

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.16.479-489

УДК 528.8: 004.8

д.т.н., професор **Смілка В.А.**,
smilka.va@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7025-9398,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ТРАНСФОРМАЦІЯ ПАРАДИГМИ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ, СПРИЧИНЕНА РОЗВИТКОМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Методологія моніторингу земель постійно вдосконалюється у зв'язку впровадженням сучасних технологій. На сучасному етапі результатом глобального технічного прогресу є штучний інтелект, який виступає рушійною силою інновацій. Наявність численних наукових публікацій про окремі впровадження штучного інтелекту в існуючі методи досліджень підтверджує та аргументує необхідність перегляду чинної парадигми моніторингової діяльності, зокрема моніторингу земель. Моніторинг земель це комплексна система спостережень, об'єктом якої є всі категорії земель, система має методичний інструментарій для вирішення поставлених завдань. Парадигма моніторингу земель визначається методологічним апаратом та останні сто років трансформувалась декілька разів, від етапу застосування традиційних інструментальних методів моніторингу до впровадження моделей штучного інтелекту. Для сучасної моніторингової діяльності важливими є такі технологічні напрями штучного інтелекту: машинне навчання та глибоке навчання, експертні системи та інтелектуальні системи прийняття рішень. Штучний інтелект не просто вдосконалює окремі методи аналізу та обробки даних, а змінює парадигму моніторингу у зв'язку з широким спектром застосування сучасних технологій в процесі спостережень за об'єктами моніторингу. Сьогодні трансформація парадигми моніторингу земель полягає у переході від процесу візуального аналізу даних до оперативного високотехнологічного оброблення результатів спостереження за станом земель.

Ключові слова: штучний інтелект; моніторинг земель; парадигма; моделі; автоматизація; дистанційне зондування Землі.

Актуальність теми та постановка проблеми. Методи, принципи, прийоми моніторингу земель сільськогосподарського призначення, лісів, водойм та урбанізованих територій на протязі певного історичного часу змінюються та удосконалюються. Трансформація методології моніторингу відбувається поступово у зв'язку зі світовим технологічним прогресом,

викликаним інтеграцією методів різних наукових напрямків та через реакцію на глобальні виклики.

Глобальна потреба в оперативній та точній інформації про стан земельних ресурсів в Україні стала особливо актуальною в умовах сучасних викликів, таких як урбанізація та зміна клімату. Міжурядовий комітет з геодезії та картографії (ICSM) у Стратегії «Кадастр-2034», розробленій у 2015 році, передбачає, що технологічні можливості та перспективні розробки на наступні 20 років забезпечують актуальність питання підвищення точності дистанційного зондування Землі, різних видів зйомки, відображення, ідентифікації, позиціонування геопросторових об'єктів на цифровій моделі місцевості та достовірності даних про об'єкт [1]. Найгостріше проблема точності постає на урбанізованих територіях в житлово-громадській, рекреаційній та курортній зонах.

Штучний інтелект сьогодні є не просто програмною розробкою, а результатом глобального технологічного розвитку спричиненого синтезом методологій з різних галузей. Він вийшов за межі наукових лабораторій і став невід'ємною частиною повсякденного життя, глибоко трансформуючи практично всі сфери діяльності людини. Наразі моделі штучного інтелекту добре зарекомендували себе для автоматизації складних процесів. Його здатність обробляти величезні масиви даних із безпрецедентною швидкістю та точністю дозволяє отримувати нові знання, прогнозувати тенденції та приймати більш обґрунтовані рішення, що раніше було неможливим. Штучний інтелект виступає як каталізатор інновацій, що визначає вектор розвитку економіки та суспільства на найближчі десятиліття. Це вимагає зміни парадигми моніторингової діяльності та адаптацію методології моніторингу земель шляхом орієнтування моделі штучного інтелекту.

Аналіз попередніх публікацій. Спостерігається тенденція до збільшення наукових публікацій щодо проблематики застосування штучного інтелекту в різних галузях людської діяльності. Сфера землепорядкування та моніторингу земель не є виключенням у цьому питанні, вченими проводяться дослідження за такими напрямками:

- використання нейронних мереж для автоматичної класифікації земного покриву, розпізнавання та класифікація об'єктів на матеріалах ДЗЗ [2-5];
- дослідження часових змін у лісових екосистемах із застосуванням методів машинного навчання [6,7];
- розроблення інтелектуальної системи підтримки рішень для оцінки родючості ґрунтів [8-10];
- моделювання ринкової вартості земель сільськогосподарського призначення за допомогою нейронних мереж [11].

