

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АПК: ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ

УДК 004.89: 631

[https://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2023-2-33\(47\)-6](https://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2023-2-33(47)-6)

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ І МОЖЛИВОСТІ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ В СУЧАСНОМУ СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Лиховид П., д-р с.-г. наук

e-mail: pavel.likhovid@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0314-7644>

Вожегова Р., д-р с.-г. наук, проф., ак. НААН,

e-mail: icsanaas@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-3895-5633>

Грановська Л., д-р екон. наук, проф., чл.-кор. НААН,

e-mail: g_ludmila15@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7021-3093>

Ушкаренко В., д-р с.-г. наук, проф., ак. НААН,

<https://orcid.org/0000-0001-7319-1731>

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН

Анотація

Стаття присвячена вивченню можливостей штучного інтелекту для сільськогосподарського виробництва з точки зору наукової теорії та вирішення практичних завдань.

Мета досліджень полягала у вивченні можливості застосування сучасної системи штучного інтелекту «Agri1», розробленої спеціально для потреб сільського господарства, для вирішення теоретичних і практичних завдань, пов'язаних із агропромисловим виробництвом, за такими трьома галузями: ґрунтознавство, агротехніка вирощування сільськогосподарських культур, сільськогосподарські меліорації.

Методи. Науково-теоретичні та практичні питання із зазначених галузей сільського господарства поставлені системі штучного інтелекту «Agri1» відповідно до розробленого методологічного плану, який передбачав 10 запитань до кожної групи завдань: 10 запитань науково-теоретичного та 10 запитань практичного спрямування з ґрунтознавства, агротехніки та сільськогосподарських меліорацій. Таким чином, сумарно системі було задано 60 питань. Оцінка якості відповідей визначалася за відсотком коректних і повних відповідей на поставлені запитання з урахуванням необхідності постановки додаткових уточнювальних запитань.

Результати. У результаті вивчення можливостей системи штучного інтелекту «Agri1» виявлено, що відсоток коректних відповідей становив 81,67, 83,33 та 88,33% для запитань із ґрунтознавства, агротехніки та сільськогосподарських меліорацій відповідно. Вищу точність та якість відповідей отримано із практичних запитань, водночас на теоретичні запити система «Agri1» давала менш коректні та якісні відповіді (86,67% проти 82,22% відповідно для практичних і теоретичних запитів). Окрім того, істотно більшу кількість додаткових запитів поставлено у ході виконання системою «Agri1» завдань, нетипових для міжнародної агрономічної науки та практики. Загальний вихід коректних відповідей становив 84,44%, що є достатнім показником для рекомендації застосування «Agri1» з науково-практичною метою. Постановка необмеженої кількості додаткових запитів і внутрішнє самонавчання системи дає змогу припустити, що за певних обставин можна досягти 95% і навіть вищої точності та коректності відповідей.

Висновки. Система штучного інтелекту «Agri1» є високоякісним і надійним інструментом для отримання науково-теоретичної інформації та практичних порад із ґрунтознавства, агротехніки та сільськогосподарських меліорацій, яка може бути використана як додаткове джерело інформації у дослідних і виробничих цілях. Недоліками системи є англomовний інтерфейс, обмежена кількість

одночасних запитів, доступних у безкоштовній версії, та недостатня обізнаність системи з нетиповими для країн ЄС та США технологічними запитаннями.

Ключові слова: агротехніка, ґрунтознавство, інформаційні технології, сільськогосподарські меліорації, штучний інтелект.

Постановка проблеми. Штучний інтелект — один із останніх здобутків сучасних інформаційних технологій. У загальному розумінні це галузь кібернетики й інформатики, яка займається розробкою, тестуванням і впровадженням машин, роботів і комп'ютерних програм, які імітують вирішення завдань, поставлених перед ними, за алгоритмами, які для цього використовують тварини та люди. Основними галузями застосування штучного інтелекту є пошукові системи, системи відстеження активності, дорадницькі системи та системи ухвалення управлінських рішень, системи розпізнавання та генерації об'єктів і документів, системи моніторингу довкілля, автоматизовані системи керування машинами й устаткуванням, мистецтво тощо. Як самостійна академічна дисципліна штучний інтелект з'явився у програмі окремих закладів вищої освіти у 1956 р. [Norvig & Russell, 2021].

