



ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 631.3:004.8

Осіпов М. Ю.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри садово-паркового господарства,
Уманський національний університет садівництва
Умань, Україна

E-mail: m3dsad@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7004-1164

Рудь А. В.

доктор філософії в галузі технічних наук, професор,
завідувач кафедри агроінженерії і системотехніки імені Михайла Самокиша,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна

ORCID: 0000-0002-7206-7103

Ляшко Ю.-Й. Б.

магістр, аспірант кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М. К. Шикולי,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна

E-mail: YuraLyashko.ua@gmail.com
ORCID: 0009-0009-2226-4756

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО УПРАВЛІННЯ АГРОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ РОБОТОТЕХНІКИ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Анотація

Інтеграція робототехніки та штучного інтелекту в сільське господарство є трансформаційним кроком в керуванні агрономічними процесами, що відкриває потенціал для підвищення продуктивності, стійкості та точності. Актуальність цього напрямку зумовлена збільшуваним світовим попитом на продовольство, необхідністю ефективнішого використання ресурсів та екологічними проблемами, з якими стикаються традиційні методи ведення сільського господарства. Останні часто призводять до неоптимального використання ресурсів, високих трудовитрат і неефективної врожайності, що робить впровадження передових технологій, таких як робототехніка та штучний інтелект, критично важливим для розв'язання цих проблем.

Метою дослідження є вивчення інноваційних рішень в керуванні агрономічними процесами шляхом інтеграції робототехніки та штучного інтелекту з акцентом на їхню роль в оптимізації виробництва сільськогосподарських культур, зменшенні відходів та підвищенні точності сільськогосподарських практик.

Результати застосування робототехніки та штучного інтелекту в сільському господарстві свідчать про перспективність такого підходу. Автономні роботи, оснащені датчиками та алгоритмами штучного інтелекту, можуть моніторити стан ґрунту, виявляти шкідників та оцінювати стан рослин у режимі реального часу, що дає змогу здійснювати цілеспрямоване регулювання. Системи на основі штучного інтелекту, використовуючи машинне навчання та предиктивну аналітику, можуть оптимізувати графіки зрошення, використання добрив та стратегії боротьби зі шкідниками, що приводить до ефективнішого використання ресурсів та підвищення врожайності культур. Безпілотні літальні апарати й роботи на базі штучного інтелекту показали здатність виконувати завдання швидше і з більшою точністю, ніж традиційні методи, що сприяє зниженню витрат і підвищенню продуктивності.

Таким чином, інноваційне використання робототехніки та штучного інтелекту в керуванні агрономічними процесами змінює сільське господарство. Такі технології не лише підвищують ефективність сільськогосподарських операцій, але й відкривають шлях до сталого ведення сільського господарства, зменшуючи споживання ресурсів та мінімізуючи вплив на довкілля.

Ключові слова: цифрові агротехнології, автоматизація сільськогосподарських процесів, штучний інтелект у землеробстві, підвищення врожайності, роботизовані системи.

Вступ. Сільське господарство досягло значного розвитку як на глобальному рівні, так і в Україні. У межах нашої країни наявні достатні ресурси для сталого розвитку аграрного сектору, однак показники рентабельності залишаються невисокими. Це зумовлено, зокрема, недостатнім впровадженням інноваційних технологій у виробничі процеси, що стримує підвищення ефективності та конкурентоспроможності галузі [1–15].

Керування сільськогосподарськими процесами зазвичай ґрунтується на ручній праці, традиційній техніці та стандартних практиках. Проте стрімкий розвиток робототехніки та штучного інтелекту (далі – ШІ) починає кардинально змінювати сільське господарство, відкриваючи можливості для ефективнішого, точнішого та стійкішого ведення сільського господарства. Інноваційні технології мають потенціал трансформувати виконання таких завдань, як посадка, збирання врожаю, боротьба зі шкідниками, зрошення та моніторинг посівів. Завдяки інтеграції ШІ та робототехніки сільськогосподарські системи можуть стати більш пристосованими до змінних умов, підвищити продуктивність та зменшити потребу в людській праці, одночасно розв’язуючи проблеми, пов’язані зі зміною клімату, дефіцитом ресурсів та посилюваним світовим попитом на продовольство [3]. Інтеграція цих технологій у сільськогосподарську практику нині стикається зі значними проблемами, пов’язаними з вартістю, технічною інфраструктурою та необхідністю спеціальних знань для експлуатації та обслуговування сучасних систем.

