الذكاء الاصطناعي وتحقيق الاستدامة البيئية في مكافحة الآفات الزراعية

ثريا عبد العباس مالك* أسراء مهدي صالح*
*الجامعة المستنصرية ـ كلية التربية الأساسية ـ قسم العلوم
thurya.edbs@uomustansiriyah.edu.iq israa.mahdee@uomustansiriyah.edu.iq

مستخلص البحث:

أن الاستدامة الزراعية هي توفير احتياجات الإنسان الأساسية من غذاء وكساء وتحسين قاعدة الموارد الداعمة للزراعة لتحقيق توفير الاحتياجات للأجيال القادمة دون نضوبها وتدهورها. يعزز الذكاء الاصطناعي في الزراعة مفهوم الاستدامة والمرونة وذلك من خلال تحسين استخدام موارد الإدارة البيئية اذ يمكن المزارعين من استخدام التطبيقات التي تعمل بالذكاء الاصطناعي لمراقبة مدخلات الحقل من المياه والأسمدة والمبيدات الكيميائية مما يسمح بإجراء تعديلات لعمليات أكثر استدامة بالأضافة الى ذلك يتيح التعرف المبكر على الآفات الزراعية والأمراض وتطبيق أستخدام المبيدات الكيمائية في الآفات الزراعية المستهدفة مما يخفض من استهلاك أستخدام المواد الكيميائية.

يوفر الذكاء الاصطناعي في الزراعة تحديد مبكر وسريع للآفات الزراعية وهذا يؤدي الى الحفاظ على المحاصيل ومنع تلفها وفقدان الأنتاج ويستخدم في الذكاء الاصطناعي تقنية التعرف على الصور لمسح صور المحاصيل بحثاً عن علامات الآفات الزراعية أو الأمراض مما يساعد المزارعين باتخاذ خطوات استباقية في عملية المكافحة كما يقوم بتشخيص التشوهات التى تظهر على النبات باستخدام أجهزة استشعار حديثة ومراقبة مستمرة مما يسمح للمزارعين بالاستجابة للمكافحة وضمان محاصيل أكثر صحة وأعلى انتاجية.

المقدمة :

يُشكّل الضرر الكبير الناجم عن الآفات والأمراض مصدر قلق رئيسي للمزارعين وأن مُسببات أمراض النبات والآفات الحشرية وآفات الأعشاب الضارة تُدمّر أكثر من 40% من إنتاج الغذاء المُمكن سنوياً، ويحدث هذا الضرر على الرغم من استخدام ما يقارب 3 ملايين طن من المبيدات سنوياً وبالإضافة إلى استخدام مجموعة مُتنوعة من وسائل المكافحة غير الكيميائية مثل المكافحة البيولوجية والأساليب الزراعية التي تحمي بعض هذه الأغذية من هجمات الآفات والتى يمكن استخدامها لدعم أكثر من 3 مليارات شخص يُعانون من سوء التغذية في العالم اليوم. وقد طُوّرت مجموعة واسعة من المبيدات الحشرية التقليدية مثل الكاربامات والفوسفات العضوية والبيرثرويدات والكلور العضوي والتي استُخدمت لمكافحة الآفات الحشرية في العقود الأخيرة مما أدى إلى تقليل الخسائر في المحاصيل الزراعية، إلا أن مشاكل المقاومة التى ظهرت على الحشرات والتي وصلت إلى مستويات حرجة والآثار السلبية الشديدة للمبيدات الكيميائية على البيئة والأنسان أدت إلى تشديد البروتوكولات واللوائح للحد من استخدام هذه المبيدات بشكل عشوائي. يبحث قطاع مكافحة الآفات الزراعية باستمرار عن تقنيات ومنتجات جديدة تُحسّن أساليب مكافحة الآفات الزراعية والوقاية منها. ويتمثل الهدف العام أيضًا في الحد من آثار مختلف المبيدات الحشرية المتاحة على البيئة وعلى الكائنات الحية غير المستهدفة (Verma وAgarwal،2020). واجهت الزراعة العديد من المشاكل من خلال الإصابة بالعديد من الآفات الزراعية والتى ظهرت نتيجة للتوسع في الزراعة فقد كان من الضروري تكثيف الزراعة وذلك للزيادة الهائلة في عدد السكان خلال القرن الماضي. وقد تحقق ذلك باستخدام التقنيات الزراعية الجديدة مثل تطوير أنظمة ري مبتكرة توفر كمية أكبر من مياه الري واستخدام الأسمدة عالية النيتروجين والزراعة لمحاصيل جديدة وإدخال أصناف مُحسّنة ومقاومة مما أدى الى تفشي وأنتشار الآفات الزراعية ونتيجة لذلك ادى الأستخدمت المبيدات الزراعية بشكل مفرط

وعشوائي وعودة ظهور الآفات بانتظام بسبب القضاء على الأعداء الطبيعية، وهذا أدى الى الأختلال في النظم البيئية(Kumar وآخرون،2024).ومن خلال الدراسات السابقة يجب معرفة دور الذكاء الأصطناعي في التقليل من أستخدام المبيدات الكيميائية في مكافحة الآفات الزراعية للتقليل من التلوث والمحافظة على البيئة.

الآفات الزراعية :

الآفة هي أي كائن حي يسبب أضراراً للإنسان أو ممتلكاته وتتبع الآفات مدى واسع من الكائنات الحية منها الحشرات والأكاروسات والقواقع والقوارض والنيماتودا والنباتات غير المرغوب فيها (الأدغال) وكذلك الفطريات والبكتيريا والفيروسات والتي تحدث أمراض نباتية وغيرها. قد تكون هذه الآفات مباشرة إذ تهاجم جسم الكائن الحي المُضيف (نباتاً كان أو حيواناً) وتمتص عصارته أو دمه أو تتغذى على أنسجته أما الآفات غير المباشرة وهي التي تقوم بنقل مُسببات الأمراض أو الطفيليات المُسببة للأمراض في بعض الحالات تُسبب الحشرة البالغة الضرر وفي حالات أخرى فأن اليرقات هي التى تسبب الضرر وفي بعض الأحيان تُعتبر الحشرة البالغة واليرقات معاً آفات ضارة وقد تعملان معاً أو بشكل مُنفصل(HilI،1997؛Osei وآخرون،2021).الآفات الزراعية تسبب الضرر بالمحاصيل الزراعية وتنافسها فهي تُسبب انخفاض في كثافة النباتات وتقزم في النمو وانخفاضً في القدرة الإنتاجية للنبات كما تُضعف إنتاجية أو جودة المنتجات الزراعية ومن أبرز الطرق المعروفة لمكافحة الآفات أو التخلص منها وقتلها هي أستخدام المبيدات الكيميائية والتى قد تؤدي الى أحداث أضراراً بيولوجية أو فيزيائية للكائنات الحية الضارة وتستخدم بعض المبيدات بشكل غير مباشر أو عن طريق الرش على نبات الذي تتغذى عليه الحشرات(Singhوآخرون ،2024).

المبيدات الكيميائية :

من الضروري قبل مكافحة أي آفة معرفة تاريخ حياتها وسلوكها وعادتها وطبائعها وتكاثرها وكذلك الظروف التي تناسب معيشتها وذلك للعمل بقدر الإمكان على عدم توفر الظروف المناسبة لتكاثرها في البيئة المحيطة بها كما يمكن إجراء عملية المكافحة عندما تكون الآفة في أضعف أطوارها حتى تكون المكافحة عملية وناجحة ووافية بالغرض فضلاً عن المعرفة الدقيقة للظروف المناسبة لحياة الآفة التى تمكن المختصين في التنبؤ بدرجة الإصابة في المستقبل وعندها يمكن اتخاذ التدابير والاستعدادات اللازمة للمكافحة في الوقت المناسب (Aktar وآخرون،2009).