Сфера застосування штучного інтелекту, як зазначено вище, є дуже широкою і охоплює ряд галузей економіки. Останнім часом окремі компоненти та цілісні системи штучного інтелекту впроваджуються й у галузь сільського господарства з метою поліпшення економічної ефективності виробництва продукції та умов праці [Jose et al., 2021]. Однак наразі це питання є вивченим недостатньо, а тому потребує ретельного розгляду, оскільки застосування штучного інтелекту в агропромисловому секторі економіки має свою специфіку та труднощі імплементації, що пов'язано з тісною багатокомпонентною взаємодією з багатьма факторами навколишнього середовища та біологічними об'єктами й системами, а це вимагає комплексного підходу та ретельної валідації моделей та алгоритмів, покладених в основу штучного інтелекту.

Найбільш широко штучний інтелект сьогодні використовується у системах

точного землеробства [Shadrin et al., 2019], однак донині серед науковців немає єдиної думки щодо принципів і алгоритмів, які будуть максимально ефективними для вирішення конкретних завдань, пов'язаних із виробництвом сільськогосподарської продукції, оскільки один і той самий алгоритм може бути високоефективним в одному випадку й абсолютно неефективним в іншому [Saleem et al., 2021].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основними постачальниками сучасних систем штучного інтелекту для сільського господарства є країни Західної Європи, США та Китай. Ґрунтовний огляд результатів останніх досліджень і практичної імплементації здобутків сучасної кібернетики та інформатики в сфері сільськогосподарського виробництва, нещодавно здійснений Bannerjee et al. (2018), дає змогу визначити такі основні напрямки використання систем штучного інтелекту в рослинництві та землеробстві: управління технологією вирощування сільськогосподарських культур (у вигляді модельних симуляцій, експертних систем, систем підтримки ухвалення управлінських рішень, автоматизації управління технікою тощо); управління системами захисту посівів від шкідників, хвороб і бур'янів (системи інтелектуального розпізнавання шкодочинних організмів, системи інтелектуального внесення пестицидів тощо); системи штучного інтелекту для управління процесами збирання, зберігання та переробки продукції рослинництва; системи інтелектуального менеджменту зрошувальних систем, дренажу та управління станом ґрунтів (включає системи для автоматизованої оцінки стану ґрунтів, визначення потреби в зрошенні, планування зрошення, контроль за якістю поливу та водовідведення тощо); прогностичні системи (прогнозування та програмування врожайності сільськогосподарських культур,

прогноз метеорологічних умов, економічні прогнози тощо).

В Україні проблематикою розробки та впровадження систем штучного інтелекту в сільськогосподарське виробництво присвячено наукові праці Вожегової, Бояркіної (розробки в напрямку систем підтримки ухвалення управлінських рішень, автоматизації розрахунку технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур) [Вожегова та ін., 2013], Власенко та ін. (2013) (системи автоматизованого контролю за показниками якості молока), Кравченка (системи автоматизованого контролю виконання агротехнічних операцій), Білоцерківця (штучний інтелект в управлінні сільськогосподарськими машинами) тощо [Шацька & Прима, 2022].