Праці вчених орієнтовані на удосконалення окремих методів шляхом впровадження моделей штучного інтелекту, що дозволяє підвищити точність та автоматизувати шаблонні операції. Однак ці дослідження стосуються поліпшення існуючих процесів і не орієнтовані на перегляд фундаментальних принципів та методології моніторингу земель. Наявність публікацій, які висвітлюють результати досліджень штучного інтелекту на рівні окремих методів, тільки підкреслює та аргументує необхідність комплексного перегляду чинної парадигми моніторингової діяльності, зокрема, моніторингу земель.

Мета статті: визначити та проаналізувати ключові аспекти трансформації парадигми моніторингу земель, спричиненої інтеграцією технологій штучного інтелекту, навести основні етапи зміни парадигми, окреслити технологічні напрямки штучного інтелекту, які вдосконалюють методологію моніторингу земель.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до статті 191 Земельного кодексу України системою спостереження за станом земель є моніторинг земель. Разом з тим Верховною Радою України у 2023 році остаточно прийнято законопроект (набуде чинності після завершення воєнного стану в Україні), який вводить нове поняття «моніторинг земель і ґрунтів», що передбачає формування системи спостережень за землями і ґрунтами, як цілісного об'єкта. На виконання новоприйнятого законопроекту Кабінетом Міністрів України затверджено постанову, яка розкриває та деталізує положення всіх законодавчих змін [12]. Аналіз змісту документа та показників, що обліковуються, вказує на спрямування фокусу спостережень на проведення моніторингу ґрунтів в межах сільськогосподарських земель. Таким чином спостереження в межах інших 8-ми категорій земель залишаються законодавчо не визначеними.

Об'єктом моніторингу земель є всі землі незалежно від форми власності на них [13]. Моніторинг земель є широким, комплексним та системним процесом, об'єктом якого є весь земельний фонд, всі категорії земель, включаючи правовий статус та зміни у функціональному призначенні земельних ділянок. Натомість, моніторинг ґрунтів є вузьким, спеціалізованим напрямком, об'єктом якого є лише ґрунтовий покрив, і характеризується набором унікальних показників, які властиві землям різних категорій.

Загалом, трансформація методології у зв'язку з технологічним розвитком є необхідною для того, щоб адаптувати існуючі підходи до нових умов та забезпечити ефективне використання сучасних технологій у різних сферах життя.

Еволюція парадигми моніторингу земель відображає зміни в підходах до збору, обробки, аналізу та використання даних про стан земельних ресурсів на

різних етапах розвитку науки, технологій і суспільства [14, 15]. Вона пройшла кілька ключових етапів, кожен з яких був обумовлений прогресом у наукових знаннях і технологіях. Ось основні етапи цієї еволюції:

1. Традиційні методи моніторингу (до 1980 років). До 1980 років моніторинг земель здійснювався в основному за допомогою традиційних методів (натурні, геодезичні, лабораторні та їх комбінації). Натурні методи включали візуальну оцінку земельних ділянок, огляди рослинності, ґрунтів, водних ресурсів, цей процес був доволі трудомістким. Геодезичні методи використовували спеціальні прилади, такі як теодоліти та нівеліри для картографування земель. Лабораторні методи передбачали збирання зразків ґрунту та інших природних ресурсів для подальших лабораторних досліджень. Ці методи здебільшого неефективні для моніторингу великих територій або оцінювання складних процесів, таких як зміни земельного покриву через кліматичні або антропогенні фактори.

2. Дистанційне зондування та супутникові технології (1970-1990 роки). З розвитком космічних технологій в кінці 20-го століття з'явилися нові можливості для моніторингу земель за допомогою дистанційного зондування Землі. Використання супутників і літаків для зйомки територій стало революційним кроком. За допомогою супутників Землі, таких як Landsat, з 1972 року почали проводити зйомку поверхні Землі. Це дозволило здійснювати моніторинг земель на великих територіях, отримуючи об'єктивні дані про стан ґрунтів, рослинності, зміну земельного покриву тощо. Отримані зображення дозволяли здійснювати візуальний аналіз, а завдяки розвитку географічних інформаційних систем, вперше стали доступні автоматизовані методи обробки та аналізу зображень, що дозволило з'явитися новим підходам до моніторингу земель. Супутникове дистанційне зондування Землі значно підвищило можливості моніторингу земель на великих територіях і надавало інформацію з високою повторюваністю, що дозволило вивчати динаміку змін.