Актуальність цієї теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності й стійкості сільського господарства в умовах сучасних викликів. За прогнозами, до 2050 року населення планети перевищить 9 мільярдів, тому забезпечення продовольчої безпеки та раціональне використання сільськогосподарських ресурсів стануть надзвичайно важливими. Штучний інтелект і робототехніка можуть оптимізувати процеси прийняття рішень, дозволяючи точніше прогнозувати врожайність, зміни погодних умов і появу шкідників, тим самим мінімізуючи кількість відходів і максимізуючи обсяги виробництва. Ці технології також можуть допомогти зменшити вплив сільського господарства на довкілля завдяки точному землеробству, яке пристосовує сільськогосподарські практики до конкретних польових умов. Застосування ШІ та робототехніки в сільському господарстві все ще перебуває на початковій стадії, але їхня інтеграція може відіграти важливу роль у розв’язанні проблеми глобальної продовольчої безпеки та підвищенні ефективності сільського господарства [8].

Інтеграція ШІ та робототехніки в управління сільським господарством прискорила перехід до сталих, керованих даними процесів, які часто називають «Сільське господарство 5.0» [2; 4]. Цей новий етап використовує автономні роботизовані системи, машинне навчання та Інтернет речей (ІоТ) для підвищення продуктивності та прийняття рішень з одночасним забезпеченням сталого розвитку [5].

Вибрана проблематика дослідження останнім часом перебуває у фокусі наукової уваги відомих українських учених. Так, А. Рудь, С. Грушецький, М. Корчак, С. Замоцький [12], О. Головня та Ю. Чемерис [7] з’ясували, як застосування робототехніки на основі штучного інтелекту сприяє розв’язанню актуальних проблем сільського господарства, зокрема щодо боротьби зі шкідниками та підвищення ресурсоефективності. Науковці зазначають, що ці технології використовують датчики та вдосконалені алгоритми для збору даних у режимі реального часу, що оптимізує такі завдання, як аналіз ґрунту, внесення пестицидів та прогнозування врожайності.

С. Бурлака, Р. Кириченко [3] вивчали, як машинний інтелект і робототехніка можуть автоматизувати збирання врожаю та моніторинг сільськогосподарських культур. Дослідження вчених демонструє, що обладнані камерами й штучним інтелектом роботи можуть визначати стан і розвиток культур з більшою точністю, ніж вручну, зменшуючи залежність від робочої сили та скорочуючи втрати.

О. Гарафонова, В. Маргасова [5] зосереджуються на вивченні роботизованої боротьби з бур’янами. У статті науковиць продемонстровано ефективність автономних транспортних засобів у виявленні та вибіркового видаленні бур’янів, що підвищує врожайність сільськогосподарських культур і мінімізує використання гербіцидів.

Зазначені методи є частиною ширших галузевих заходів, спрямованих на зменшення впливу на довкілля та сприяння сталому розвитку за допомогою автоматизації. Наприклад, моделі прогнозування на основі ШІ допомагають керувати ресурсами, оцінюючи погодні умови, стан рослин і ґрунту, що сприяє більш раціональному плануванню зрошення та посівів [7]. Для вдосконалення цих моделей науковці здійснюють міжгалузеву співпрацю, спрямовану на створення стійкої та ефективної сільськогосподарської екосистеми, що принесе користь як виробникам, так і споживачам.

Мета роботи. Метою цього дослідження є визначення ролі інноваційних рішень у керуванні агрономічними процесами шляхом інтеграції робототехніки та штучного інтелекту з акцентом на їхній внесок в оптимізацію виробництва сільськогосподарських культур, зменшення кількості відходів та підвищення точності сільськогосподарських практик.

Відповідно до мети були сформульовані такі завдання: проаналізувати сучасні робототехнічні технології та технології штучного інтелекту, що застосовуються в агрономії; оцінити їхній вплив на оптимізацію врожайності

та зменшення кількості відходів; визначити досягнення в галузі точного землеробства на основі штучного інтелекту та потенціал цих технологій для підвищення ефективності й точності сільськогосподарських практик.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сільськогосподарському секторі відбувається швидкий технологічний прогрес, зокрема в галузі робототехніки, який трансформує традиційні агрономічні практики. Робототехніка в сільському господарстві відкриває нові можливості для підвищення продуктивності, оптимізації використання ресурсів та підвищення загальної ефективності агрономічних процесів.