Одним із найбільш відомих і перспективних напрямків використання штучного інтелекту в галузі рослинництва є роботизація процесів, яка дає змогу істотно знизити навантаження на людські трудові ресурси, поліпшити якість і точність виконання агротехнічних операцій, підвищити організаційно-економічну ефективність виробництва продукції [Коковіхін та ін., 2009; Вожегова та ін., 2016; Кучмієва та ін., 2023]. Лебідь та ін. (2023) окреслює такі перспективні напрямки впровадження штучного інтелекту в агросферу України: визначення рослин, пошкоджених шкідниками та хворобами, ідентифікація забур'яненості посівів, інтелектуальні системи управління водними ресурсами та водокористуванням у системах зрошувального землеробства, прогнозування агрометеорологічних показників, управління ґрунтовими та матеріально-технічними ресурсами тощо. Досить цікавим і таким, що вже зараз отримав певний рівень виробничого впровадження у передових господарствах України, є підхід до використання гібридних систем автоматизації управління виробництвом та агроресурсами на основі технології «IoT» (Internet of things, або інтернет речей), яка успішно вирішує ряд складних питань класифікації і прогнозування [Бондаренко, 2022].

На жаль, наразі рівень вітчизняних розробок і рівень їхнього впровадження у виробничу практику є недостатнім, отже, на сучасному етапі варто звернути увагу на доступні продукти іноземного походження, вивчати їхні можливості й адаптувати їх до умов українського агропромислового комплексу. Найбільш перспективними та легко адаптованими технологіями штучного інтелекту є системи підтримки ухвалення управлінських рішень, особливо ті, які реалізовані за функціональним алгоритмом чат-боту (тобто «питання — відповідь»).

Одним із найбільш сучасних і широкодоступних чат-ботів є система штучного інтелекту «Agril». Враховуючи повну відсутність наукових досліджень щодо ефективності застосування «Agril» у вирішенні науково-теоретичних і прикладних завдань, які виникають у сфері сільського господарства України, доцільним є дослідити реальні можливості системи для надання фактичного результату її застосування у форматі чат-боту під час вирішення різних питань у галузях ґрунтознавства, технологій вирощування сільськогосподарських культур і сільськогосподарських меліорацій.

Постановка завдання. Мета досліджень полягала у вивченні можливостей системи штучного інтелекту «Agril», розробленої для потреб сільського господарства, у вирішенні теоретичних і практичних завдань, які можуть виникати під час виробництва продукції рослинництва або під час виконання наукових досліджень у таких галузях, як ґрунтознавство, агротехнології та сільськогосподарські меліорації.

Методи і матеріали. Правильна повна відповідь оцінювалася у 3 бали; правильна повна відповідь після першого уточнювального запитання оцінювалася у 2 бали, а після другого — у 1 бал. Неспроможність системи надати релевантну відповідь на запит після трьох поставлених запитань оцінювалася у 0 балів («провал системи»). Перелік первинних запитань у тому вигляді, в якому їх було введено в систему, наведено у таблиці 1. Підсумкова якість

Таблиця 1 – Перелік первинних запитань, уведених у систему штучного інтелекту «Agri1» в ході її тестування

