة الزراعية (طارق، 2019)

- **أنظمة الرصد والمراقبة للمحاصيل والتربة:** يمكن اعتماد العديد من التقنيات المرتبطة بأنظمة الرصد الذكية في المجال الزراعي والمتمثلة في:

- **الأقمار الاصطناعية:** تستخدم الأقمار الصناعية في مراقبة المحاصيل عن بعد، مما يساهم في توفير التكلفة الزمنية والمالية، بشكل. فيمكن دمج هذه التكنولوجيا مع أجهزة استشعار خاصة بالتربة، المياه والمحاصيل، حيث ترسل إشعارات عند حدوث أي خلل في الموارد أو خطر يهدد المحاصيل. كما تستخدم الأقمار الصناعية أيضا في التنبؤ بالطقس، الامر الذي يساعد المزارعين في تحديد مواعيد الزراعة والحصاد

- **الشبكات العصبية:** تعتبر الشبكات العصبية من أبرز التقنيات المستخدمة في الزراعة والبيئة. من بينها خوارزمية آلة المتجهات الداعمة(SVM) ، التي تستخدم بشكل رئيسي للتصنيف والتجميع، والتنبؤ بالمحاصيل وجودتها، منا تعتمد ايضا مجال إنتاج الماشية. كما يتم استخدام خوارزمية التجميع بالمتوسطات، وهي من أشهر الخوارزميات الوصفية غير الموجهة، التي تقوم بتقسيم البيانات بناء على خصائصها إلى مجموعات ذات عدد معين(K) ، بحيث تحتوي كل مجموعة على عناصر متشابهة (ذكاء، 2023)

- **شبكات بايزي:** تمثل هذه الـ شبكات النماذج الرسومية الاحتمالية التي تستخدم لبناء نماذج من البيانات ورأي الخبراء، وتستخدم هذه الشبكات في العديد من المهام مثل التنبؤ والكشف عن البيانات الشاذة، التنبؤ بالسلاسل الزمنية، واتخاذ القرارات في ظروف عدم اليقين (ذكاء، 2023)

- **إنترنت الأشياء"The Internet of things** : ان أعظم الإنجازات التي حققتها التكنولوجيا في مجال الزراعة هي دخول أجهزة إنترنت الأشياء(IoT) ، التي توفر رؤية شاملة للمزارع من خلال قياس مختلف العوامل مثل نوعية التربة، مستوى الرطوبة، وشدة الرياح. حيث تساعد هذه التقنيات المزارعين في اتخاذ قرارات قائمة على بيانات دقيقة، مما يساهم في زيادة الإنتاجية بنسبة تتراوح بين 56% و 118%. ويمكن تلخيص أهمية اعتماد تقنية إنترنت الأشياء في الزراعة في النقاط التالية (الراوي، 2020):

✓ **صحة التربة:** توفر إنترنت الأشياء أجهزة قادرة على مراقبة مستويات المغذيات في التربة، ما يعطي للمزارعين رؤى شاملة ودقيقة حول موعد ومكان الزراعة، لبلوغ أقصى العوائد وتجنب الهدر.

✓ **الحصاد الأمثل:** يمكن لأجهزة استشعار الهواء المثبتة على الطائرات بدون طيار تزويد المزارعين برؤى في الوقت الحقيقي حول الظروف الجوية المثلى للزراعة والحصاد. هذا يعزز كفاءة الإنتاج الزراعي ويزيد من الإنتاجية.

✓ **الوقاية من المرض:** أجهزة الاستشعار ل (IoT) قادرة على تقديم ملاحظات أنية على صحة النبات والمحاصيل، الامر الذي يقود إلى توفير الوقت ويعزز الوقاية قبل انتشار المرض.

✓ **مكافحة الحشائش الضارة:** مكافحة الحشائش والطفيليات الضارة أولوية قصوى للمزارعين خاصو مع ارتفاع نسبة مقاومة النباتات للمبيدات، حيث تكلف الأعشاب الضارة المزارعين خسائر سنوية قدرت ب 43 مليار دولار. لهذا يلجأ المزارعين الى الاستعانة بالروبوتات لإيجاد طرق أكثر فعالية لحماية محاصيلهم، وعادة ما تقضي هذه التقنية بنحو 80% من المواد الكيميائية التي ترش على المحاصيل ويمكن أن تقلل تكاليف مبيدات الأعشاب بنحو 90%.