المبيدات الكيميائية: هي مواد تُستخدم لمكافحة الآفات الزراعية وحماية المحاصيل من هذه الآفات وتشمل مبيدات الأعشاب والمبيدات الحشرية ومبيدات الفطريات وغيرها من المواد المستخدمة لمكافحة أنواع أخرى من الآفات ،ويشترط في المبيد الحشري أن يكون قاتلاً للآفات المستهدفة من دون أن يكون قاتلاً للأنواع غير المستهدفة بما في ذلك الإنسان. في السنوات الأخيرة برز جدل حول استخدام وإساءة استخدام المبيدات الكيميائية إذ أن الاستخدام المفرط لهذه المواد الكيميائية تحت شعار "إذا كان القليل جيداً، فالكثير سيكون أفضل" قد لعب دوراً مدمراً في حياة الأنسان وأشكال الحياة الأخرى(Aktar وآخرون،2009). استُخدمت المبيدات الحشرية بأشكالها المختلفة في الزراعة منذ آلاف السنين وكان من الشائع في المجتمعات الزراعية القديمة استخدام عناصر طبيعية مثل الكبريت والزرنيخ والزئبق للقضاء على الآفات الزراعية.أما في الوقت الحاضر فغالباً ما تُنتج هذه المبيدات صناعياً وتُخصص لإستهداف كائنات حية محددة ويمكن القول ان المبيدات يمكن أن تكون مهمة لحماية المحاصيل الزراعية وزيادة الأنتاجية النباتية للمحاصيل(Ritchieوآخرون،2018).ومكافحة الآفات هي تقليل الضرر الذي تسببها الآفات وذلك بإبعادها أو منع وصولها إلى العائل أو من خلال توفير الظروف غير المناسبة لتكاثرها أو قتلها، وقد ينجو في بعض الأحيان عدد من الأفراد من عملية

المكافحة مهما بلغت دقة عملية المكافحة وهذه الأفراد يمكنها أن تعاود النشاط والتكاثر عندما تتوفر الظروف البيئية المحيطة (Smagghe وآخرون،2019). سُجلت بعض الدول ومنها الآسيوية والمحيطية درجات أعلى في التلوث بالمبيدات الكيميائية مما يشير إلى ارتفاع نسبي في مستوى تلوث الهواء الناجم عن أستخدام المبيدات الكيميائية في هذه المناطق. تجدر الإشارة إلى أن مستويات التلوث الحالية كما تم تقييمها نظرياً تُشكل مخاطر صحية ضئيلة على الأنسان ومع ذلك أظهرت الدراسات أن التعرض المفرط للمبيدات الموجودة في الغلاف الجوي يرتبط بمشاكل صحية مختلفة مثل السرطان والاضطرابات العصبية والنفسية وأمراض مزمنة أخرى مع ارتفاع درجات تلوث الغلاف الجوي بالمبيدات الحشرية الكيميائية(Huang وLi ،2024). طُوّرت العديد من التقنيات لحماية المحاصيل لمنع وتقليل خسائر المحاصيل بسبب الآفات في الحقل (خسائر ما قبل الحصاد) وأثناء التخزين (خسائر ما بعد الحصاد). تشمل حماية المحاصيل استخدام المنتجات والأدوات والممارسات التي يُمكن للمزارعين استخدامها لحماية محاصيلهم من الحشرات والأمراض والأعشاب الضارة وتنافس الأعشاب الضارة ضوء الشمس والمغذيات والماء مع المحاصيل والنباتات الرئيسية ويمكن أن يتأثر إنتاج الغذاء بالأصابة بالآفات الزراعية والأمراض،ويتخذ المزارعون حول العالم خيارات متنوعة يوميًا فيما يتعلق بأفضل السبل لحماية محاصيلهم باستخدام ممارسات متنوعة مثل المكافحة البيولوجية(الحيوية)، والمبيدات الحشرية الميكروبية، وسلوك الآفات، والتلاعب الجيني، وتحصين النباتات ضد الآفات (Nara وآخرون،2024).

الأتمتة والذكاء الأصطناعي في مكافحة الآفات الزراعية:

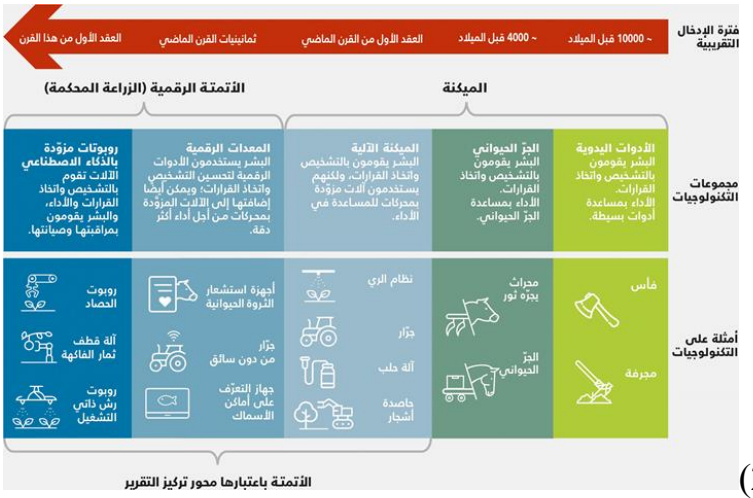
كثيراً مايتم الخلط بين الذكاء الاصطناعي والأتمتة وحيث أنهما ليسا نفس التقنية إلا أنهما لا يختلفان بشكل كبير عن بعضهما فالعديد من تطبيقات اليوم وخاصة في عالم الأعمال تتشابه أهدافها الى درجة كبيرةو يستخدم كل من الأتمتة والذكاء الاصطناعي أنظمة متطورة لتحسين كفاءة سير العمل وزيادة إنتاجية مكان العمل وتقليل التدخل اليدوي والخطأ البشري (Brennen ،2024).

الأتمتة الزراعية:

الأتمتة الزراعية: هي جزءاً من تحوّل أوسع في النُظم الزراعية والغذائية وهي بذلك تُساعد المنتجين الزراعيين في الحفاظ على الإنتاج وتوسيعه ففي السنوات الأخيرة يترك العمال الزراعة ويتحولون نحو قطاعات الاقتصاد ذات الدخل العالي بالأضافة الى تخفيف الاحتياجات لليد العاملة في الزراعة تعمل الأتمتة على الزيادة من تحفيز التحوّل في النُظم الزراعية والغذائية عن طريق تهيئة فرص للعمل في مراحل أخرى غير النُظم الزراعية. ومع تطور البلدان فأن الوظائف الأكثر جاذبية تصرف أو تبعد العمال عن الزراعة وتزيد الابتكارات الموفِّرة لليد العاملة من الإنتاجية الزراعية عن طريق التقليل في متطلبات اليد العاملة ونتيجة لإتجاهات العرض من اليد العاملة والطلب عليها انخفضت بمرور الوقت حصة الأفراد الذين يزاولون الزراعة بما في ذلك في البلدان المنخفضة الدخل والبلدان المتوسطة الدخل (Gollin وآخرون،2002؛Michaels،2012).الأتمتة الزراعية تعتبر رحلة تطوّر طويلة للماكينة على مرّ تاريخ الزراعة وتُعرِّف منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة الماكينة بأنها استخدام جميع الوسائل والآلات والمعدات الزراعية من المعدات والأدوات اليدوية البسيطة والأساسية إلى المعدات والآلات الأكثر تطوراً والأكثر اعتماداً على المحركات في العمليات الزراعية وتزداد درجة الأتمتة مع تحولنا من الأدوات اليدوية البسيطة نحو الآلات المجهزة بمحركات(FAO،2016). وتُعدّ الأتمتة في مجال الكشف عن الآفات المرضية ومكافحتها مجالاً آخر تعزز فيه التكنولوجيا تقدماً ملحوظاً وتستطيع الأنظمة الآلية المُجهزة بأجهزة استشعار وكاميرات مراقبة البيئات باستمرار بحثاً عن أي علامات لنشاط الآفات الزراعية.