Роботизовані системи були розроблені для виконання різноманітних завдань, які раніше вимагали використання ручної праці. У польових роботах трактори, оснащені роботизованими системами, можуть автоматизувати такі роботи, як виорювання, садіння, внесення добрив та збирання врожаю. Такі трактори часто оснащені GPS і датчиками, які забезпечують точну навігацію й виконання завдань, зводячи до мінімуму участь людини. Роботизовані трактори зменшують попит на фізичну працю та сприяють зростанню точності під час посадки та вирощування, що підвищує врожайність культур. У сільському господарстві безпілотники набувають усе більшого поширення, відіграючи важливу роль у моніторингу посівів, застосуванні пестицидів і навіть висаджуванні насіння у віддалених районах. Безпілотники, оснащені мультиспектральними та тепловізійними камерами, можуть оцінювати стан посівів, аналізуючи вегетаційні індекси, допомагаючи фермерам ухвалювати обґрунтовані рішення щодо необхідності їх обробки. Комбайни теж оснащуються роботизованими системами, які можуть автономно збирати та обробляти врожай, полегшуючи трудомісткі завдання та дозволяючи ефективніше складати календарні плани збирання врожаю.

Впровадження автоматизованих систем моніторингу ще більше розширило можливості сільськогосподарської робототехніки. Системи моніторингу ґрунту, наприклад, використовують датчики, які вимірюють такі параметри, як вологість, рН та рівень поживних речовин, у режимі реального часу. Такі дані можна використовувати для регулювання графіків зрошення та внесення добрив відповідно до потреб ґрунту, оптимізуючи використання ресурсів. Системи моніторингу погоди також відіграють важливу роль, оскільки вони надають необхідну інформацію щодо температури, вологості й кількості опадів, допомагаючи фермерам передбачити й пом'якшити ризики, пов'язані з кліматичними коливаннями. Системи моніторингу рослин є не менш значущими: вони використовують камери та сенсорні технології для визначення стадій росту рослин, виявлення хвороб та оцінювання якості врожаю. Такі системи часто працюють у тандемі з роботизованими платформами, що дає змогу точно вносити такі ресурси, як вода, добрива та пестициди, на основі даних, отриманих у режимі реального часу [16; 12].

Можливості алгоритмів штучного інтелекту все більше використовуються в сільському господарстві для покращення аналізу даних та процесів ухвалення рішень. Алгоритми машинного навчання здатні обробляти великі обсяги даних з різних датчиків і прогнозувати закономірності, пропонуючи ідеї, які дають змогу ухвалювати проактивні рішення. Наприклад, алгоритми ШІ можуть прогнозувати зараження шкідниками на основі історичних даних і кліматичних умов, що дає можливість вчасно вжити заходів. Схожим чином ШІ може аналізувати дані про стан ґрунту й рослин для того, щоб запропонувати оптимальні графіки посадки й внесення добрив, що забезпечує вирощування сільськогосподарських культур за найсприятливіших умов. Використання моделей глибинного навчання є особливо ефективним під час аналізу зображень з дронів або стаціонарних камер для виявлення хвороб рослин, нестачі поживних речовин або забур'яненості полів. Такі алгоритми здатні ідентифікувати слабкі візуальні ознаки, які може не помітити людина, що дає змогу вчасно вжити заходів і зменшити втрати врожаю.

Інтеграція робототехніки та ШІ в сільському господарстві зумовлює численні переваги, але водночас створює низку викликів [11]. Високі первинні інвестиційні витрати та потреба в спеціальних знаннях для експлуатації та обслуговування цих технологій є основними бар'єрами на шляху до їх впровадження. До того ж складність сільськогосподарського виробництва, що характеризується різними типами рельєфу, погодних умов і сільськогосподарських культур, вимагає гнучких і адаптивних робототехнічних систем. Досягнення в галузі машинного навчання та адаптивних алгоритмів керування допомагають розв'язати ці проблеми, оскільки вони дають змогу робототехнічним системам навчатися на основі даних про умови, у яких вони перебувають, і вносити корективи в режимі реального часу. Розвиток хмарних платформ також сприяє інтеграції даних та дистанційному моніторингу, що дає змогу аграріям контролювати операції на відстані та ухвалювати рішення на підставі даних [12].

У табл. 1 наведено огляд основних роботизованих систем, що використовуються в агрономічних процесах, типів упроваджених систем моніторингу та алгоритмів ШІ, що застосовуються для різних цілей у сучасному сільському господарстві.