- **سلاسل Blockchain:** تقنية البلوكتشين هي نظام معلومات مشفر يعتمد على قاعدة بيانات لامركزية، بحيث تكون المعلومات موزعة على جميع الأجهزة المتصلة بالشبكة، فتسجيل جميع البيانات وتعديلاتها، يتطلب موافقة جميع الأطراف ذات الصلة (بوشلاغم و دشرة ، 2022، الصفحات 651-652) ، ويمكن تمثيل البلوك تشين في المجال الزراعي بمتابعة سجل رحلة الغذاء من المزرعة إلى المائدة عند المستهلك، اذ يتم تتبع كل مرحلة في السلسلة في الوقت الفعلي، مما يسهم في الحد والتقليل من الفاقد والتبذير، وتحسين إدارة الإمدادات من خلال تحديد المناطق ذات الحاجة الاكبر. (الراوي، 2020) كما يمكن ان يساهم تطبيق هذه التقنية في القطاع الزراعي من (بوشلاغم و دشرة ، 2022، الصفحات 661-662):

✓ **تحسين كفاءة إدارة سلاسل الإمدادات الزراعية:** يسمح تطبيق تقنية البلوكتشين في سلاسل الإمدادات الزراعية ببناء قاعدة بيانات رقمية، قادة على تسجل وتتتبع المعاملات المتعلقة بالأصول المادية والرقمية. كما أنهّا وفر هذه التقنية إمكانية تحسين جودة المعاملات، مما يعزز كل عملية داخل سلسلة الإمدادات الزراعية من البداية وحتى النهاية.

✓ **ضمان روابط إنتاج تجهيز ثابتة غير قابلة للتغيير:** توفر تكنولوجيات البلوكتشين منصة رقمية متكاملة للتتبع سلاسل الإمدادات الزراعية فيتم تتبع المصدر وضمان جودة المنتجات الزراعية، فتصبح الرقابة التنظيمية أسهل، حيث يمكن تتبع وتسجيل حركة المنتج على امتداد كل مرحلة في سلسلة الإمدادات، هذا يساهم في تعزيز المساءلة القانونية عن السلوك الاحتيالي فيما يخص أصالة المنتج.

✓ **ضمان سلامة الأغذية الزراعية:** تمكن البلوكتشين من تحقيق الشفافية من خلال تسجيل كافة تفاصيل عملية إنتاج وتجهيز المنتجات الزراعية. مما يضمن الامتثال للمعايير الغذائية ومعايير الاستدامة، كما توفر البيانات المتعلقة بجودة المنتجات مثل النضارة، السلامة، المؤشرات الجغرافية، وكذلك سلامة الصحة وإدارة المخاطر. يمكن أيضا تتبع استدامة الإنتاج العضوي أو التجارة العادلة، مما يعزز الثقة في سلامة الغذاء .

✓ **تسهيل الخدمات المالية لسلاسل القيمة الزراعية:** تساهم تكنولوجيا البلوكتشين في تقليل تكاليف الاحتكاك وزيادة إمكانية الوصول إلى التمويل لسلسلة القيمة الزراعية. فهذا مفيدا جدا خصوصا لأصحاب الحيازات الصغيرة والشركات المصغرة ، الصغيرة والمتوسطة، حيث يمكنهم الحصول على التمويل بسهولة أكبر بفضل الشفافية والموثوقية التي توفرها هذه التقنية.

معدات البذر والجني المدعومة بالذكاء الاصطناعي: شهد هذا المجال الكثير من الابداعات والابتكارات، سنستعرض فيما يلي أبرزها وأكثرها تأثيرا في تطوير وتحسين القطاع الزراعي (الراوي، 2020):

- **الروبوتات الزراعية:** تعمل الشركات على تطوير وبرمجة الروبوتات المستقلة لأداء المهام الزراعية الأساسية مثل جني المحاصيل بكميات أكبر وبسرعة تفوق سرعة العمال العاديين، بالإضافة إلى مراقبة حالة المحاصيل والتربة بشكل مستمر.
- **آلات جني المحاصيل:** مع توقعات انخفاض العمال في الانتاج بنسبة 6% بين عامي 2014-2024. تم تطوير روبوت قادرة على تعويض هذا النقص إذ يمكن استبدال 30 عاملًا بشريا بروبوت واحد، ما يرفع من الحد من مشكلة نقص اليد العاملة من جهة والرفع من كفاءة الجني من جهة اخرى.
- **الجرارات ذاتية القيادة:** يعتبر استخدام الجرارات الذكية نقلة نوعية في الزراعة، حيث تساعد على تنفيذ مهام الحراثة وزرع البذور بدقة وعلى مسافات متساوية.
- **الطائرات بدون طيارDrones:** يتوقع أن يرتفع يصل حجم سوق الطائرات بدون طيار في القطاع الزراعي إلى 480 مليون دولار سنة2027، ورغم أن استخدامها بدأ في الثمانينيات من القرن الماضي، الا ان اعتمادها توسع بشكل كبير في الأعوام الماضية. إذ تستخدم في مراقبة المحاصيل والحقول، رش المبيدات وحتى تلقيح الأشجار بكفاءة عالية.