وتشمل الأتمتة مرحلة واحدة أو مجموعة من المراحل الثلاث المترابطة فعلى سبيل المثال يمكن إجراء الفحص والتشخيص عن طريق أجهزة الاستشعار بينما يعتمد صنع وتنفيذ القرار والأداء اعتماداً كلياً على الإنسان. ويمكن في بعض الأحيان إجراء التشخيص واتخاذ القرارات باستخدام التكنولوجيات الرقمية في حين يقوم الإنسان بوظيفة الأداء ومن أمثلة النُظم المؤتمتة بالكامل تلك التي تكون فيها جميع المراحل الثلاث مؤتمتة مثل روبوت الرش الذاتي إذ يحصل النظام أولًا على بيانات عن خصوبة التربة ثم يُحدد منطقة التشغيل ومعدل الرش للسماد، والمرحلة الأخيرة يرش السماد بناءً على هذا المعدل المتغيِّرمن السماد(FAO،2016؛Mkrttchian،2021).

في البيئات الزراعية تستطيع المصائد الآلية المُجهزة بمصائد فيرومونية وكاميرات اكتشاف الآفات الحشرية وتوفير بيانات آنية عن أعدادها ويُمكن بعد ذلك استخدام هذه البيانات لتفعيل تدابير مُحددة لمكافحة الآفات الزراعية من خلال المكافحة الحيوية مثل إطلاق المفترسات الطبيعية أو استخدام المبيدات الكيميائية الموضعية. وفي بيئات المدن تُستخدم الأنظمة الآلية لرصد ومكافحة الآفات مثل القوارض والحشرات وتستطيع هذه الأنظمة الكشف عن نشاط الآفات من خلال وسائل مُختلفة مثل أجهزة استشعار الحركة وكشف الصوت وحتى التصوير الحراري وبمجرد اكتشاف الآفة يُمكن للنظام نشر تدابير مُكافحة تلقائياً مثل المصائد أو طاردات الموجات فوق الصوتية ويقلل هذا النهج من الحاجة إلى التدخل البشري ويضمن تطبيق تدابير المكافحة فقط عند الحاجة وفي المكان المناسب(Jung،وآخرون،2020).



(FAO،2016)

شكل(1) مراحل تطور الأتمتة الزراعية

أساسيات الذكاء الأصطناعي:

الذكاء الاصطناعي بشكل عام يشير إلى مجال علوم الحاسوب والذي يُعنى بالآلات التي تُحاكي التعلم البشري والتفكير المنطقي وحل المشكلات واتخاذ القرارات والإبداع. والذكاء الاصطناعي Artificial intelligence(AI) هو تطوير أنظمة أو تطبيقات حاسوبية تُنجز مهام تتطلب ذكاءاً بشرياً مثل حل المشكلات وكذلك اتخاذ القرارات. تتميز أنظمة الذكاء الاصطناعي بالقدرة على تحليل ومعالجة كميات هائلة من البيانات لاكتساب المعرفة والتعلم من التجارب. يُعد الذكاء الاصطناعي سلاحاً فعالاً وإذا استُخدم بإهما، فقد يُرسّخ الشرور ويطورها ويُشوّه العدالة ويُعزز النزعات (Russell وNorving،2016). والذكاء الاصطناعي هو محاكاة للذكاء البشري بواسطة آلات

مبرمجة للتعلم والتفكير وحل المشكلات، لذلك يشمل الذكاء الاصطناعي عدة مجالات فرعية بما في ذلك التعلم الآلي(ML) machine learning ، والتعلم العميق(DL) deep learning، والروبوتات robots، ومعالجة اللغة الطبيعية (NLP) natural language processing ، والرؤية الحاسوبية computer visionوغيرها ولكل منها تطبيقات وقيود مميزة ومع ذلك يمكن تصنيف الذكاء الاصطناعي الى مايأتي :

أولاً: الذكاء الاصطناعي الضيق أو الضعيف Artificial Narrow Intelligence (ANI):

وهو نوع من الذكاء المصمم لأداء مهام محددة وبدقة وبكفاءة عالية ولا يمتلك الذكاء الاصطناعي الضيق أو الضعيف القدرة على التعلم أو التكيف خارج نطاق وظيفته المبرمجة وأهم تطبيقاته:

1- برامج للتعرف على الصور.
2- برامج المساعد الشخصي (سيري وأليكسا).
3-أنظمة التوصية في منصات بث الأفلام والمسلسلات.

يُستخدم هذا النوع من الذكاء الاصطناعي في حياتنا اليومية بكثرة حيث يركز على تنفيذ مهمة واحدة باحترافية ولكنه يعمل في ظل قيود كبيرة مقارنةً بالذكاء البشري(Khan،2021).

ثانياً:الذكاء الاصطناعي العام: Artificial General Intelligence (AGI) مثل التعلم الآلي Machine learning(ML) ،والذكاء الاصطناعي العميق Deep Artificial Intelligence(DAI)يشير الذكاء الاصطناعي العام (AGI) إلى أحد أشكال الذكاء الاصطناعي الذي يمتلك قدرات معرفية مشابهة للبشر بما في ذلك التعلم والفهم والتكيف مع مختلف المهام على عكس الذكاء الاصطناعي الضيق الذي يركز على مهام محددة ، يسعى الذكاء الاصناعي العام إلى تحقيق مستوى من الذكاء ويمكنه التعامل مع مجموعة واسعة من التحديات دون الحاجة إلى عمل برمجة مسبقة لكل مهمة كما في السيارات ذاتية القيادة القادرة على برمجة وقراءة البيئة المحيطة بها وثم اتخاذ القرارات المختلفة كاتخاذ الطريق الأقل ازدحاماً أو تفادي حادث مروري بطريقة معينة ورغم التقدم المستمر في هذا المجال لا يزال الذكاء الاصطناعي العام في مراحل البحث والتطوير مع وجود تحديات تقنية وأخلاقية تتعلق بإمكانية تحقيقه وتأثيره المحتمل على المجتمع.

ثالثاً:الذكاء الاصطناعي الفائق(ASI) Artificial Super Intelligence :وهومفهوم نظري يشير إلى تطوير أنظمة ذكاء اصطناعي تتجاوز القدرات البشرية في جميع المجالات بما فيها الإبداع وحل المشكلات واتخاذ القرارات،ويُعتبر هذا النوع من المراحل المتقدمة من تطور الذكاء الاصطناعي إذ لا يقتصر على محاكاة القدرات البشرية فحسب بل يتفوق عليها بشكل كبير ورغم أن الذكاء الاصطناعي الفائق لا يزال في نطاق الخيال العلمي ولم يتحقق لحد الآن إلا أن مناقشاته تثير تساؤلات حول تأثيراته المحتملة على البشرية بما في ذلك الفوائد والتحديات الأخلاقية والأمنية المرتبطة بتطوره (Khan ،2021). الذكاء الأصطناعي هو ذكاء افتراضي بقدرات معرفية شبيهة بالإنسان بما في ذلك التفكير، وقواعد الكتابة والقراءة والنطق ومهام محددة مثل التعرف على الوجه ومعالجة الكلام وغيرها، تعمل هذه الأنظمة ضمن معايير محددة مسبقًا ولا يمكن تعميم الكثير من بيانات الإدخال بما يتجاوزوظائفها المحددة(Gwagwa وآخرون،2021). تتعامل أنظمة الذكاء الاصطناعي من كميات هائلة من البيانات المدخلة المُحددة الأنماط والعلاقات التي تُساعدها على وضع التنبؤات والتوصيات الملائمة وتتحسن هذه الأنظمة بمرور الوقت مع اطّلاعها على معلومات جديدة والهدف هو مُضاهاة (أو حتى تتجاوز) قدرات العقل البشري سعيًا لأتمتة العمل وحل المشكلات بكفاءة أكبر(Abbas ،2025).