Зазначимо, що робототехніка та ШІ сприяють точному, ефективному та сталому керуванню агрономічними процесами, тим самим трансформуючи традиційне сільське господарство. Економічні переваги зумовлені здатністю робототехніки та систем зі штучним інтелектом зменшувати потребу в робочій силі та оптимізувати використання ресурсів. Роботизовані системи, такі як автономні трактори, дрони та комбайни, можуть виконувати повторювані завдання, як-от посадка, обприскування та збирання врожаю, з мінімальним втручанням людського фактора. Така механізація зменшує витрати на робочу силу та підвищує ефективність виконання завдань, що приводить до більшої прибутковості. Наприклад, дрони використовуються для моніторингу за станом посівів, потреб в зрошенні та зараження шкідниками в режимі реального часу, що дає змогу здійснювати цілеспрямоване регулювання та зменшує нераціональне використання води, добрив і пестицидів. Точність робототехніки дає

змогу виконувати більш точний посів і збір врожаю, мінімізуючи втрати останнього й підвищуючи його якість, що, зрештою, збільшує прибуток фермерських господарств. Аналіз даних на основі штучного інтелекту збільшує економічні вигоди, оскільки дає змогу прогнозувати результати й оптимізувати розподіл ресурсів, тим самим максимізуючи рентабельність інвестицій.

З точки зору екології робототехніка та штучний інтелект у сільському господарстві мають трансформаційні можливості, сприяючи впровадженню більш ефективних та сталих практик. Автономна техніка зменшує споживання пального, порівняно з традиційною технікою, оскільки вона зазвичай використовує електричні або гібридні джерела енергії, що призводить до зниження викидів парникових газів. Робототехніка покращує точне землеробство, даючи змогу мінімально вносити хімікати й добрива лише там, де вони потрібні, що зменшує деградацію ґрунтів і мінімізує забруднення води від стоків. Алгоритми штучного інтелекту сприяють оптимізації сівозміни та методів керування ґрунтами, що покращує їхній стан і біорізноманіття в довготривалій перспективі. Дрони також забезпечують неінтрузивний моніторинг посівів, що дає змогу фермерам оцінювати стан посівів, не завдаючи шкоди екосистемі. Інтеграція цих новітніх технологій робить сільське господарство менш агресивним і більш збалансованим щодо природного середовища [15].

У табл. 2 наведено основні технології робототехніки та ШІ, що застосовуються в агрономічних процесах, їхні ключові економічні та екологічні переваги, перспективи розвитку, а також рекомендації щодо впровадження для отримання максимальної вигоди.

Таблиця 1. Характеристика роботизованих систем, що використовуються в агрономії

Роботизована система	Польове застосування	Система моніторингу	Призначення алгоритму штучного інтелекту
Трактори-роботи	Оранка, сівба, внесення добрив	Моніторинг ґрунту	Прогнозування рівня вологості та поживних речовин у ґрунті
Дрони	Моніторинг посівів, внесення пестицидів	Моніторинг погоди	Аналіз стану посівів, прогнозування зараження шкідниками
Роботизовані комбайни	Автономне збирання врожаю	Моніторинг рослин	Виявлення хвороб, оцінювання врожайності
Датчики ґрунту	Моніторинг стану ґрунту в режимі реального часу	Інтеграція з тракторами та дронами	Рекомендації для точного землеробства
Метеостанції	Відстеження погодних умов	Інтеграція з автономними системами	Аналіз впливу клімату на здоров'я рослин
Системи візуалізації рослин	Моніторинг росту та хвороб	Використовуються з дронами та наземними транспортними засобами	Візуальна ідентифікація хвороб

Джерело: складено авторами за джерелами [12–16]

Таблиця 2. Економічні та екологічні переваги використання штучного інтелекту та робототехніки в агрономії

Технологія	Економічні переваги	Екологічні переваги	Перспективи подальшого розвитку	Рекомендації щодо впровадження
Автономні трактори	Зменшує витрати на робочу силу й підвищує операційну ефективність	Знижує споживання пального й шкідливі викиди	Покращена адаптація до рельєфу та погодних умов	Для вибору відповідної моделі трактора необхідно врахувати розмір поля та рельєф місцевості
Дрони	Оптимізує боротьбу зі шкідниками, зрошення та моніторинг посівів	Мінімізує використання хімікатів і запобігає порушенню екосистеми	Покращена візуалізація для виявлення хвороб та відстеження стану рослин	Навчання операторів та вибіркове використання дронів відповідно до потреб культури
Роботизовані комбайни	Підвищує ефективність збирання та зменшує втрати врожаю	Сприяє ефективному використанню ресурсів під час збирання врожаю	Розробка багатофункціональних комбайнів	Вибір моделей комбайнів відповідно до типу культури та польових умов
Системи моніторингу ґрунту та погодних умов	Оптимізує використання ресурсів та підвищує продуктивність	Зменшує вимивання поживних речовин і покращує стан ґрунту	Інтеграція зі штучним інтелектом для прогнозного аналізу впливу	Регулярна перевірка датчиків та інтеграція даних
Аналіз даних за допомогою ШІ	Покращує прийняття рішень і максимізує розподіл ресурсів	Підтримує сталу сівозміну та стан ґрунту	Вдосконалені моделі для точного керування врожаєм та боротьби зі шкідниками	Використання хмарних платформ з потужними заходами безпеки даних