أساليب تكنولوجية حديثة خاصة بالزراعة والري: يمكن توضيح أهم تقنيات الزراعية الحديثة في النقاط التالية:

- **الزراعة الرأسية أو العمودية:** الزراعة الرأسية الداخلية هي ذلك النوع من الزرعة القائم على زراعة المنتجات مكدسة عموديا فوق بعضها البعض في محيط مغلق، فهي لا تتطلب تربة للزرع وعادة ما تكون نباتات مائية حيث ترش الجذور بانتظام بالماء والمواد الغذائية، ويرتبط هذا النوع من الزراعة في المدن الحضرية بالنظر الى محدودية المساحة فيها، لا يمكن تنفيذ هذا النوع من الزراعة بكفاءة دون الاعتماد الكبير على التكنولوجيا، التي تلعب دورا محوريا في مراقبة نمو النباتات، وضبط مستويات الضوء والرطوبة، وغيرها من العوامل البيئية الدقيقة التي يصعب التحكم فيها يدويا (الراوي، 2020)
- **المحميات الزراعية الحديثة الدفيئات الزراعية (greenhouse)** وهي هياكل زجاجيةٌ مخصصة لحماية المحاصيل من العوامل البيئة الخارجية مثل المطر، الرياح، درجات الحرارة، والآفات. في نسختها المتطورة، تُجهز الدفيئات الزراعية بخوارزميات التحكم بالمحركات والمستشعرات، مثل الري والتدفئة والإضاءة، لتوفير المناخ المثالي، وتحسين إنتاج المحاصيل اعتمادا على البيانات المجمعة. كما تستخدم مصابيح **LED** وأنظمة تحكم آلية لتوفير إضاءة مناسبة وتكييف البيئة الداخلية بما يتلاءم مع متطلبات النباتات (ذكاء، 2023).

- **استخدام تقنية الزراعة الدقيقة (الحمض النووي او الهندسة الوراثية)**: تقوم هذه لتقنية على التحكم في الجينات الوراثية للنباتات، بهدف ازالة الجينات المسببة الأمراض من جهة أو تسريع عملية النمو من جه اخرى، لم يكن من الممكن تطوير هذه التقنية لولا التقدم الهائل في المجاهر الإلكترونية وتقنيات الحقن المجهري.
- **تقنيات الري الحديثة:** يعتبر الري من الأنشطة الزراعية التي شهدت تطورا ملحوظًا بفضل التكنولوجيا الحديثة، فقد انتقلت من الطرق التقليدية القائمة على مياه الأمطار إلى استخدام أساليب وتقنيات حديقة متقدمة. وتَصنّف اهم تقنيات الري الحديثة في ثلاث طرق وهي : الري بالتنقيط، الري بالرش، والري بالفقاعات (البلر). وتعتمد هذه الأنظمة على توزيع مياه الري (سواء تحت أو فوق سطح التربة) عبر شبكة من الأنابيب، بعد رفعها باستخدام المضخات، لتصل مباشرة إلى كل نبتة أو شجرة من خلال المنقطات أو الفقاعات أو الرشاشات (paaf, n.d.).

– **نظام الري بالتنقيط:** يقصد به توزيع مياه الري من خلال المنقطات على النباتات بكميات مناسبة وبطريقة سلسة على هيئة نقط منفصلة أو متواصلة، تتميز هذه الطريقة بإمكانيه استخدامها لري جميع أنواع النباتات بالإضافة إلى زيادة الإنتاج والتحكم في كميات المياه والاسمدة، كما تحد من نمو النباتات الضارة، إضافة الى استخدامها في عمليات التسميد الكيماوي .