Галузі	Запитання	
	Науково-теоретичного плану	Практичного плану
1	2	3
Ґрунтознавство	SSS1. What methodology should be used to determine soil humus content?	SSP1. After huge shower, frost has come. I have soil crust in the field of winter wheat. The crop is in the stage of sprouting. What shall I do?
Агротехнології	CTS1. What are the optimum terms of sowing winter rapeseed in the South of Ukraine?	CTP1. What shall I prefer, harrowing or dragging, if I have perennial weeds in the field? I am going to sow winter barley after sunflower, harvested in the late October.
Сільськогосподарські меліорації	LRS1. How can one calculate the water use efficiency of an irrigated crop?	LRP1. What depth shall I place a drip tape in the system of subsurface irrigation of sunflower if I am going to perform several intra-row soil cultivations?
Ґрунтознавство	SSS2. How can one calculate the doses for liming acidic soil?	SSP2. Which bacteria strain shall one apply to inoculate soybean seeds to provide for the best nitrogen accumulation in the soil?
Агротехнології	CTS2. What agricultural crops are suitable for long-term monocropping?	CTP2. I want to fertigate winter wheat. The crop is in the stage of stem elongation. What nitrogen fertilizers shall I use to conduct leaf fertigation using a sprayer?
Сільськогосподарські меліорації	LRS2. Please, explain the methodology of Penman-Monteith for reference evapotranspiration assessment.	LRP2. How can I level the field before sowing?
Ґрунтознавство	SSS3. What type of soil is characterized with the best fertility? Where is such type of soil located?	SSP3. How can one remove heavy metals from the contaminated soil? What steps should be taken to clear the soil from heavy metals?
Агротехнології	CTS3. Suggest intensive irrigated short crop rotation for the conditions of the Steppe zone of Ukraine.	CTP3. How can I manage Echinochloa crus-galli weed in the crops of maize? Maize is in the stage of 7-8 leaves.
Сільськогосподарські меліорації	LRS3. How can one calculate SAR to analyze irrigation water quality?	LRP3. How shall I apply lime to ameliorate acidic soil? What machinery should be used?
Ґрунтознавство	SSS4. What is loess and how does it influence on soil qualities formation?	SSP4. How can one protect the soil from negative effects of wind erosion?
Агротехнології	CTS4. Suggest some drills for sowing maize with the inter-row spacing of 45 cm.	CTP4. Please, provide me with a guidance on using «Roundup Ultra Max» herbicide before sowing soybeans.
Сільськогосподарські меліорації	LRS4. How to convert irrigation rates from mm to cubic meters per ha?	LRP4. How do I install tensiometers to monitor and manage crop irrigation in the field?
Ґрунтознавство	SSS5. What is humus, and how does it content effect the yields of crops?	SSP5. What can I do to destroy plough sole?

Продовження таблиці 1

1	2	3
Агротехнології	CTS5. What are the signs of winter wheat infestation with leaf blight?	CTP5. What fungicides could be applied to treat mildew on grapes?
Сільськогосподарські меліорації	LRS5. What are the methods to determine soil moisture?	LRP5. What kind of drip tape could be used for multiple years?
Ґрунтознавство	SSS6. How can one assess the volume of soil nitrogen available for plants?	SSP6. Are acidic soils suitable for winter wheat cultivation?
Агротехнології	CTS6. Is it possible to cultivate millet as a post-harvest crop after winter wheat?	CTP6. Do I need rolling the field after sowing maize in the rainfed conditions of the South of Ukraine?
Сільськогосподарські меліорації	LRS6. How to calculate irrigation rate for any crop?	LRP6. How can I realize furrow irrigation for winter wheat?
Ґрунтознавство	SSS7. What are chelate fertilizers and what benefits do they offer?	SSP7. I need to improve soil aeration. What tillage shall I prefer: moldboard plowing or disc-ripper?
Агротехнології	CTS7. What is the difference between moldboard plowing and chisel plowing?	CTP7. How can I set up my disc ripper on the required depth of tillage?
Сільськогосподарські меліорації	LRS7. Suggest methods of fertigation in maize crops.	LRP7. I have a field with the slope of 5 degrees? What way of irrigation shall I prefer?
Ґрунтознавство	SSS8. Suggest crop rotations, suitable for enrichment of soils with organic matter.	SSP8. Is it better to use synthetic mulching film or plants residues for mulching?
Агротехнології	CTS8. How many seed drills SZ-3.6 could be aggregated with the tractor T-150?	CTP8. What are sowing rates for winter wheat variety «Khersonska-99» in the South of Ukraine?
Сільськогосподарські меліорації	LRS8. How to determine optimal irrigation threshold to schedule irrigation of winter wheat?	LRP8. I have missed irrigation in sugar beets. There will be harvesting of the crop in a few weeks. Is it reasonable to irrigate the crop at the moment?
Ґрунтознавство	SSS9. What does soil respiration rate characterize?	SSP9. Shall I apply nitrogen nitrate fertilizer if there will be a shower in a few days?
Агротехнології	CTS9. Suggest 10-field irrigated crop rotation with row and vegetable crops, suitable for the conditions of the steppe zone of Ukraine.	CTP9. What fungicide could be used to treat yellow rust in barley?
Сільськогосподарські меліорації	LRS9. Why is sodium considered to be harmful for plants and soils?	LRP9. How to decrease soil salinity in the irrigated conditions?
Ґрунтознавство	SSS10. What are the main indices of soil fertility?	SSP10. How deep shall I wrap manure in the soil for alfalfa crops?
Агротехнології	CTS10. Is it possible to cultivate sunflower with an inter-row spacing of 15 cm?	CTP10. Suggest a harvester to collect the yield of carrot.
Сільськогосподарські меліорації	LRS10. What is a wilting point of soil and how is it used in irrigation scheduling?	LRP10. How to assess drainage efficiency in the field conditions?