أستخدام الذكاء الأصطناعي والزراعة الذكية في مكافحة الآفات الزراعية:

الزراعة الذكية (Smart Agriculture) وهي نموذج زراعي حديث يعتمد على التكنولوجيا المتقدمة مثل الذكاء الاصطناعي(AI) Artificial intelligence (AI) أو إنترنت الأشياء Internet of things(IOT) ومن خلاله يتم تحليل البيانات الضخمة مما يؤدي تحسين الإنتاج الزراعي ويهدف هذا النهج الى تحقيق الاستدامة البيئية وزيادة الكفاءة في استخدام الموارد الزراعية (Manyikaو وآخرون، 2011 ؛Russellو Norvinga، 2016).

تُستخدم العديد من تقنيات الذكاء الاصطناعي في الأنشطة الزراعية بما في ذلك الزراعة الدقيقة للمساعدة في الكشف عن أمراض النبات واستخدام الروبوتات ذاتية التشغيل لحصاد كميات كبيرة من المحاصيل ومراقبة التربة وتشخيص أمراض الحيوانات وأن أجهزة إنترنت الأشياء Internet of Things(IoT) التي تشير إلى مفهوم ربط الأجهزة المادية بالإنترنت بهدف تمكينها من التواصل والتحكم فيها أو مراقبتها عن بُعد(Ahmed و Hussain، 2018)ونظرًا لارتفاع تكلفة استخدام الذكاء الاصطناعي في أنظمة المعلومات الذكية فقد تنشأ فجوة رقمية إذ قد تُساء استغلاله من قِبل الحكومات غير النزيهة أو الشركات المنافسة أو حتى تجار السوق. كما أن البيانات الزراعية الضخمة التي تشير إلى مجموعة البيانات المعقدة والكبيرة التي لا يمكن معالجتها بأدوات معالجة البيانات التقليدية تتطلب مستوى من أدوات الذكاء الاصطناعي الحديثة لتوفير خاصية ذات فائدة وقيمة أكثر في معالجة هذه البيانات (Ryan، 2019).

برامج الحاسوب ودورها في الكشف عن الآفات الزراعية:

أن إدارة الآفات سواءً في الزراعة أو المناطق الحضرية أو النظم البيئية الطبيعية كانت ومازالت مصدر قلق بالغ للأنسان، وقد أثبتت الطرق التقليدية التي اعتمدت بشكل كبير على المبيدات الكيميائية فعاليتها في كثير من حالات مكافحة الآفات ومع ذلك وجدت في هذه الطرق العديد من السلبيات في أستخدام المبيدات الكيميائية بما في ذلك التلوث البيئي وتطور مجاميع من الآفات المقاومة فضلاً عن الآثار السلبية على الأنواع الحشرية غير المستهدفة(Pimentel وآخرون،1992). ونتيجة لذلك لجأت استراتيجيات إدارة الآفات الحديثة بشكل متزايد إلى التكنولوجيا لمواجهة هذه التحديات بفعالية واستدامة أكبر. يحتاج القطاع الزراعي الى مراقبة مستمرة للمحاصيل الزراعية للتأكد من سلامتها وعدم تضررها وأصابتها بالآفات الزراعية أو الأمراض أو العوامل البيئية وهذا يعني أن المزارعين يضطرون إلى مكافحة أي أعراض تظهر على النبات بدءاً من الظروف الجوية إلى الآفات،مثلاً في مكافحة الآفات غالباً ما تخفق الطرق التقليدية المستخدمة في مكافحة الآفات الزراعية مما قد يؤدي إلى خسائر في المحاصيل الزراعية وتشمل الطرق التقليدية للكشف فحص كل محصول يدويًا وهذه العملية تستغرق وقتًا طويلًا وتتطلب جهداً كبيراً كما أنها تكون أقل دقة (Deepika وKaliraj، 2021 و Ngugi، 2021). وهنا تبرز الحاجة إلى أنظمة آلية للكشف عن الأمراض والآفات الزراعية ويلعب التعلم الآلي والتعلم العميق دوراً حاسماً في مجال المكافحة والسيطرة على الآفات إذ يُقللان الوقت المُستهلك ويُحسّنان من الدقة في متابعة ومكافحة الآفات الزراعية بشكل كبير. وتواجه الأنظمة الآلية للكشف عن الأمراض والآفات في المحاصيل تحديات مُتعددة من بين أخطر هذه التحديات الأعراض الخفيفة للعديد من أمراض النباتات خلال دورات حياتها المبكرة وهنا يكون الوقت المناسب الذي يمكن أن يتدخل فيه الذكاء الاصطناعي (AI) والرؤية الحاسوبية في تقديم حلول متطورة لسير العمل اليومي في الحقل، ومن خلال دمج نماذج الرؤية الحاسوبية في الكاميرات عالية الدقة يمكن للمزارعين مراقبة الحقول تلقائياً باستخدام تحليل الصور والفيديو في الوقت الفعلي للكشف عن الآفات الزراعية وتقييم صحة المحاصيل وتحديد الأصابات المحتملة وتقوم هذه الأنظمة الحاسوبية بتحليل اللقطات

لرصد الأنماط والتعرف على الحشرات بناءً على مجموعة البيانات المدخلة (Thakkar وآخرون،2023).

دور الاستشعار عن بُعد(RS) ونظم المعلومات الجغرافية(GIS) والزراعة الذكية:

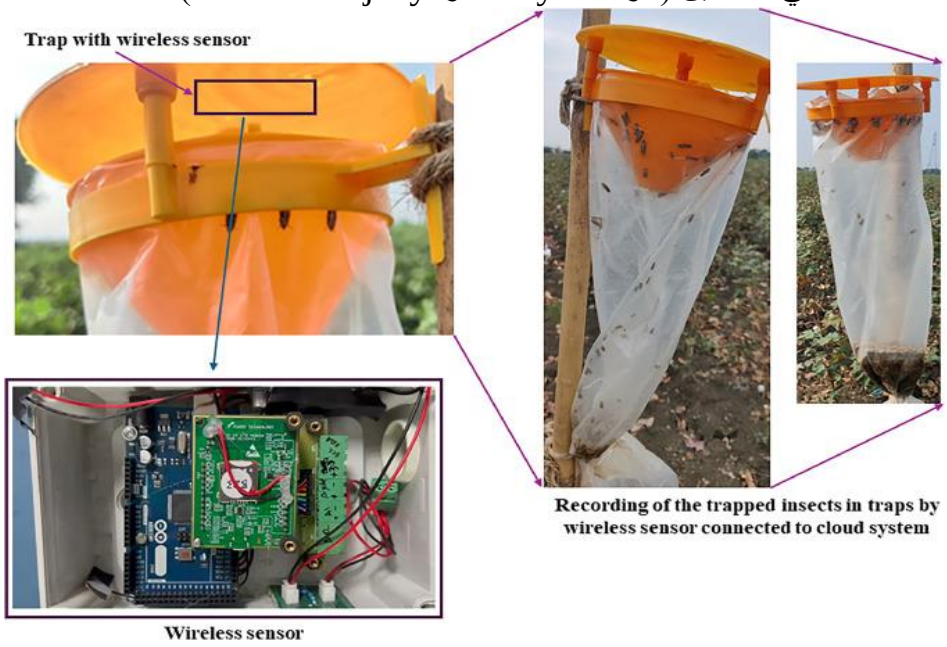
من وجهة نظر المعلومات الجغرافية Geographic Information System (GIS) فأن الأستشعار عن بعد Remote Sensing(RS)هو فرع من فروعها لان نظم المعلومات الجغرافية تعنى بالبيانات وأدخالها وتخزينها وتعتبر الصور الفضائية الأكثر تداولاً في الأستشعار عن بعد مصدراً لهذه البيانات.وقد أوضح الباحثين أن GISو RS هما عاملان لابد من التكامل بينهما للحصول على أفضل النتائج وأن نظم المعلومات الجغرافية هي نظم معلومات تستخدم لأدخال وتخزين وأسترجاع (أو أسترداد) ومعالجة وتحليل وأخراج المعلومات المنسوبة جغرافياً او البيانات المكانية بما يتيح لصناع القرار تخطيط وأدارة أستعمالات الأراضي والمصادر الطبيعية والبيئية والمواصلات والنشاطات البيئية

أما **الأستشعار عن بعد** :هو يشمل الحصول على المعلومات عن طريق عمليات تسجيل الأشعة المنعكسة من الأهداف بواسطة مستشعرات مختلفة وتحليلها للحصول على المعلومات المطلوبة.