Джерело: складено авторами за джерелами [14–16]

Подальші можливості робототехніки та штучного інтелекту в агрономії є перспективними. Інновації в галузі штучного інтелекту, машинного навчання та робототехніки приводять до створення розумних, більш адаптивних технологій, здатних працювати в складних і мінливих сільськогосподарських умовах. Сучасні сенсорні технології та розширення використання Інтернету речей (IoT) у сільському господарстві дають змогу безперешкодно збирати та аналізувати дані, забезпечуючи цілісну картину стану фермерських господарств. Штучний інтелект також використовується для розроблення систем підтримки прийняття рішень, які допомагають фермерам ухвалювати обґрунтовані рішення, що засновані на даних. Інтеграція моделей глибинного навчання в інструменти моніторингу врожаю може сприяти ранньому запобіганню хворобам, оптимізувати графіки зрошення на основі погодних умов і прогнозувати результати врожайності з високою точністю. Ці досягнення дають змогу зробити сільське господарство більш стійким до змін клімату завдяки точним і адаптивним методам його ведення. Робототехніка також розвивається з точки зору точності та функціональності: розробляються роботи, здатні обробляти чутливі культури, виконувати складні завдання щодо прополювання та працювати за різних погодних умов. З часом розробка багатофункціональних роботизованих платформ, які можуть автономно виконувати безліч завдань, ймовірно, знизить витрати й підвищить операційну гнучкість для фермерів.

Для ефективного впровадження технологій вбачається за доцільне навести низку практичних рекомендацій, які допоможуть фермерам і сільськогосподарським підприємствам застосовувати робототехніку та штучний інтелект. Насамперед важливо оцінити конкретні потреби та умови господарства, такі як типи культур, площу поля та фактори довкілля, щоб вибрати відповідні роботизовані рішення. У регіонах зі значними за площею полями оптимальними можуть бути автономні трактори або комбайни, тоді як менші фермерські господарства можуть отримати більше користі від рішень на основі дронів для моніторингу та боротьби зі шкідниками. Для того щоб гарантувати, що працівники фермерських господарств зможуть ефективно керувати цими технологіями та обслуговувати їх, необхідно забезпечити навчання та технічну підтримку персоналу. Партнерство з постачальниками технологій та сільськогосподарськими експертами може полегшити цей перехід, забезпечивши фермерам доступ до необхідних навичок і знань.

Безпека даних і конфіденційність є ще одним фактором, який варто враховувати під час впровадження робототехніки та штучного інтелекту. Оскільки ці системи сильно залежать від збору даних та їхньої обробки в хмарних обчисленнях, для захисту конфіденційної інформації необхідно розробити безпечні протоколи керування даними. Фермерам також необхідно скористатися державними або приватними програмами підтримки, які можуть запропонувати фінансову допомогу у впровадженні сталих сільськогосподарських технологій. Співпраця з науково-дослідними установами теж може бути корисною, оскільки допоможе забезпечити доступ до новітніх розробок і сприятиме створенню середовища для обміну знаннями у сфері використання робототехніки та штучного інтелекту в сільському господарстві. Крім того, регулярний моніторинг і оцінка ефективності впроваджених систем є важливими для забезпечення очікуваних економічних і екологічних переваг, що дає змогу вчасно вносити корективи в разі потреби.

Висновки. Робототехніка та штучний інтелект фундаментально змінюють агрономічні процеси, забезпечуючи більш ефективні, точні та сталі сільськогосподарські практики. Інтеграція роботизованих систем, таких як трактори, дрони та комбайни, у поєднанні з автоматизованим моніторингом ґрунту, погоди та рослин дає змогу ефективніше керувати сільськогосподарськими ресурсами. Алгоритми штучного інтелекту розширюють можливості цих систем, забезпечуючи прогнозування, оптимізуючи процес прийняття рішень та забезпечуючи можливість вчасного реагування в разі виникнення хвороб або зараження шкідниками. Попри виклики, постійні інновації та розробки в цій галузі гарантують задоволення специфічних потреб сільського господарства, що відкриває шлях до створення майбутнього, у якому робототехніка відіграватиме важливу роль у світовому виробництві харчових продуктів.