Таблиця 2 – Результати оцінки якості відповідей системи штучного інтелекту «Agri1» за тестованими галузями аграрної науки

Галузі аграрної науки	Бали за вирішені запити		Сума балів	Коректні від-повіді
	практичні	теоретичні		(%)
Ґрунтознавство	26/30	23/30	49/60	81,67
Агротехнології	24/30	26/30	50/60	83,33
Сільськогосподарські меліорації	28/30	25/30	53/60	88,33
Загалом	78/90	74/90	152/180	84,44
Коректні відповіді (%)	86,67	82,22	84,44	

роботи системи «Agri1» оцінювалася за відсотком коректних відповідей за формою:

$$K = (B_1/B_2) \cdot 100\%,$$

де: K – коефіцієнт коректних відповідей, %; B_1 – бали, отримані «Agri1»; B_2 – максимально можлива сума балів.

За результатами обробки вхідних запитів і розрахунку відсотку коректних відповідей оцінювався загальний рівень відповідності системи штучного інтелекту «Agri1» вирішенню науково-практичних завдань у галузях ґрунтознавства, агротехнологій і сільськогосподарських меліорацій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відповідно до результатів взаємодії з системою штучного інтелекту «Agri1» встановлено, що максимальну кількість коректних відповідей отримано до практичних питань із сільськогосподарської меліорації, водночас мінімум коректних відповідей на запити отримано на запитання із теорії ґрунтознавства (табл. 2).

Загалом система трохи краще дає поради щодо врегулювання та вирішення питань практичного характеру (таких, які можуть виникати в агровиробника у ході виробництва продукції рослинництва, коригування та планування агротехнологічних заходів), водночас теоретичні питання система розпізнає гірше і не завжди здатна дати коректну відповідь (особливо це стосується питань теорії, які є нетиповими для країн Західної Європи та США,

наприклад, теорії чорноземних ґрунтів, застосування нетипових засобів механізації, пестицидів та агрохімікатів, культивування нерайонованих сортів і гібридів тощо).

Загальний відсоток коректних відповідей (84,44%) є достатньо високим для того, щоб рекомендувати використання системи штучного інтелекту «Agri1» у науково-освітніх і практичних цілях. Однак варто враховувати вищезазначену специфіку роботи системи із запитами, які є нетиповими для англomовних країн. Окрім того, зазначимо, що існуюча можливість задавати необмежені додаткові уточнюючі запити сприяє кращому вирішенню завдань, поставлених перед «Agri1». У цьому дослідженні максимальну кількість запитів було обмежено трьома для зручності загальної оцінки роботи штучного інтелекту. Однак цілком вірогідно, що збільшення кількості додаткових запитів могло привести до 100% вирішення усіх поставлених теоретичних запитань і практичних кейсів.

Окрім того, система штучного інтелекту «Agri1» постійно вдосконалюється, оскільки вона здатна до навчання та розширення вхідної бази знань. Таким чином, її функціонал є дійсно вражаючим і може сприяти не тільки кращій реалізації виробництва продукції рослинництва, але й слугувати додатковим джерелом інформації під час планування, організації та виконання наукових досліджень.