– **الري بالرش:** يعد هذا النظام وسيلة لإيصال المياه إلى النباتات على شكل رذاذ ناتج يشبه قطرات المطر من خلال الية تدفق المياه عبر فتحات الرشاشات تحت ضغط دقيق، فيغطي الرذاذ كامل المساحة المزروعة. ويمكن تنفيذ هذه التقنية بخطوط مستقيمة أو على شكل دائري. ويستخدم غالبا لري المسطحات الخضراء وأحواض الزهور. من أبرز مزاياه أنه لا يتطلب عناية خاصة لفلترة أو تنقية المياه، كما يسهم في تلطيف درجة الحرارة المحيطة، مما يهيئ بيئة مناسبة لنمو النباتات. وتوجد عدة أنماط للري بالرش، من أبرزها ما ذكره (ملكاوي، 2022):

- ✓ **نظام الري بالرش المحوري:** يعتمد هذا النظام على خط أنابيب واحد مزود بعدد من الرشاشات المتحركة، يتراوح ارتفاعها عن سطح الأرض بين 2 إلى 4 أمتار، وتحتوي على فتحات صغيرة وكبيرة تَنتج رذاذًا يغطي مساحة دائرية واسعة من المزروعات.
- ✓ **نظام الري بالرش اليدوي:** يستخدم هذا النظام مجموعة من الرشاشات المائية التي يمكن نقلها يدويا من مكان لآخر، وتَوصل بأنبوب رئيسي يضخ الماء. يستخدم غالبا في الحقول الصغيرة وغير المنتظمة الشكل.
- ✓ **نظام الري بالرش الثابت** والذي يتكون من رشاشات ثابتة متصلة بشبكة من أنابيب المياه، وغالبا ما تَدفن هذه الأنابيب في التربة مع إبقاء الرشاشات ظاهرة فوق سطح الأرض.
- ✓ **نظام الري بالرش المتنقل:** حيث يعتمد هذا النظام على رشاشات مياه كبيرة متحركة التي يصلها الماء بواسطة خرطوم مرن، ويتم ادارتها من خلال عجلة خاصة.
- ✓ **نظام الري عبر العجلة المتدحرجة:** يتم استخدام آلة مزودة بعجلات دائرية تحمل رشاشات مثبتة على أنبوب ماء، ويمكن تحريك كل عجلة أفقيا داخل الحقل لتوزيع المياه.

✓ **نظام الري المستقيم أو الجانبي** يعمل هذا النظام بطريقة مشابهة لنظام الري بالرش المحوري، إلا أن الاختلاف الأساسي يكمن في طريقة توزيع المياه؛ حيث يتم رش الماء بشكل مستقيم بدلاً من الشكل الدائري، مما يجعله مناسبا للمساحات المستطيلة أو المنتظمة في شكله.

– **الري بالفقاعات:** يعد هذا النظام من تقنيات الري الحديثة التي أثبتت فعاليتها بشكل خاص في ري أشجار النخيل والفاكهة، كما يستخدم أيضا في ري أحواض الزهور وأشجار وشجيرات الزينة. ومن أبرز مميزاته قدرته على استخدام المياه ذات الملوحة المتوسطة دون التسبب في أضرار لأوراق الأشجار، مما يجعله خيارا مثاليا في المناطق التي تعاني من محدودية مصادر المياه العذبة. (paaf, n.d.)

4.3 نماذج عن شركات عالمية متخصصة في توفير تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المجال الزراعي:

توجد العديد من الشركات الناشئة التي دخلت بقوة مجال الذكاء الاصطناعي، وبدأت تقدم حلولًا وتقنيات متقدمة تخدم القطاع الزراعي، مما يَمكّن المزارعين والفلاحين من الاستفادة من خدماتها لتحسين الإنتاج وكفاءة العمل. ومن أبرز هذه الشركات نذكر ما يلي:

شركة VineView : تعتبر من بين أكثر الشركات الكندية ابتكارا في مجال التكنولوجيا الزراعية، إذ تركز على تمكين المزارعين من إدارة محاصيلهم بشكل أكثر ذكاء واستدامة. تسعى VineViewإلى تقليل الأثر البيئي للأنشطة الزراعية مع تعزيز جودة المحاصيل ورفع كفاءة الإنتاج. وتعتمد الشركة على مزيج متقدم من الطائرات بدون طيار، وأجهزة الاستشعار، وخوارزميات تحليل الصور المستندة إلى الحوسبة السحابية .على سبيل المثال، في مزارع العنب، يمكن للمزارعين برمجة مسار الطائرات دون طيار لتقوم بجمع بيانات دقيقة عن الحقول، ثم تَرسل هذه البيانات تلقائيا إلى خوادم سحابية حيث تُحلّل باستخدام خوارزميات مخصصة. تَركز التحليلات على تقييم صحة أوراق العنب، باعتبارها مؤشرا أوليا لظهور أمراض مثل العفن أو العدوى البكتيرية. ومن خلال هذه البيانات، يتم تقديم تقارير مفصلة تساعد في اتخاذ قرارات دقيقة وسريعة بشأن العناية بالنباتات.علاوة على ذلك، تتيح أجهزة الاستشعار المعتمدة على الذكاء الاصطناعي للشركة الكشف عن الأعشاب الضارة بدقة، ومن ثم استهدافها بمبيدات مناسبة ضمن نطاق محدد، دون الحاجة إلى رش المحصول بأكمله. هذا النهج يسهم في خفض التكاليف، تقليل التلوث الكيميائي، وتعزيز سلامة الغذاء. (ذكاء، 2023)

شركة PEAT: هي شركة ناشئة ألمانية متخصصة في التكنولوجيا الزراعية، وقد طورت تطبيقًا مبتكرا يدعى Plantix، يعتمد على الذكاء الاصطناعي لمراقبة حالة التربة والمحاصيل بهدف الحفاظ على جودتها وسلامتها. يركز تطبيق Plantix على اكتشاف العيوب المحتملة ونقص المغذيات في التربة، إلى جانب تشخيص الآفات والأمراض النباتية. ويقوم بذلك من خلال تحليل أنماط أوراق النباتات، حيث تستخدم خوارزميات ذكية تربط بين شكل الأوراق والتغيرات التي تشير إلى مشكلات محددة في التربة أو تعرض النباتات لأمراض معينة. ما يميز هذا التطبيق هو أنه يَمكّن المستخدمين من التقاط صور لأوراق النباتات باستخدام كاميرا الهاتف الذكي، ليقوم النظام بتحليلها فورا وتقديم تشخيص دقيق للمشكلة مع نصائح عملية وحلول مقترحة لمعالجتها، ما يتيح للمزارعين اتخاذ قرارات فورية ومدروسة لتحسين إنتاجهم وتقليل الخسائر.

- **شركة *(Acres Farms80*** تعد الشركة من اهم ا لشركات الرائدة عالميا في مجال الزراعة الداخلية الذكية، ويقع مقرها الرئيسي في ولاية أوهايو بالولايات المتحدة الأمريكية. تمتلك الشركة حاليا سبع منشآت متطورة داخل الولايات المتحدة، وتسعى إلى توسيع نشاطها على المستوى الدولي . وقد سجلت سبقًا تقنيا مهما في عام 2018 من خلال افتتاح أول مرفق زراعي داخلي مؤتمت بالكامل في العالم، حيث يتم توظيف الذكاء الاصطناعي لمراقبة وتحليل كل مرحلة من مراحل نمو النبات. وتعتمد الشركة على تقنيات متقدمة في رؤية الحاسوب لتحليل تطور الأوراق النباتية، واكتشاف أي مؤشرات لنقص المغذيات أو أمراض مثل النخر. كما تستخدم أنظمة إضاءة LED الذكية لتنظيم عمليات التمثيل الضوئي داخل البيئات الزراعية المغلقة، مما يضمن نمواً أسرع للمحاصيل مثل الخس والعنب، بالإضافة إلى تحسين المحتوى الغذائي للمحاصيل مقارنة بالزراعة التقليدية (ذكاء، 2023).
- **منصة Taranis** تمثل Taranis إحدى أبرز المنصات الزراعية الحديثة المعتمدة على الذكاء الاصطناعي، حيث توفر للمزارعين مجموعة متكاملة من الخدمات الذكية مثل التحليل الرقمي، الصور عالية الدقة، التقارير الميدانية، والمقارنات الدقيقة بين الحقول الزراعية. وتستند المنصة إلى قاعدة البيانات المتقدمة AgroBrain ، والتي تعد من أكثر قواعد البيانات شمولًا في رصد التهديدات التي تواجه المحاصيل الزراعية، مما يجعل عملية التشخيص أكثر دقة، ويعزز قدرة المزارعين على اتخاذ قرارات استباقية وفعالة ○ (ذكاء، 2023).
- **شبكة GODAN**: تعد *GODAN* (البيانات العالمية المفتوحة حول الزراعة والتغذية) شبكة دولية تضم أكثر من 1000 جهة من المبتكرين والمؤسسات والباحثين المهتمين بتسخير البيانات المفتوحة لخدمة الزراعة المستدامة. تهدف الشبكة إلى تعزيز مشاكة وتبادل البيانات الزراعية المفتوحة على المستوى العالمي، مما يسهم في دعم السياسات الغذائية، وتحسين الإنتاج الزراعي، وتعزيز الأمن الغذائي من خلال الاعتماد على البيانات الدقيقة والتقنيات الحديثة (ذكاء، 2023).
- **منصة TensorFlow**: وهي منصة مفتوحة المصدر مطورة من قبل شركةGoogle ، وتستخدم على نطاق واسع في مجالات تعلّم الآلة والذكاء الاصطناعي، بما في ذلك التطبيقات الزراعية الذكية. تتميز المنصة بمرونتها العالية واحتوائها على منظومة بيئية غنية بالأدوات والمكتبات والموارد المجتمعية، كما تدعم العديد من لغات البرمجة وأنظمة التشغيل. تسمح هذه المنصة ببناء نماذج ذكية لتحليل البيانات الزراعية، مثل التعرف على الأمراض النباتية، التنبؤ بالإنتاج، وتحسين إدارة الموارد الزراعية بشكل أكثر كفاءة ودقة (ذكاء، 2023).