Список використаних джерел

1. Авраменко Є., Опанасенко В. Формування професійної компетентності майбутніх агроінженерів щодо використання AgTech-інновацій у сільському господарстві. *Наука і техніка сьогодні*. 2023. № 10 (24). С. 188–197. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-10\(24\)-188-197](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-10(24)-188-197).
2. Богдєорова Л., Мельниченко С., Маркелюк А. Просторово-часова динаміка якісних змін ефективності виробництва сільськогосподарських культур на підприємствах України у 2015 та 2019 роках. *Європейський науковий журнал економічних та фінансових інновацій*. 2020. Т. 2. № 6. С. 205–216. DOI: <https://doi.org/10.32750/10.32750/2020-0219>.
3. Бурлака С., Кириченко Р. Шляхи удосконалення робочих органів сівалок для точного землеробства. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2023. № 4 (111). С. 37–46. DOI: [10.37128/2306-8744-2023-4-6](https://doi.org/10.37128/2306-8744-2023-4-6).
4. Вишневецька О. Розвиток інноваційних технологій в рослинництві. *Наукові перспективи*. 2023. № 10 (40). С. 385–397. DOI: [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2023-10\(40\)](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2023-10(40)).
5. Гарафонова О., Маргасова В. Перспективи впровадження інноваційних технологій розвитку агропромислового комплексу України. *Socio-economic relations in the digital society*. 2022. № 3 (45). С. 19–28. DOI: <https://doi.org/10.55643/ser.3.45.2022.475>.
6. Гладких Т. Інноваційні підходи до вирішення екологічних проблем в аграрному секторі економіки та їх вплив на розвиток територіальних громад України. *Наукові інновації та передові технології*. 2024. № 5 (33). С. 748–757. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2023-14\(28\)](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2023-14(28)).

7. Головня О., Чемерис Ю. Сучасні тренди інноваційності ринку сільськогосподарської техніки в умовах глобального середовища. *Економіка та суспільство*. 2024. № 66. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-18>.
8. Дугінець Г., Ніжейко К. Цифровізація аграрного сектору ЄС: досвід для України. *Економіка та суспільство*. 2023. № 56. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-148>.
9. Ільчук М., Свиноус І. Економічні аспекти інноваційної діяльності сільськогосподарських підприємств. *Економічний дискурс*. 2023. № 3–4. С. 46–54. DOI: <https://doi.org/10.36742/2410-0919-2023-2-4>.
10. Кононенко Л., Сисоліна Н., Сисоліна І. Формування стратегії підприємствами агропромислового комплексу в умовах циркулярної економіки. *Економічний простір*. 2023. № 184. С. 91–94. DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/184-15>.
11. Марченко М. Диджиталізація процесів управління бізнес-діяльністю сільськогосподарських підприємств. *Галицький економічний вісник*. 2023. № 81 (2). С. 133–139. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2023.02.133.
12. Рудь А., Грушецький С., Корчак М., Замойський С. Роль сучасних технологій у забезпеченні сталого розвитку в сільському господарстві через оптимізацію процесів сівби. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Mechanization and Automation of Production Processes*. 2024. № 1 (55). С. 69–74. DOI: <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.1.9>.
13. Хахула Б. Економічні проблеми розвитку інноваційної діяльності в сільськогосподарських підприємствах України. *Продовольчі ресурси*. 2022. № 10 (19). С. 265–273. DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-29>.
14. Шацька З., Прима В. Особливості впровадження інформаційних технологій в аграрному секторі України. *Агросвіт*. 2022. № 13–14. С. 60–64. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/20590> (дата звернення: 11.11.2024).
15. Melnychenko S., Morozova O., Bohadorova L. Spatial-temporal dynamics of qualitative changes in efficiency of agricultural production in agricultural holdings of Ukraine in 2015 and 2019. *Bulletin of V. Karazin Kharkiv National University Economic Series*. 2021. № 101. P. 45–58. DOI: <https://doi.org/10.26565/2311-2379-2021-101-05>.
16. Mykhailenko V., Safranov T. Estimation of Input of Unintentionally Produced Persistent Organic Pollutants into the Air Basin of the Odessa Industrial-and-Urban Agglomeration. *Journal of Ecological Engineering*. 2021. № 22 (9). P. 21–31. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/141479>.

Osipov M. Yu.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Lecturer at the Department of Gardening and Park Management,
Uman National University of Horticulture
Uman, Ukraine*

E-mail: m3dsad@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7004-1164

Rud A. V.

*Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Professor,
Head of the Department of Agricultural Engineering and System Engineering named after Mykhailo Samokish,
Higher educational institution "Podillia State University"*

Kamyanets-Podilskyi, Ukraine

ORCID: 0000-0002-7206-7103

Liashko Yu.-Y. B.

Master,

*Postgraduate Student at the Professor M.K. Shykula Department of Soil Science and Soil Conservation,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Kyiv, Ukraine

E-mail: YuraLyashko.ua@gmail.com

ORCID: 0009-0009-2226-4756

INNOVATIVE APPROACHES TO THE MANAGEMENT OF AGRONOMIC PROCESSES USING ROBOTICS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Abstract

The integration of robotics and artificial intelligence (AI) in agriculture represents a transformative step in managing agronomic processes, unlocking potential for increased productivity, sustainability, and precision. This direction is relevant due to the rising global food demand, the need for more efficient resource use, and the environmental challenges faced by traditional agricultural methods. Conventional farming methods often lead to inefficient resource use, high labor costs, and suboptimal yields, making advanced technologies such as robotics and AI crucial for addressing these issues.

The purpose of this study is to explore innovative solutions in agronomic process management through the integration of robotics and AI, with a focus on their role in optimizing crop production, reducing waste, and enhancing the accuracy of agricultural practices.

The results of applying robotics and AI in agriculture demonstrate the potential of this approach. Autonomous robots equipped with sensors and AI algorithms can monitor soil conditions, detect pests, and assess plant health in real-time, enabling targeted adjustments. AI-based systems, using machine learning and predictive analytics, can optimize irrigation schedules, fertilizer use, and

pest control strategies, leading to more efficient resource use and higher crop yields. AI-powered drones and robots have shown the capability to perform tasks faster and with greater accuracy than traditional methods, helping reduce costs and increase productivity.

Thus, the innovative use of robotics and AI in agronomic process management is reshaping agriculture. These technologies not only improve the efficiency of agricultural operations but also pave the way for sustainable farming, reducing resource consumption and minimizing environmental impact.

Key words: digital agrotechnology, agricultural process automation, AI in farming, yield improvement, robotic systems.