Запропоноване у цій статті дослідження з оцінки можливостей системи штучного інтелекту «Agri1» є першим і наразі

таким, що не має аналогів. Дещо подібне вивчення інших систем підтримки ухвалення управлінських рішень, у тому числі побудованих на основі штучного інтелекту, виконано Zhai et al. (2020). Автори роботи виявили такі недоліки досліджуваних продуктів, як зарозумілий і незручний інтерфейс, обмежений функціонал, низька адаптованість до невизначеності динамічних параметрів агросистем, потреба в удосконаленні робочих алгоритмів і розширення функціоналу з питань прогнозу та розширення бази знань на основі залучення додаткових експертних систем.

Kukar et al. (2019) вивчали можливості системи «AgroDSS», яка також виявилася перспективною у вирішенні як практичних (першочергово ця хмарна система підтримки ухвалення управлінських рішень, що також має елементи штучного інтелекту й націлена на допомогу фермерам), так і наукових завдань. Yousaf et al. (2023) виконали масштабний аналіз застосування різноманітних інформаційних технологій у сучасному сільському господарстві й засвідчили перспективність, однак ще недостатню вивченість прикладного впровадження алгоритмів машинного навчання та штучних нейронних мереж (основа штучного інтелекту) в агросферу.

Таким чином, результати представленого дослідження доповнюють сучасний науковий стан можливостей штучного інтелекту та перспектив його застосування до вирішення науково-теоретичних і прикладних завдань, що виникають у галузі сільського господарства.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Результати аналітичного вивчення можливостей системи штучного інтелекту «Agri1» підтвердили її високу гнучкість і універсальність. Достатньо високий відсоток коректних відповідей (84,44%) дає змогу рекомендувати «Agri1» як додаткову інтерактивну систему підтримки ухвалення управлінських рішень, а також як інтерактивну базу знань у ході виконання науково-дослідної роботи. У подальшому можливе тестування оновленої комерційної версії продукту, а та-

кож додаткових можливостей, наприклад, аналіз вхідних масивів даних і аналіз фотографічних зображень для ідентифікації шкочинних організмів і стану культурних рослин на полі. Головним системи «Agri1» є відсутність україномовного інтерфейсу та низький рівень «обізнаності» з нетиповими для країн ЄС та США питаннями агротехнології. Окрім того, є ліміт на максимальну кількість одночасних запитів у безоплатних акаунтах.

Список літератури

Bannerjee, G., Sarkar, U., Das, S., Ghosh, I. (2018). Artificial intelligence in agriculture: A literature survey. *International Journal of Scientific Research in Computer Science Applications and Management Studies*, 7(3), 1-6.

Jose, A., Nandagopalan, S., Akana, C. M. V. S. (2021). Artificial Intelligence techniques for agriculture revolution: a survey. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(4), 2580-2597.

Kukar, M., Vračar, P., Kožir, D., Pevec, D., Bosnić, Z. (2019). AgroDSS: A decision support system for agriculture and farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 161, 260-271.

Norvig, P., Russell, S. (2021). *Artificial intelligence: a modern approach*. Global Edition. Pearson, Harlow, 1, 1239-1269.

Saleem, M. H., Potgieter, J., Arif, K. M. (2021). Automation in agriculture by machine and deep learning techniques: A review of recent developments. *Precision Agriculture*, 22, 2053-2091.

Shadrin, D., Menshchikov, A., Somov, A., Bornemann, G., Hauslage, J., Fedorov, M. (2019). Enabling precision agriculture through embedded sensing with artificial intelligence. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 69(7), 4103-4113.

Yousaf, A., Kayvanfar, V., Mazzoni, A., Elomri, A. (2023). Artificial intelligence-based decision support systems in smart agriculture: Bibliometric analysis for operational insights and future directions. *Frontiers in Sustainable*

Food Systems, 6, 1053921.

Zhai, Z., Martnnez, J. F., Beltran, V., Martnnez, N. L. (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105256.