الخاتمة:

يشهد العالم اليوم تحولا كبيرا بسبب التطورات التكنولوجية والعلمية، حيث تتميز هذه الحقبة بانتشار واسع للمعرفة التقنية وتسارع الابتكارات التكنولوجية، فقد أصبح حجم المعلومات والمعرفة التي يكتسبها الإنسان يوميا يفوق ما تم تحصيله عبر قرون طويلة من التاريخ البشري. وفي جوهر هذه الثورة، برز الذكاء الاصطناعي (AI) كأحد أهم الإنجازات العلمية التي أحدثت تحولات جذرية في شتى مجالات الحياة، فمن الصناعة والتعليم إلى الصحة والاقتصاد، مرورا بالقطاع الزراعي، مما ساهم في إحداث نقلة نوعية، حيث لم يعد الإنتاج الزراعي

يعتمد على الأساليب التقليدية فحسب، بل بات يستند إلى تقنيات ذكية تعزز من كفاءة الأداء الزراعي وجودته فضلا عن مواجهة العديد من التحديات التي طالما واجهت هذا القطاع.

لقد أصبح للتكنولوجيا الرقمية، وعلى رأسها الذكاء الاصطناعي، دور محوري في النهوض بالزراعة من خلال تقديم حلول مبتكرة وعملية لتحديات متجددة، مثل تدني الإنتاجية، التقلبات المناخية، ندرة الموارد المائية، وارتفاع تكاليف التشغيل. وقد أدى هذا التحول إلى بروز مفهوم "الزراعة الرقمية"، وهو نمط حديث من الزراعة يدمج بين التقنيات الذكية وأساليب الإنتاج المستدام، ما جعل من هذا النموذج ضرورة ملحة لمواكبة التحولات البيئية والديموغرافية والاقتصادية الراهنة.

ومن خلال التحليل والدراسة، اتضحت أهمية اعتماد تطبيقات الذكاء ا لاصطناعي في المجال الزراعي، إذ يمكن لهذه التطبيقات أن تَسهم في تحسين جودة وكمية الإنتاج، وتَعزز من قدرة الفلاحين على مواجهة التحديات المناخية، فضلًا عن دعم استدامة العمليات الزراعية. وتُمكّن أدوات الذكاء الاصطناعي من تحليل كميات ضخمة من البيانات الزراعية بدقة عالية، مما يساعد على اتخاذ قرارات استراتيجية أكثر كفاءة وفعالية، سواء فيما يتعلق بتوقيت الزراعة والحصاد، أو في توزيع الموارد، أو في الكشف المبكر عن الآفات والأمراض النباتية.

بناء على ذلك، تتجه السياسات الاقتصادية، والاستراتيجيات العلمية، وحتى الرؤى الاجتماعية نحو تبني تطبيقات وتقنيات الذكاء الاصطناعي ، باعتبارها خيارا استراتيجيا للتقليل من آثار التغيرات المناخية، ولمعالجة ضعف مردودية الإنتاج الزراعي عالميا، ومواجهة التحدي ا لمتنامي المتعلق بالأمن الغذائي. ويعد هذا التوجه جزءا من مسار أوسع لإعادة تشكيل منظومات الإنتاج الزراعي بما يتماشى مع متطلبات الاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية.