تعد تقنية الاستشعار عن بُعد(RS) Remote sensor باستخدام الأقمار الصناعية والطائرات بدون طيار وأجهزة الاستشعار الأرضية ركناً أساسياً في إدارة الآفات الزراعية الحديثة وهذه التقنيات تمكن من الكشف المبكر عن إصابة الآفات من خلال رصد أو كشف التغيرات في صحة النباتات وعلى مساحات واسعة على سبيل المثال يُمكن للتصوير الطيفي الفائق تحديد الأصابات التي تُسببها الآفات الزراعية في النباتات قبل أن يُصبح مرئياً للعين المجردة ومن خلال دمج هذه البيانات مع نظم المعلومات الجغرافية(GIS) Geographic Information System يُمكن للمزارعين تحديد المناطق التي تحتاج إلى معالجة بدقة مما يُقلل من استخدام المبيدات الحشرية ويُقلل من الأثر البيئي (Nigam وأخرون ،2016) والمستشعرات هي أجهزة تُحوّل نتائج التفاعلات الكيميائية أو الفيزيائية في الكائنات الحية أو البيئة إلى إشارات مفيدة يُمكن تحليلها باستخدام برامج متخصصة. تُشبه مستشعرات الذكاء الاصطناعي عيون وآذان أنظمة الذكاء الاصطناعي، إذ تُساعدها على رؤية وسماع ما يحدث في العالم من حولها. تجمع المعلومات بطرق مختلفة: تلتقط الكاميرات الصور، وتلتقط الميكروفونات الصوت، وتستخدم مستشعرات الليدار والرادار الإشارات لقياس المسافة، بينما تتتبع وحدات قياس القصور الذاتي الحركة بمجرد جمع البيانات، تُعالَج للعثور على أنماط مهمة وإزالة أي ضوضاء غير مرغوب فيها. في بعض الأحيان، تُدمج البيانات من مستشعرات متعددة لفهم ما يحدث بشكل أفضل(Bannerjee وآخرون،2018). أستخدم Potamitis وآخرون(2017) مصائد المراقبة في برنامج إدارة الآفات المتكاملة ضد حشرة ذبابة الفاكهة من خلال تعديل مصائد البلاستيك النموذجية ذات التكلفة المنخفضة عن طريق إضافة أجهزة الاستشعار البصرية الإلكترونية اللازمة لمراقبة مدخل المصيدة من أجل الكشف عن أنواع الحشرات الداخلة للمصيدة وتعليمها بالوقت ووضع علامة GPS عليها وتحديدها من خلال تحليل الطيف البصري الصوتي لضربات أجنحتها من خلالها عمل دمج البث الآلي لأعداد الحشرات والمعلمات البيئية وإحداثيات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)في التصور المعلوماتي للسلوك الجماعي الذي سيمكن من اتخاذ قرارات في مكافحة الآفة.

تراقب أجهزة الإنترنت المجهزة بأجهزة استشعار عن بعد وخوارزميات الذكاء الاصطناعي نشاط الآفات الزراعية في الحقول باستمرار ويمكن لأجهزة إنترنت الأشياء المجهزة بميكروفونات وكاميرات وأجهزة استشعار بيئية في مراقبة الحقول الزراعية باستمرار بحثاً عن وجود علامات أو أي نشاط للآفات الزراعية التي تصيب النبات (Khattabوآخرون،2019؛Omiaوآخرون،2022؛

Rano.وآخرون،2023). ويمكن لنماذج التتبع الرقمي المُثبتة على هذه الأجهزة الالكترونية تحليل بيانات الاستشعار آنياً وإطلاق تنبيهات عند اكتشاف أي إصابة بالآفات الزراعية. وتوفر هذه الأجهزة بيانات آنية عن أعداد الآفات وشدة الأصابة مما يساعد المزارعين على اتخاذ قرارات حكيمة بشأن استراتيجيات مكافحة الآفات الزراعية . ويستخدم نظام "Trapview" الذي طورته شركة EFOS Ltdمصائد حشرات مدعومة بإنترنت الأشياء ومجهزة بكاميرات وخوارزميات التتبع الرقمي لمراقبة أعداد الآفات في البساتين (Kariyannaو Sowjanya، 2024) .



Kariyanna and Sowjanya (2024)

شكل (2) نظام "Trapview" الذي طورته شركة EFOS Ltd مصائد حشرات مدعومة بإنترنت الأشياء

أن الزراعة الدقيقة التي تعتمد على البيانات المُجمعة عبر تقنية الاستشعار عن بُعد تُتيح لفرصة تطبيق إجراءات مكافحة الآفات الزراعية بدقة عالية وتضمن هذه الطريقة استهداف المناطق المتضررة فقط مما يُقلل وبشكل كبير من الأستخدام العشوائي للمبيدات الكيميائية بالأضافة الى قدرة المزارعين على مراقبة أعداد الآفات الزراعية مع مرور الوقت مما يجعل تطبيق التدخل في عملية المكافحة في الوقت المناسب عندما تصل مستويات الآفات الزراعية إلى الحدود الاقتصادية الحرجة (Kumar وآخرون،2020 ؛ Sangeetha وآخرون،2024).

الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي:

ويلعب كلُ من علوم الحاسوب وتكنولوجيا المعلومات دوراً هاماً في تطوير الزراعة الحديثة في المناطق الريفية حول العالم (Hailin، 2007). ومن خلال دمج علوم الزراعة مع تكنولوجيا المعلومات والواقع الافتراضي فأن الذكاء الاصطناعي يستطيع معالجة كميات هائلة من البيانات لتحديد الأنماط التي تُشير إلى وجود أصابات مرضية وقد تساعد هذه النماذج والأنماط في التنبؤ بوقت وزمان أنتشار الآفات الزراعية وموقعها وشدتها مما يسمح باتخاذ تدابير استباقية في السيطرة عليها .

أن الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي أحدث تحولاً سريعاً في مجال إدارة الآفات الزراعية وذلك من خلال تمكينهما من تطوير نماذج تنبؤية مستقبلية قادرة على توقع أنتشار الآفات أعتماداً على البيانات البيئية والاتجاهات التاريخية والرصد الفوري للآفات الزراعية (Buntin وآخرون 2021).

تُستخدم خوارزميات التعلم الآلي لتحسين استراتيجيات مكافحة الآفات الزراعية من خلال تحليل فعالية المكافحة المختلفة والسيطرة على الآفات الزراعية إذ يمكن للذكاء الاصطناعي المساعدة في تحديد التوقيت المناسب لإستخدام المبيدات الآفات الزراعية والتركيز المناسب أو أفضل المواقع لنشر المصائد أو إطلاق عوامل المكافحة الحيوية وهذه الأساليب المعتمدة على الذكاء الاصطناعي تقلل من الاعتماد على استخدام المبيدات الكيميائية مما يجعل مكافحة الآفات الزراعية أكثر استدامة وفعالية من حيث التكلفة والجهد(Dwivedi وآخرون ،2022).

أنظمة الكشف عن الآفات ومكافحتها الآلية:

تستطيع نماذج التعلم العميق في الذكاء الأصطناعي اكتساب أنماط وسمات معقدة من مجموعة من البيانات الضخمة مما يُسهّل عليها تحديد أنواع الآفات بدقة من الصور، أو تسلسلات الحمض النووي، أو أنواع أخرى من البيانات (Goodfellow،2016). ويمكن لأجهزة مثل الأجهزة المحمولة أو تطبيقات الهواتف الذكية الاستفادة من خوارزميات التعلم العميق لتوفير تحديد سريع ودقيق للآفات في الحقل، مثل أستخدام تطبيق "PestNet" للهواتف المحمولة الذي طورته منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) التعلم العميق لتحديد آفات وأمراض النباتات أعتماداً على الصور التي يرفعها المستخدمون(FAO،2024).