3. Інтеграція геоінформаційних систем та автоматизація процесів обробки даних (1990-2000 роки). З початком 1990-х років розвиток геоінформаційних систем та інформаційних технологій сприяв ще більшій автоматизації процесів збору, обробки та аналізу даних. Геоінформаційні системи дозволили поєднувати дані з різних джерел – супутникові знімки, польові дані, метеорологічні показники тощо – в інтегрованих системах. Це дозволило значно підвищити ефективність управління земельними ресурсами, створюючи більш точні та детальні плани земель, які використовувалися для планування сівозмін, охорони природних ресурсів, розробленню містобудівної документації тощо.

4. Безпілотні літальні апарати і сенсори (2010-2020 роки). В останні десятиліття відбувся новий етап еволюції моніторингу земель завдяки застосуванню безпілотних літальних апаратів і новітніх сенсорних технологій. Безпілотні літальні апарати дозволяють отримувати зображення високої роздільної здатності з низької висоти. Це дає можливість отримувати детальні зображення навіть важкодоступних територій, таких як ліси, болота, гори тощо. Нові сенсорні технології, зокрема мультиспектральні камери, тепловізори, радарні датчики, дозволяють отримувати не лише зображення, а й дані про стан ґрунтів, вологість, температуру, концентрацію газів та інші параметри.

5. Штучний інтелект (починаючи з 2020 років). Сучасний етап еволюції моніторингу земель набуває тенденції із застосування технологій штучного інтелекту.

Поняття штучний інтелект об'єднує в собі декілька технологічних напрямів:

- експертні системи;
- розпізнавання образів;
- машинне навчання, включаючи штучні нейронні мережі;
- опрацювання природної мови;
- інтелектуальні агенти;
- робототехнічні і Smart системи.

Кожен з цих напрямків розвивався окремо починаючи з середини ХХ століття. Штучний інтелект не міг бути реалізований до досягнення необхідного рівня розвитку цілої низки наукових дисциплін, таких як філософія, математика, психологія, комп'ютерна інженерія, кібернетика, теорія управління та лінгвістика. Алгоритми та методи штучного інтелекту значною мірою ґрунтуються на досягненнях цих наук [16].

Історія виникнення штучного інтелекту бере свій початок із філософських ідей та математичних концепцій ХХ століття, зокрема з теоретичного обґрунтування обчислюваної машини А. Тюрінгом у 1930-х роках. Офіційне народження дисципліни відбулося на семінарі в Дартмутському коледжі (США) у 1956 році, де Джон Мак-Карті вперше ввів термін «штучний інтелект», що призвело до створення перших експертних систем. Однак, через обмеженість обчислювальної потужності та нездатність систем впоратися з реаліями, інтерес до штучного інтелекту значно впав у 1970-х роках. Відродження галузі почалося у 1990-х роках завдяки зростанню потужності комп'ютерів і фокусу на машинному навчанні, де алгоритми навчаються на даних. Вирішальний прорив стався після 2010 року з появою глибокого навчання та потужних графічних процесорів, що дозволило створювати високоефективні системи для

розпізнавання образів, мови та, зрештою, призвело до розвитку сучасних великих мовних моделей, які докорінно змінили технологічне середовище [17].

Для моніторингової діяльності важливими є такі технологічні напрями штучного інтелекту:

1) машинне навчання (Machine Learning) та глибоке навчання (Deep Learning) – полягають у створенні моделей, які дозволяють комп'ютерним системам автоматично навчатися на основі даних, і застосовувати їх до нових, раніше невідомих даних, ідентифікувати приховані закономірності та приймати обґрунтовані рішення чи робити прогнози без прямого програмування для кожного конкретного випадку. Відмінність між машинним та глибоким навчанням полягає різних підходах ідентифікації сутностей, машинне навчання передбачає, що експерт (людина) визначив релевантні ознаки для виявлення, натомість глибоке навчання використовуючи багатoshарові нейронні мережі, здатне автоматично витягувати та ієрархічно абстрагувати ці ознаки без втручання людини. Це робить глибоке навчання надзвичайно ефективним для роботи з неструктурованими даними (відеозображення), але вимагає значно більших обсягів даних та потужніших обчислювальних ресурсів для навчання порівняно з машинним навчанням [16]. Прикладом реалізації навчання є аналіз, класифікація супутникових знімків, що дозволяє автоматично класифікувати різні типи земельного покриття, виявляти зміни в рослинності, оцінювати стан ґрунтів або прогнозування врожайності.