Бондаренко, Д. А. (2022). Застосування технологій інтернету речей в сільському господарстві. *Телекомунікаційні та інформаційні технології*, 2(75), 61-68.

Власенко, В. В., Лисенко, О. П., Власенко, І. Г., Михайлевич, Е. А. (2013). Перспективи використання комп'ютерних технологій для оцінки біологічної безпеки молока корів, інфікованих збудником туберкульозу. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького*, 15(3-3), 289-293.

Вожегова, Р. А., Балашова, Г. С., Бояркіна, Л. В. (2016). Електронно-довідкова база, як елемент інформаційного забезпечення технологічного процесу насінництва картоплі в умовах зрошення півдня України. *Зрошуване землеробство*, 66, 22-26.

Вожегова, Р. А., Шепель, А. В., Бояркіна, Л. В. (2013). Застосування інформаційних технологій для здійснення оцінки кліматичних умов та розрахунку водопотреби люцерни на корм. *Таврійський науковий вісник*, 86, 17-23.

Коковіхін, С. В., Лисогоров, К. С., Бояркіна, Л. В. (2009). Актуальні напрями використання інформаційних технологій в сучасному зрошуваному землеробстві. *Зрошуване землеробство*, 51, 31-37.

Кучмійова, Т. С., Мороз, Т. О., Шешунова, А. В. (2023). Використання штучного інтелекту в сільському господарстві. Електронне наукове фахове видання з економічних наук «Modern Economics», 39, 69-74.

Лебідь, О. В., Кіпоренко, С. С., Вовк, В. Ю. (2023). Використання технологій штучного інтелекту в сільському господарстві: європейський досвід та застосування в Україні. *Електронне моделювання*, 45(3), 57-71.

Шацька, З. Я., Прима, В. І. (2022).

Особливості впровадження інформаційних технологій в аграрному секторі України. *Агросвіт*, 13-14, 60-64.

References

Bannerjee, G., Sarkar, U., Das, S., Ghosh, I. (2018). Artificial intelligence in agriculture: A literature survey. *International Journal of Scientific Research in Computer Science Applications and Management Studies*, 7(3), 1-6.

Jose, A., Nandagopalan, S., Akana, C. M. V. S. (2021). Artificial Intelligence techniques for agriculture revolution: a survey. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(4), 2580-2597.

Kukar, M., Vračar, P., Koljir, D., Pevec, D., Bosnić, Z. (2019). AgroDSS: A decision support system for agriculture and farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 161, 260-271.

Norvig, P., Russell, S. (2021). Artificial intelligence: a modern approach, Global Edition. Pearson, Harlow, 1, 1239-1269.

Saleem, M. H., Potgieter, J., Arif, K. M. (2021). Automation in agriculture by machine and deep learning techniques: A review of recent developments. *Precision Agriculture*, 22, 2053-2091.

Shadrin, D., Menshchikov, A., Somov, A., Bornemann, G., Hauslage, J., Fedorov, M. (2019). Enabling precision agriculture through embedded sensing with artificial intelligence. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 69(7), 4103-4113.

Yousaf, A., Kayvanfar, V., Mazzoni, A., Elomri, A. (2023). Artificial intelligence-based decision support systems in smart agriculture: Bibliometric analysis for operational insights and future directions. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1053921.

Zhai, Z., Martnnez, J. F., Beltran, V., Martnnez, N. L. (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105256.

Bondarenko, D. A. (2022). Applications of the Internet of Things in agriculture.

Telecommunication and information technologies, 2(75), 61-68.

Vlasenko, V. V., Lysenko, O. P., Vlasenko, I. G., Mykhailevych, E. A. (2013). The prospects of using computer technologies for the estimation of biological safety of the milk from the cows, infested with tuberculosis. Scientific herald of Lviv national university of veterinary medicine and biotechnology named after SZ Gzhytsky, 15(3-3), 289-293

Vozhegova, R. A., Balashova, G. S., Boyarkina, L. V. (2016). Electronic reference base, as an element of information support of the process of seed potatoes in the south of Ukraine in irrigation conditions. Irrigated agriculture, 66, 22-26.