References

1. Avramenko, Ye., Opanasenko, V. (2023). Formuvannya profesiinoi kompetentnosti maibutnikh ahroinzheneriv shchodo vykorystannia AgTech-innovatsii u silskomu hospodarstvi [Formation of professional competence of future agro-engineers in the use of AgTech innovations in agriculture]. *Nauka i tekhnika sohodni – Science and Technology Today*, no. 10 (24), pp. 188–197. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-10\(24\)-188-197](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-10(24)-188-197) [in Ukrainian].
2. Bohadorova, L., Melnychenko, S., Markeliuk, A. (2020). Prostorovo-chasova dynamika yakisnykh zmin efektyvnosti vyrobnytstva silskohospodarskykh kultur na pidpriemstvakh Ukrainy u 2015 ta 2019 rokakh [Spatial-temporal dynamics of qualitative changes in the efficiency of agricultural crop production at enterprises in Ukraine in 2015 and 2019]. *Yevropeiskyi naukovyi zhurnal Ekonomichnykh ta Finansovykh innovatsii – European Scientific Journal of Economic and Financial Innovations*, vol. 2, no. 6, pp. 205–216. DOI: <https://doi.org/10.32750/10.32750/2020-0219> [in Ukrainian].
3. Burlaka, S., Kyrychenko, R. (2023). Shliakhy udoskonalennia robochykh orhaniv sivalok dlia tochnoho zemlerobstva [Ways to improve the working elements of seeders for precision farming]. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh – Vibrations in Engineering and Technology*, no. 4 (111), pp. 37–46. DOI: [10.37128/2306-8744-2023-4-6](https://doi.org/10.37128/2306-8744-2023-4-6) [in Ukrainian].
4. Vyshnevetska, O. (2023). Rozvytok innovatsiinykh tekhnolohii v roslynnytstvi [Development of innovative technologies in crop production]. *Naukovi perspektyvy – Scientific Perspectives*, no. 10 (40), pp. 385–397. DOI: [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2023-10\(40\)](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2023-10(40)) [in Ukrainian].
5. Duhinets, H., Nizheiko, K. (2023). Tsyfrovizatsiia ahrarynoho sektoru YeS: dosvid dlia Ukrainy [Digitalization of the EU agricultural sector: experience for Ukraine]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, no. 56. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-148> [in Ukrainian].
6. Harafonova, O., Marhasova, V. (2022). Perspektyvy vprovadzhennia innovatsiinykh tekhnolohii rozvytku ahropromyslovoho kompleksu Ukrainy [Prospects for the implementation of innovative technologies for the development of the agro-industrial complex of Ukraine]. *Socio-economic relations in the digital society*, no. 3 (45), pp. 19–28. DOI: <https://doi.org/10.55643/ser.3.45.2022.475> [in Ukrainian].
7. Hladkykh, T. (2024). Innovatsiini pidkhody do vyrishennia ekolohichnykh problem v ahrarynomu sektori ekonomiky ta yikh vplyv na rozvytok terytorialnykh hromad Ukrainy [Innovative approaches to solving ecological problems in the agricultural sector of the economy and their impact on the development of territorial communities of Ukraine]. *Naukovi innovatsii taпередovi tekhnolohii – Scientific Innovations and Advanced Technologies*, no. 5 (33), pp. 748–757. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2023-14\(28\)](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2023-14(28)) [in Ukrainian].
8. Holovnia, O., Chemeris, Yu. (2024). Suchasni trendy innovatsiinosti rynku silskohospodarskoi tekhniki v umovakh hlobalnoho seredovysheha [Modern trends in the innovation of the agricultural machinery market in the context of the global environment]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, no. 66. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-18> [in Ukrainian].
9. Ilchuk, M., Svyynous, I. (2023). Ekonomichni aspekty innovatsiinoi diialnosti silskohospodarskykh pidpriemstv [Economic aspects of innovative activities in agricultural enterprises]. *Ekonomichnyi dyskurs – Economic Discourse*, no. 3–4, pp. 46–54. DOI: <https://doi.org/10.36742/2410-0919-2023-2-4> [in Ukrainian].
10. Kononenko, L., Sysolina, N., Sysolina, I. (2023). Formuvannya stratehii pidpriemstvamy ahropromyslovoho kompleksu v umovakh tsyrkuliarnoi ekonomiky [Formation of strategies by enterprises of the agro-industrial complex under the conditions of a circular economy]. *Ekonomichnyi prostir – Economic Space*, no. 184, pp. 91–94. DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/184-15> [in Ukrainian].
11. Marchenko, M. (2023). Didzhitalizatsiia protsesiv upravlinnia biznes-diialnistiu silskohospodarskykh pidpriemstv [Digitalization of business activity management processes in agricultural enterprises]. *Halytskyi ekonomichnyi visnyk – Galician Economic Bulletin*, no. 81 (2), pp. 133–139. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2023.02.133 [in Ukrainian].
12. Rud, A., Hrushetskyi, S., Korchak, M., Zamoiskyi, S. (2024). Rol suchasnykh tekhnolohii u zabezpechenni staloho rozvytku v silskomu hospodarstvi cherez optymizatsiiu protsesiv sivyb [The role of modern technologies in ensuring sustainable development in agriculture through optimization of sowing processes]. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Mechanization and Automation of Production Processes*, no. 1 (55), pp. 69–74. DOI: <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.1.9> [in Ukrainian].
13. Khakhula, B. (2022). Ekonomichni problemy rozvytku innovatsiinoi diialnosti v silskohospodarskykh pidpriemstvakh Ukrainy [Economic problems of developing innovative activities in agricultural enterprises of Ukraine]. *Prodovolchi resursy – Food Resources*, no. 10 (19), pp. 265–273. DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-29> [in Ukrainian].
14. Shatska, Z., Pryma, V. (2022). Osoblyvosti vprovadzhennia informatsiinykh tekhnolohii v ahrarynomu sektori Ukrainy [Features of the implementation of information technologies in the agricultural sector of Ukraine]. *Ahrosvit – Agroworld*, no. 13–14, pp. 60–64. URL: <https://er.knurd.edu.ua/handle/123456789/20590> (date accessed: 11.11.2024) [in Ukrainian].
15. Melnychenko, S., Morozova, O., Bohadorova, L. (2021). Spatial-temporal dynamics of qualitative changes in efficiency of agricultural production in agricultural holdings of Ukraine in 2015 and 2019. *Bulletin of V. Karazin Kharkiv National University Economic Series*, no. 101, pp. 45–58. DOI: <https://doi.org/10.26565/2311-2379-2021-101-05> [in English].
16. Mykhailenko, V., Safranov, T. (2021). Estimation of input of unintentionally produced persistent organic pollutants into the air basin of the Odessa industrial-and-urban agglomeration. *Journal of Ecological Engineering*, no. 22 (9), pp. 21–31. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/141479> [in English].