ومن خلال هذه الورقة البحثية توصلنا الى النتائج التالية:

- **النتائج المتوصل اليها:**

- تسهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في ترشيد المدخلات الزراعية وتعظيم المخرجات وتعزيز إدارة الموارد الحيوانية والمائية،

- يؤدي اعتماد الذكاء الاصطناعي دورا مهما في تخفيف الأثر البيئي للقطاع الزراعي، من خلال تحسين طرق استغلال المساحات الزراعية، وتقليل الاستعمالات المفرطة للأسمدة والمبيدات الحشرية.

- بفضل تطبيقات الذكاء الاصطناعي اصبح بالإمكان التوقيت الأمثل والكميات الدقيقة اللازمة من الأسمدة والمبيدات، مما يساهم في تجنب الإفراط في استخدامها، وبالتالي تقليل الأضرار البيئية الناتجة عن هذه الممارسات.

- مكن الذكاء الاصطناعي أتمتة العمليات الزراعية بالكامل، مما سهام في تعزيز إنتاج المحاصيل الزراعية من حيث الكمية والجودة. وضبط الاستخدام العقلاني للموارد المتاحة، مثل المياه والطاقة، بالإضافة إلى تحسين استدامة العمليات الزراعية.

- **الاقتراحات:** بعد عرض نتائج الدراسة فيما سبق يمكن تقديم الاقتراحات فيما يلي:

– **استغلال الصحراء في الجزائر وتطبيقات الذكاء الاصطناعي:** يرى العديد من الخبراء أن استغلال الأراضي الصحراوية في الجزائر يمثل عنصرا حاسما في تحسين تصنيف تنافسية البلاد في المؤشر العالمي للأمن الغذائي. وبناء على ذلك، يعتبر من الضروري تبني

تقنيات وتطبيقات الذكاء الاصطناعي لتعزيز الاستثمارات الزراعية وتحقيق كفاءة إنتاجية عالية، مما يسهم في تطوير القطاع الزراعي وتلبية احتياجات السوق المحلي والعالمي.

– **التكوين والتدريب للمزارعين:** تَعد عملية التكوين والتدريب المستمر للمزارعين والعاملين في القطاع الزراعي أمرا بالغ الأهمية. فمن خلال تأهيلهم وتمكينهم من استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بشكل رشيد، يمكن تحقيق استثمار طويل الأمد في هذه التقنيات، مما يعزز استدامة الإنتاج الزراعي ويوفر حلولًا مبتكرة للتحديات التي يواجهها القطاع.

– **الزراعة الرقمية كضرورة ملحة:** تعتبر الزراعة الرقمية إحدى الضرورات الملحة في العصر الحالي، حيث تَساهم بشكل كبير في رفع الإنتاج الزراعي من حيث الكم والنوع. هذه التكنولوجيا توفر حلولًا فعالة للتصدي لمشكلة المجاعة التي تتسع رقعتها يوما بعد يوم. كما تَعد الزراعة الرقمية من الركائز الأساسية لضمان الأمن الغذائي متعدد الأبعاد للدول التي يعتمد اقتصادها بشكل رئيسي على الزراعة.

– **تحفيز القطاع الخاص على تطوير البحث العلمي:** يعد تحفيز القطاع الخاص على تطوير البحث العلمي وإطلاق المشاريع الاستثمارية في مجال الزراعة الرقمية والذكاء الاصطناعي خطوة حيوية للنهوض بالإنتاج الزراعي وتحقيق الأمن الغذائي. من خلال دعم الابتكار والاستثمار في التقنيات الحديثة، يمكن تعزيز القدرة الإنتاجية للقطاع الزراعي، مما يسهم في تحسين الاستدامة الاقتصادية للبلاد على المدى الطويل.

.