Vozhehova, R. A., Shepel, A. V., Boiarkina, L. V. (2013). Information technology application in evaluating environmental conditions and water consumption of fodder alfalfa. Tavrian scientific herald, 86, 17-23.

Kokovikhin, S. V., Lysohorov, K. S., Boyarkina, L. V. (2009). Relevant direction of information technologies application in modern irrigated agriculture. Irrigated agriculture, 51, 31-37.

Kuchmiiova, T., Moroz, T., Sheshunova, A. (2023). Use of artificial intelligence in agriculture. Electronic scientific journal on economic sciences «Modern Economics», 39, 69-74.

Lebid, O. V., Kiporenko, S. S., Vovk, V. Yu. (2023). Use of artificial intelligence technologies in agriculture: European experience and application in Ukraine. Electronic modeling, 45(3), 57-71.

Shatska, Z. Ya., Pryma, V. I. (2022). Peculiarities of information technologies introduction in the agrarian sector of Ukraine. Agrosvit, 13-14, 60-64.

UDC 004.89: 631

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND POSSIBILITIES FOR ITS APPLICATION IN MODERN AGRICULTURE

Lykhovyd P., Doctor of Agricultural Sciences,

e-mail: pavel.likhovid@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0314-7644>

Vozhehova R., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the NAAS,

e-mail: icsanaas@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-3895-5633>

Hranovska L., Doctor of Economic Sciences, Professor, Correspondent Member of the NAAS,

e-mail: g_ludmila15@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7021-3093>

Ushkarenko V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the NAAS,

<https://orcid.org/0000-0001-7319-1731>

Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS

Summary

The article is devoted to the study of the possibilities of using artificial intelligence for agricultural production from the point of view of scientific theory and solving practical problems.

The purpose of the study was to investigate the possibility of using a modern artificial intelligence system «Agri1», developed specifically for the needs of agriculture, to solve theoretical and practical problems related to agro-industrial production, namely, in three such fields as soil science, agrotechnology, and land reclamation.

Methods. Questions of a scientific-theoretical and practical nature from the specified branches of agriculture were submitted to the «Agri1» artificial intelligence system according to the developed methodological plan, which provided 10 questions for each group of tasks, namely: 10 scientific-theoretical questions and 10 practical questions on soil science, agrotechnology, and land reclamation. Thus, a total of 60 questions were put into the system. The quality of the answers was evaluated by the percentage of correct and complete answers, considering the need to ask additional clarifying questions.

Results. As a result of the investigation of the capacity of artificial intelligence system «Agri1» it was established that the percentage of correct answers averaged 81.67, 83.33, and 88.33% for the questions from soil science, cultivation technologies, and agricultural melioration, respectively. Higher accuracy and quality of answers were obtained for practical questions, while the «Agri1» system gave less correct and qualitative answers to theoretical requests (86.67% vs. 82.22% for practical and theoretical requests respectively). Besides, a significantly larger number of additional requests were made to the «Agri1» system for solving the tasks, which are atypical for international agronomic science and practice. The gross output of correct answers was 84.44%, which is sufficient for the recommendation of «Agri1» application in scientific and practical purposes. Setting an unlimited number of additional requests and internal self-learning of the system allows to suggest that under certain circumstances it is possible to achieve 95% or even higher accuracy and correctness of the answers.

Conclusions. The «Agri1» artificial intelligence system is a reliable and high-quality tool to obtain scientific and theoretical information and practical advice on soil science, agrotechnology and land reclamation, which can be used as an additional source of information for the research and production purposes. The disadvantages of the system are the English interface, a limited number of questions in the free version, and low information about the non-typical for the EU countries and the USA technological issues.

Keywords: agrotechnology, soil science, information technology, land reclamation, artificial intelligence.