2) експертні системи – це системи, що містять накопичені знання експертів у певній галузі та призначені для надання доступу до фахових знань широкому колу користувачів. Експертні системи вирішують задачі аналізу та задачі синтезу. Задачі аналізу зосереджені на інтерпретації вже існуючих даних (наприклад, діагностика або класифікація), де множина можливих рішень, як правило, є кінцевою і заздалегідь відомою системою. Натомість, задачі синтезу вимагають створення нового контенту (наприклад, проектування або планування), і множина рішень є потенційно необмеженою, оскільки вона формується шляхом комбінування існуючих компонентів або рішень окремих підпроблем [17]. Такі завдання, як навчання, моніторинг і прогнозування, є комбінованими, оскільки поєднують елементи інтерпретації (аналізу) та побудови нових знань чи планів (синтезу). Прикладом експертних систем є система ідентифікації земного покриття на основі спектральних показників, діагностика аномалій в сільському господарстві, система ідентифікації самовільної забудови.

3) Інтелектуальні системи прийняття рішень – це програмні комплекси, що використовують методи штучного інтелекту, зокрема машинне навчання та експертні системи, для автоматизованого або напівавтоматизованого вибору

найкращих рішень. Їхня основна функція полягає в аналізі великих обсягів даних, ідентифікації складних закономірностей та прогнозуванні ймовірних результатів різних сценаріїв.

Матеріали дистанційного зондування Землі слугують основним джерелом оперативних та актуальних просторових даних. Ці дані є критично важливими для навчання та ефективного функціонування систем штучного інтелекту, які, використовуючи методи машинного та глибокого навчання, забезпечують автоматизований моніторинг земель. Інтеграція дистанційного зондування Землі та штучного інтелекту дозволяє швидко й точно ідентифікувати об'єкти, виявляти зміни на поверхні, а також створювати прогнози та моделі, що є основою для сучасного та сталого управління земельними ресурсами.

Впровадження штучного інтелекту в сфери людської діяльності стикається з рядом проблем. Однією з головних є потреба у великих обсягах якісних даних; неякісні або упереджені дані призводять до неточних або спотворених результатів. Ще одним важливим викликом є обґрунтованість алгоритмів роботи складних моделей глибокого навчання, які часто функціонують як «чорні скриньки». Також існують питання етичності, які полягають у захисті даних, приватності та кібербезпеці. Тому методології, що пов'язані з використанням новітніх технологій, повинні включати етичні компоненти, щоб забезпечити відповідальне і безпечне використання технологій.

Штучний інтелект не просто вдосконалює існуючі методи аналізу та обробки даних, а кардинально змінює парадигму моніторингу, перетворюючи його з рутинного збору даних на інтелектуальну, прогностичну систему [6]. Сьогодні трансформація парадигми моніторингу земель полягає у переході від трудомісткого, статичного та інструментального аналізу до автоматизовано, автономного оброблення результатів спостереження за станом земель (об'єктів), оперативного виявлення зміни, оцінювання їх впливу на екосистему та представлення ефективних варіантів запобігання або ліквідації негативних процесів.

Висновок. Еволюція парадигми моніторингу земель від традиційних методів до використання новітніх технологій штучного інтелекту продемонструвала значне підвищення точності, оперативності та ефективності цього процесу. Сучасні технології дозволяють не лише фіксувати зміни на глобальному рівні, а й здійснювати глибоке прогнозування змін і управляти природними ресурсами більш ефективно. Це особливо важливо для сталого розвитку, збереження природних ресурсів і вирішення глобальних екологічних проблем. Подальшого дослідження потребують питання впровадження штучного інтелекту, пов'язані з формуванням даних для глибокого навчання

моделей, оцінювання обґрунтованості та доцільності рішень, які цими моделями запропоновані.