3. قائمة المراجع:

- *Advanced Mobile;, G. (2022, 09 30). What is Digital Agriculture and What Are the Benefits? Retrieved 08 30, 2023, from Advanced Mobile Group: https://www.advancedmobilegroup.com/blog/what-is-digital-agriculture-and-what-are-the-benefits*
- *ERSIN , E., NOUR , , M., ZAKWAN , A., AYMEN I , Z., ELDA , C., VARGHESE, G., . . . ZAKI, C. (2023). Artificial Intelligence Technology in theAgricultural Sector: A Systematic Literature Review. IEEE Access, 11, 171-202.*
- *FAO, & Zhejiang University. (2020). Digital Agriculture Forum: Highlights. Hangzhou, China. Rome. doi:https://doi.org/10.4060/cb7517en*
- *FAO, O. (2023). Digital Agriculture Strategy. doi:https://www.fao.org/3/cc6826b/cc6826b.pdf*
- *Li,a , D., Teruaki , N., & Yosuke , C. (2022). A review of smart agriculture and production practices in Japanese large-scale rice farming. The Journal of the Science of Food and Agriculture, 1-12.*

- paaf (بلا تاريخ). الري في الحديقة المنزلية. تاريخ الاسترداد 31 08, 2023، من دولة الكويت الهيئة العامة للشؤن الزراعية و الثروة السمكية: http://website.paaf.gov.kw/paaf/ershad/d112.jsp

- أحمد سعد علي البرعي. (2022). تطبيقات الذكاء الاصطناعي والروبوت من منظور الفقه الإسلامي. مجلة الافتاء المصرية، 14(48)، 12-159.

أشرف عبد الالهي سليمان. (2021). التحول الرقمي في قطاع الزراعة: استشراف رأي مزارعي الخضر في إحدى القرى المصرية. اجمللة العربية للعلوم الزراعية، 4(11)، 113-140.

الدويري, ل ,2023) .حزيران 02 .(دور الذكاء الاصطناعي في تمكين الزراعة من التكيف مع التغير المناخي Consulté le 08 28, 2023, sur . الغد145-https://alghad.com/Section :

المنظمة العربية للتنمية الزراعية .aoad (2007). التقرير السنوي للتنمية الزراعية في الوطن العربي. تاريخ الاسترداد 27 08, 2023، من https://www.aoad.org/devreport2007.pdf

المهاب, ا. ا .(2022) .مساهمة التحول الرقمي للتعليم العالي في تحقيق التنمية المستدامة "نموذج قطاع الزراعة .مجلة جامعة الرازي للعلوم الإدارية الإنسانية , 3(6), 110-128.

أمينة عثامنية. (2019). المفاهيم ألاساسية للذكاء الاصطناعي. تأليف المركزالديمقراطي العربي للدراسات الإستراتيجية والسياسية واالقتصادية، كتاب جماعي بعنوان: تطبيقات الذكاء االصطناعي كتوجه حديث لتعزيز تنافسية منظمات أألعمال. برلين، ألمانيا.

إيناس ملكاوي. (28 06, 2022). ما هي طرق الزراعة الحديثة. تاريخ الاسترداد 31 08, 2023، من موضوع: https://mawdoo3.com

سارة طارق. (10 12, 2019). ما هي طرق الزراعة الحديثة ؟ تاريخ الاسترداد 31 08, 2023، من عالم التكنولوجيا: https://www.tech-mag.net

طالبي , ب & ,.صالحي, س .(2015) .واقع التنمية الزراعية في الجزائر ومؤشرات قياسها .مجلة معهد العلوم الإقتصادية.236-211 ,(1)19 ,

طه الراوي. (2020). دور التكنولوجيا والذكاء الاصطناعي في تطوير الزراعة. تاريخ الاسترداد 26 08, 2023، من نون بوست: https://www.noonpost.com/content/35941/

محمد سناجلة. (2 5, 2021). الزراعة الرقمية تقود مستقبل الإنتاج الغذائي في العالم. تاريخ الاسترداد 30 08, 2023، من الجزيرة: https://www.aljazeera.net/tech/2021/5/2/

محمد معاذ. (12 05, 2020). ما هي استخدامات الذكاء الاصطناعي في الزراعة؟ تاريخ الاسترداد 30 08, 2023، من منصة فهم: https://fihm.ai/

مركز ذكاء. (2023). الذكاء الاصطناعي في الزراعة والبيئة. تم الاسترداد من https://thakaa.sa/library/articles/ai-in-agriculture

نت العربية. (12 10, 2020). كورونا يزيد الاعتماد على الذكاء الاصطناعي في الزراعة. تاريخ الاسترداد 28 08, 2023، من https://www.alarabiya.net/aswaq/companies/2020/10/12

نورالدين بوشلاغم، و منصور دشرة . (2022). تطبيق تقنية سلاسل الكتل" البلوكتشين" في قطاع الزراعة الغذائية فرصة واعدة نحو تحقيق الاستدامة الغذائية. مجلة الدراسات القانونية و الاقتصادية، 5(2)، 649-669.