(Kariyanna and Sowjanya (2024)

شكل (3) تحديد أنواع الآفات الحشرية بناءً على الصور باستخدام الذكاء الاصطناعي تطبيق الهاتف

المنصات الرقمية وأنظمة دعم القرار:

عند أنشاء نماذج تنبؤية للتنبؤ بالآفات يجمع الذكاء الاصطناعي بين مجموعة متنوعة من الحقائق مثل الأنماط الجوية ودراسة الظواهر الزراعية ودورات حياة الآفات وللتنبؤ بظهور وتفشي الآفات تستخدم هذه النماذج كلاً من البيانات التاريخية والمدخلات الآنية وهذا يسمح بأساليب إدارة استباقية واستجابات سريعة لأتخاذ القرار في المكافحة(Dutta وSharma،2020). يمكن للمزارعين وخبراء مكافحة الآفات الزراعية الوصول إلى هذه المنصات عبر أجهزة الكمبيوتر أو الأجهزة المحمولة مما يتيح لهم اتخاذ قرارات مدروسة وبسرعة، كما يمكن لأنظمة دعم القرار دمج نماذج الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لتوفير تحليلات تنبؤية مما يساعد المستخدمين على توقع تفشي وأنتشار الآفات الزراعية واتخاذ إجراءات استباقية بالإضافة إلى ذلك غالبًا ما تتضمن هذه المنصات قواعد بيانات لدراسة حياتية الآفات الزراعية وطرق المكافحة والبيانات التاريخية مما يُمكّن المستخدمين من

تصميم استراتيجياتهم الخاصة بإدارة الآفات الزراعية بما يتناسب مع الظروف الخاصة للحقول أو المنطقة المراد دراستها (Zhang وآخرون،2020). يواجه المزارعون التفاعل المعقد بين ديناميكيات الآفات والمتغيرات البيئية والإفراط في استخدام المبيدات. ولمواجهة هذه التحديات ابتكر الباحثون منصة إدارة متكاملة للآفات تُسخّر الذكاء الاصطناعي وتحليلات البيانات ومصادر بيانات متنوعة يهدف هذا الحل المبتكر إلى تحسين ممارسات مكافحة الآفات الزراعية في الحقول مما يوفر للمزارعين مناهج أكثر فعالية واستدامة لحماية المحاصيل مع التخفيف من الأضرار البيئية وتطوير مقاومة المبيدات (Deguine وآخرون ،2021). يستخدم Chen وآخرون(2021) الذكاء الاصطناعي لإنشاء نظام ذكي للتعرف على الآفات من خلال التقاط الطائرة بدون طيار صورًا للآفات وتُحدد نوعها،كمايقوم النظام بعد ذلك بتصميم مسارات رش مبيدات فعّالة لطائرة زراعية بدون طيار باستخدام مواقع الآفات. مما يُقلل من استخدام المبيدات ويُقلل من الضرر البيئي ويُحسّن من إنتاجية المحاصيل. تُحدث الطائرات بدون طيار ثورةً في مجال الزراعة من خلال أداء مهام متنوعة عبر الطيران تعتمد هذه الطائرات على تقدير الحالة والتحكم اللذين يُحسّنهما الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي Shaikhوآخرون ،2022)، تلعب الطائرات بدون طيار دوراً حاسماً في رسم خرائط الحقول من خلال خوارزميات الرؤية الحاسوبية المدعومة بالذكاءالاصطناعي وتُستخدم هذه الطائرات لمهام كثيرة مثل المراقبة وجمع البيانات وتحليلها بالأضة الى إدارة الكوارث(Kumar،2023).كما أنها تساعد المزارعين على مراقبة التعرض لأشعة الشمس وتحديد مناطق رش الآفات المستهدفة باستخدام التعلم الآلي،وتُستخدم بيانات أعداد الحشرات وحركاتها وسلوكها المُلتقطة من كاميرات وأجهزة استشعار إنترنت الأشياء، لتحديد ومراقبة حدوث الآفات والأمراض بدقة وسرعة (Samal وآخرون،2023). تتزايد أهمية المنصات الرقمية وأنظمة دعم القرار (Decision support system (DSS في إدارة الآفات الزراعية إذ تدمج هذه الأدوات البيانات من مصادر متنوعة بما في ذلك الاستشعار عن بُعد والرصد الميداني وتوقعات الطقس لتقديم توصيات آنية لمكافحة الآفات الزراعية Choruma وآخرين،2024).

أهمية الزراعة الذكية في العصر الحديث:

تعد الزراعة الذكية الحديثة من أهم الحلول التقنية والتي تساعد في مواجهة للتحديات المتزايدة في القطاع الزراعي حيث تلعب الزراعة الذكية دوراً مهماً في تحسين الإنتاجية الزراعية وضمان استدامة الموارد الطبيعية ومع التزايد المستمر في عدد السكان وارتفاع الطلب على الغذاء أصبح من الضروري تبني تقنيات حديثة تعزز الكفاءة في الأنتاج الزراعي وتقلل من الأضرارفي الموارد البيئية الطبيعية مما يجعل الزراعة الذكية خياراً استراتيجياً لمستقبل آمن وأكثر استدامة. كما يمكن للتقنيات الحديثة مثل الطائرات بدون طيار والتكنولوجيا الحيوية وعلم الوراثة والزراعة الدقيقة أن تعزز الكفاءة والإنتاجية الزراعية والاستدامة ويمكن أن يؤدي تطبيق هذه الأساليب الحديثة في الزراعة إلى زيادة الأنتاج النباتي بمقدار خمسين ضعفًا وخفض القوى العاملة بنسبة 50٪ مما يساهم في زيادة أنتاج المحاصيل الزراعية وتقليل استخدام المياه وتقليل استخدام المبيدات الكيميائية وتحسين كفاءة العمل وتمتلك الزراعة الذكية القدرة على إحداث ثورة في الصناعة مما يساهم بشكل كبير في زيادة الأمن الغذائي العالمي والحفاظ على الموارد الطبيعية(Nautiyal وآخرون،2024).ويمكن أدراج أهمية الزراعة الذكية بالآتي:

أولاً:تقليل التأثير البيئي باستخدام الموارد بشكل أكثر كفاءة:

تعتمد الزراعة الذكية على التقنيات التي تقلل من التأثير البيئي للأنشطة الزراعية حيث تساهم أنظمة الري الحديثة والتسميد الدقيق في الحد من استهلاك المياه والمواد الكيميائية مما يقلل من التلوث في

المياه الجوفية والأنهار. كما وتساهم الطائرات المسيرة في تطبيق المبيدات والأسمدة الكيميائية بكفاءة أكبر مما يؤدي الى التقليل من انبعاثات الكربون مقارنة بالمعدات الزراعية التقليدية. كما وتوفر الزراعة الذكية حلول لخفض استخدام الوقود من خلال تشغيل المعدات الزراعية بطرق أكثر كفاءة، مما يساعد في تقليل البصمة الكربونية للقطاع الزراعي بشكل عام.(Li C وآخرون،2020).

وتشكل الزراعة الذكية ثورة رقمية في المجال الزراعي إذ تجمع بين التكنولوجيا المتقدمة والبيئة لتحقيق إنتاج زراعي ذات كفاءة وأستدامة أكثر. من خلال تحسين الإنتاجية للمحاصيل وتحسين جودتها وتقليل التأثير البيئي وتساهم هذه التقنيات في بناء مستقبل زراعي قادر على مواجهة التحديات الأقتصادية والبيئية، ومع استمرار التطورات التكنولوجية من المتوقع أن الزراعة الذكية ستلعب دوراً متزايداً في تحقيق الأمن الغذائي العالمي وضمان استدامة الموارد الطبيعية للأجيال القادمة(Nabila،2022؛Adelusola،2024).

مستقبل الذكاء الاصطناعي في الزراعة:

ستلعب تكنولوجيا المعلومات الزراعية وخاصةً تقنية الواقع الافتراضي (VR) Virtual reality دوراً مهماً في تحديث الزراعة وتحسينها وتطورها. ويلعب كلٌّ من علوم الحاسوب وتكنولوجيا المعلومات دوراً مهماً في تطوير الزراعة والمناطق الزراعية حول العالم من خلال دمج العلوم الزراعية مع تكنولوجيا المعلومات information technology والواقع الافتراضي Virtual reality لقد اكتشفت تقنية الزراعة الافتراضية طرقاً جديدة لدراسة وتطبيق تكنولوجيا المعلومات الزراعية واستنادًا إلى مفهوم الزراعة الافتراضية تم تحليل تركيبها ونطاق تطبيقاتها واتجاه تطويرها(Mkrttchianوآخرون،2021. من المتوقع أن يزداد استخدام الذكاء الاصطناعي (AI) في الزراعة الذكية خلال السنوات القليلة القادمة. اذ تُستخدم أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الزراعية وبشكل أكثر تطوراً مما يسهم في التنبؤ بالمشكلات قبل حدوثها مثل الأمراض والآفات الزراعية التي تصيب النبات أو التغيرات في الطقس كما سيُساعد الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الري والتسميد بالأضافة الى الحصاد مما يعزز من الإنتاجية ويقلل من الهدر في موارد البيئية.(Shikh ،وآخرون،2022). واستنادًا إلى ما سبق تم تحليل ودراسة بنية المحاصيل الافتراضية وهي تطبيق نموذجي للزراعة الافتراضية وتمت نمذجة نموذج المحاصيل الافتراضية باستخدام تقنية إعادة بناء النباتات ثلاثية الأبعاد ويمكن لهذه التقنية تحسين تطبيقات الواقع الافتراضي في المجالات الزراعية ودفع عجلة التحديث الزراعي(Brennen،2024).

الخاتمة:

يعد أستخدام الذكاء الاصطناعي (AI) في مكافحة الآفات نهجاً تحويلي يعزز الكفاءة والدقة والاستدامة في إدارة مجموعة الآفات الزراعية من خلال الاستفادة من التقنيات الحديثة المتقدمة مثل التعلم الآلي، تحليل البيانات، التعرف على الصور وتوفر هذه الحلول المعتمدة على الذكاء الاصطناعي تحديداً دقيقاً وإدارة مسبقة من تفشي الآفات الزراعية. وتتخذ تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مكافحة الآفات نهج يعزز الأمن والكفاءة والدقة والأستدامة في أدارة مجموعة الآفات من المراقبة والتحليلات التنبؤية إلى أنظمة الكشف الآلي عن الآفات الموجودة وتمكن هذه الحلول المعتمدة على الذكاء الأصطناعي والابتكارات الحديثة المتخصصين في مكافحة الآفات الزراعية من تحديد مناطق تواجد الآفات الزراعية بسرعة وأدارة أستباقية في مكافحتها قبل تفشيها والتنبؤ بتفشي الأمراض المحتملة ونتيجة لذلك فأنها تؤدي إلى تحسين فعالية استراتيجيات مكافحة الآفات الزراعية وكذلك يقلل من الاعتماد على المبيدات الكيميائية مما يعزز الاستدامة البيئية والحفاظ عليها . يتم تخفيف التأثير الإجمالي على انتاج المحاصيل والأضرار التي تلحق بالممتلكات والصحة العامة للبيئة بشكل كبير.

فضلاً عن تسهيل تقنيات الذكاء الاصطناعي من جمع البيانات وتحليلها بشكل أفضل، مما يسمح بالتحسين المستمر في ممارسات إدارة الآفات.

المصادر :

Abbas,I.2025.Fundamentals of Artificial Intelligence. researchgate.net/publication/390280307.

Adelusola,M.2024.AI-Powered Insights for Sustainable Agriculture: Using Predictive Data Analytics to Enhance Crop Resilience and Yield t: https://www.researchgate.net/publication/385627471.

Ahmed,N. and Hussain,D.De.2018. Internet of Things (IoT) for smart precision agriculture and farming in rural areas. IEEE Internet Things J., 5 (6).

Aktar,W.; Sengupta,D. and Chowdhury,A.2009.Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. Interdiscip Toxicol.2(1):1–12. doi: 10.2478/v10102-009-0001-74890-4899.

Bannerjee,G.; Sarkar,U.; Das,S.and Ghosh,I.2018. Artificial Intelligence in agriculture: a literature survey.Int. J. Sci. Res. Comp. Sci. Appl. Manag Stud., 7 (3) (2018), pp. 1-6

Brennen,A. AI vs. Automation: These Are the Differences and Similarities Between AI and Automated Systems.https://www.moveworks.com/us/en/resources/blog/differences-between-ai-vs-

Chen,C.J,; Huang,Y.Y.; Li,Y.S.; Chen,Y.C.; Chang,C.Y. and Y.M. Huang,Y.M.(2021).Identification of fruit tree pests with deep learning on embedded drone to achieve accurate pesticide spraying.IEEE Access, 9: 21986-21997

Choruma,D.J.; Dirwai ,T.L.;Mutenje M.J.;Mustafa,M.;Chimonyo,V.G.P.;Mata I.J.M.;Mabhaudhi,T.2024. Digitalisation in agriculture: A scoping review of technologies in practice, challenges, and opportunities for smallholder farmers in sub-saharan Africa. J. of Agri. and Food Res.18: 101286. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101286

Deepika P. and Kaliraj S.2021.A survey on pest and disease monitoring of crops. In: 2021 3rdInternational Conference on Signal Processing andCommunication (ICPSC 2021), May 2021, 156–160.doi:10.1109/ICSPC51351.2021.9451787.2. https://www.researchgate.net/publication/376861770_Disease_and_Pest_Detection_in_crops_using_Computer_Vision_A_Comprehensive_Study [accessed Apr 24 2025].

Deguine,J.P.; Aubertot,J.N.; Flor,R.J.; Lescourret,F.; Wyckhuys,K.A. and Ratnadass,A.(2021).Integrated pest management: good intentions, hard realities. a review Agron. Sustainable Dev., 41 (3) : 38
Dutta,R. and Sharma,S.2020.Artificial Intelligence for Sustainable Agriculture: A Comprehensive Review.IEEE Access, 8 : 73641-73672
Dwivedi,M.; kumar,A.; kumar,C.; George,S.and.Raghavendra K.V.2022.Artificial Intelligence, Machine Learning and IOT in Pest Management . DOI: 10.1007/978-981-19-0264-2_4.
FAO, 2024. PestNet., Available at: https://www.plantwise.org/pestnet, Accessed on: 17/05/2024.
FOA.2016.Sustainable Agricultural Mechanization https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e9bffdc7-1dbc-4354-ab2b-eb316c71ab81/content.
Gollin, D.;Parente, S.and Rogerson, R. 2002. The role of agriculture in development. The American Economic Review, 92(2): 160–164. www.jstor.org/stable/3083394
Goodfellow,I.; Bengio,Y.and Courville,A.(2016).Deep LearningMITPress
Gwagwa,A.; Kazim,E.; Kachidza,P.; Hilliard,A.; Siminyu,K.;Matthew Smith,M. and Taylor,J.S.(2021).Road map for research onresponsible artificial inteigence fordevelopment (AI4D) in African countries:The case study of agriculture,Patterns, 2, 12.
Hailin ,L.2007.Analysis of Virtual Reality Technology Applications in Agriculture. Conference: International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture.
DOI: 10.1007/978-0-387-77251-6_15
Hill, D.S.1997. Harmful Insects. In: The Economic Importance of Insects. Springer,Dordrecht. Dordrecht.https://doi.org/10.1007/978-94-011-5348-5_5
Huang,Y. and Li,Z.2024.Assessing pesticides in the atmosphere: A global study on pollution, human health effects, monitoring . DOI: 10.1016/j.envint.2024.108653 .
Jung,J.; Maeda,M.; Chang,A.;M. Bhandari,M.;Ashapure,A. and J. Landivar-Bowles,J.2021.The potential of remote sensing and artificial intelligence as tools to improve the resilience of agriculture production systems.Curr Opin Biotechnol, 70: 15-22.
Kariyanna,B. and Sowjanya,B.M.2024. Unravelling the use of Artificial Intelligence in Management of Insect Pests. Smart Agricultural Technology 8(6):100517. DOI: 10.1016/j.atech.2024.100517

Khan,H.2021.Types of AI | Different Types of Artificial Intelligence Systems fossguru.com/types-of-ai-different-types-of-artificial-intelligence-systems. https://www.researchgate.net/publication/355021812
Khattab,A.; Habib,S.E.; Ismail,H.; Zayan,S.; Fahmy,Y.; Khairy,M.M.2019.An IoT-based cognitive 0monitoring system for early plant disease forecast. Comput. Electron. Agric., 166 : 105028.
Kumar, N.2023Leveraging artificial intelligence in agriculture: transforming the future of farming. Illumenia.
Kumar D.i, H. A., Balasingam,H.A. and Arumugam,S. 2020. Artificial Intelligence as a Paradoxical Digital Disruptor in the Accounting Profession: An Empirical Study amongst Accountants. International Journal of Psychosocial Rehabilitation, 24, 873-885. https://doi.org/10.37200/IJPR/V24I2/PR200396
Kumar,S.; Kumar Biswas,S.K.; Puskar Shukla,P.Jaisval,G.K.and Kumar,S. 2024. What is Pest, Categories of Pests and Causes of Pest Outbreak In book: Modern Aspects of Entomology. Book DOI: https://doi.org/10.22271/int.book.261
Li C, Z. L, Liu C.; Xie L.; Wei, X.and Ma, W.2020. A review of precision irrigation technology technology based on Internet ofThings. Computers and Electronics in.Agriculture.2021;184:106137. Doi:10.1016/j.compag.2020.106137.
Manyika, J.;Chui, M.;Brown, B.;Bughin, J.;Dobbs, R.;Roxburgh, C. and Byers, A. H.2011.Big data: The next frontier forinnovation, competition, andproductivity. McKinsey Global Institute (MGI).
Mkrttchian,V.2021.Artificial and natural intelligence techniques as IoP-and IoT-based technologies for sustainable farming and smart agriculture.IGI Global .40-53
Nautiyal,C.T.; Pankaj,N. ; Gaurav,P. and Nandini,R.(2024). Importance of Smart Agriculture and Use of Artificial Intelligence in Shaping the Future of Agriculture. J. of Scie. Res. and Reports.30(3):129-138
Nigam,R.; Kot,R.; Sandhu,S.S.; Bhattacharya,B.K.; Chandi,R.S.; Singh,M.and Singh,J.; K.R.2016.Manjunath Ground-based hyperspectral remote sensing to discriminate biotic stress in cotton crop Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Remote Sensing Technology, Techniques and Applications VI. 9880.SPIE : 89-98.
Ngugi, L. C., Abelwahab, M., & Abo-Zahhad, M. (2021). Recent advances in image processing techniques for automated leafpest and disease recognition–A review. Information processing in agriculture, 8(1), 27-51.

Omia,E.; Bae,H.; Park,E.; Kim,M.S.; Baek,I.; Kabenge,I.and B.K. Cho,B.K.2023.Remote sensing in field crop monitoring: a comprehensive review of sensor systems, data analyses and recent advance.Remote Sensing, 15 (2) (2023), p. 354

Osei,E.A.; Akansake,D.; Kareem,M.O.; Letey,C.G. and Aluah,D.2021. Economic and importance Management of Insect Pests-A Review. Global scientific J. 9(9) Online: ISSN 2320-.9186.

Pimentel, D.;Acquay,A.;Biltonene,M.;Rice,P.;Silva,M.;Nelson,J.;Lipner,V. and Damore,H. (1992). Environmental and economic costs of pesticide use. J. of Econ. Entomo. 85(4), 659-668.15.

Potamitis,I.; Rigakis,I.; Tatlas,N.A.2017.Automated surveillance of fruit flies Sensors, 17:110

Rano,S.H.; Afroz,M. and Rahman,M.M.2022. application of gis on monitoring agricultural insect pests.A review. J. of Food and Agri., 3(1):19-23. DOI: 10.26480/rfna.01.2022.19.23

Ryan, M.2019.Ethics of using AI and bigdata in agriculture: The case of a largeagriculture multinational.OrbitJ., 2(2): 1-27.

Ritchie,H. Roser,M. and Rosado,P.(2018). Pesticides. https://ourworldindata.org/pesticides#introduction

Russell, S. J., & Norvig, P.2016.ArtificialIntelligence: A Modern Approach.Pearson

Samal,I.; Pradhan,A.K. and Bhoi,T.K.2023.Role of Artificial Intelligence in Integrated Pest Management AgroScience Today, 4 (5) : 0579-0586.

Sangeetha,C.; Moond.V.; Rajesh,G.M.; Damor,J.S.; Pandey,S.; Kumar,P. and Singh,B.2024.Remote Sensing and Geographic Information Systems for Precision Agriculture: A Review. Journal of Environment and Climate Change 14(2):287-309 .DOI: 10.9734/ijecc/2024/v14i23945.

Shaikh,F.K.; Memon,M.A.; Mahoto,N.A.; Zeadally,S. and J. Nebhen,J.2021.Artificial intelligence pest practices in smart agriculture.IEEE Micro, 42 (1):17-24

Shaikh,T.A.; Rasool,T. and Lone,F.R.2022.Towards leveraging the role of machine learning and artificial intelligence in precision agriculture and smart farming.Comput. Electron. Agric., 198 : Article 107119

Singh,A.; Kumawat,M.M.;Akshay K.,A.and Partihar,S.2024. Economics Importance of Insects. In book: Fundamentals of Plant Pathology and Entomology. Elite Publishing House.

Smagghe ,G.; Zotti, M. and Retnakaran A.2019. Targeting female reproduction in insects with biorational insecticides for pest management: A

critical review with suggestions for future research. Current Opinion in Insect Science. ,31:65-69. DOI: 10.1016/j.cois.2018.10.009
Verma,A. and Agarwal,M.2020 Modern Technologies for Pest Control: A Review. In book: Biotechnology in Mining and Metallurgical IndustryPublisher: IntechOpen Limited, London DOI: 10.5772/intechopen.93556.

.

Artificial intelligence and achieving environmental sustainability in controlling agricultural pests

***Thuraya A. A. M. AL-saadi** *** Israa Mahdi Saleh**
* Al-Mustansiriya University - College of Basic Education - Department of Basic Sciences
thurya.edbs@uomustansiriyah.edu.iq
israa.mahdee@uomustansiriyah.edu.iq

Abstract:

Agricultural sustainability is about providing basic human needs for food and clothing and improving the resource base to support agriculture and meet future generations' needs without depletion or degradation. Artificial intelligence in agriculture enhances sustainability and resilience by improving the use of environmental management resources. It enables farmers to use artificial intelligence applications to monitor field inputs of water, fertilizers, and chemical pesticides, allowing for adjustments to more sustainable operations. It also enables early identification of A Agricultural pests and diseases and the application of chemical pesticides to target agricultural pests, thus reducing pesticide consumption.

Artificial intelligence in agriculture provides early and rapid identification of agricultural pests, which leads to preserving crops and preventing damage and loss of production. Artificial intelligence uses image recognition technology to scan images of crops for signs of agricultural pests or diseases. This helps farmers take proactive steps in pest control. It also diagnoses plant abnormalities using modern sensors and continuous monitoring, enabling farmers to respond to pest control efforts and ensure healthier, more productive crops.