Список використаних джерел

1. Jonuzi, Edmond, Durduran, S. & Alkan, Tansu. (2022). Kadastro 2034'e Doğru Kuzey Makedonya Kadastrosu (North Macedonian Cadastre Towards Cadastre 2034). *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 4. 26-44. <https://www.doi.org/10.47112/neufmbd.2022.3>.
2. Жуковський, В., Шатний, С. & Жуковська, Н. (2020). Нейронна мережа для розпізнавання та класифікації картографічних зображень ґрунтових масивів. *Науковий вісник НЛТУ*, 30 (5), 100-104. <https://doi.org/10.36930/40300517>.
3. Гнатушенко В.В., Гненний І.О., Удовик І.М. & Шевцова О.С. (2021) Сегментація аерокосмічних зображень з використанням згорткових нейронних мереж. *Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць*, 6 (137). 23-30. <https://doi.org/10.34185/1562-9945-6-137-2021-03>.
4. Каштан В., Гнатушенко В., Удовик І. & Шевцова О. (2023). Нейромережеве розпізнавання об'єктів забудови на аерофотознімках. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 1, 30-39. <https://doi.org/10.32782/ІТ/2023-1-5>.
5. Смілка, В. А. (2017). Класифікація об'єктів, що будуються засобами нейронних мереж. *Управління розвитком складних систем*, (30), 193-199.
6. Маланчук М., Музика Н., Кравчук М., & Лук'янченко Ю. Перспективи використання штучного інтелекту в кадастрових та землепорядних процесах. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2024. Том 9. № 4. С. 282-287 <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-4-42>.
7. Shelestov, A. & Bukhanevych, R. (2024). Analysis of Satellite Data Time Series for Forest Condition Monitoring using Neural Networks with Three-Dimensional Convolutions. *International Scientific Technical Journal Problems of Control and Informatics*. 69. 73-82. <https://doi.org/10.34229/1028-0979-2024-4-5>.
8. Intellectual capital is the foundation of innovative development: Engineering, Computer Science, Agriculture. Monographic series «European Science». Book 18. Part 3. 2023. <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2023-18-03>.
9. Burton, L. Dave, N. Fernandez, R. Jayachandran K. & Bhansali S. (2018) Smart Gardening IoT Soil Sheets for Real-Time Nutrient Analysis. *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. 165, № 8. DOI: <https://doi.org/10.1149/2.0201808jes>.
10. Kamilaria A. & Prenafeta-Boldu F. (2018) Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*. №147. 70-90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>.

11. Yurchenko, I., Khodakivska, O. & Martyniuk, M. (2025). Forecasting Agricultural Land Prices in Ukraine using Deep LSTM Neural Networks. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 11, 1, 183-212. <https://doi.org/10.51599/are.2025.11.01.07>.
12. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку проведення моніторингу земель і ґрунтів» від 23.07.2024 №848 [Електронний ресурс] Режим доступу. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-2024-%D0%BF#Text> (дата звернення: 15.12.2025).
13. Смілка, В. (2024). Теоретико-методичні засади проведення моніторингу земель різних категорій. *Просторовий розвиток*, (10), 531-543. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.10.531-543>.
14. Лященко А.А. Методологічні основи та інформаційно-технологічні моделі інфраструктури геопросторових даних міських кадастрових систем: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.24.04 / КНУБА. Київ, 2004. 36 с.
15. Смілка, В. (2019). Онтологічна модель містобудівного моніторингу земель населених пунктів. *Технічні науки та технології*, 4 (18), 223-228.
16. Звенігородський О.С., Зінченко О.В., Чичкарьов Є.А. & Кисіль Т.М. (2022). Штучний інтелект. – К.: ДУТ,. – 193 с.
17. Солодовник Г.В. (2021). Методи та системи штучного інтелекту. – Х.: ТОВ «ДІСА ПЛЮС», – 177 с.

D. Sc., Professor **Smilka Vladyslav**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

TRANSFORMATION OF THE LAND MONITORING PARADIGM DRIVEN BY THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The methodology of land monitoring is constantly being improved due to global technological progress. Artificial Intelligence (AI), as a result of global technological synthesis, has become a key catalyst for innovation. The existence of numerous publications on individual AI methods confirms and argues the necessity of revising the current land monitoring paradigm. Land monitoring is a broad, complex, and systematic process whose object is the entire land fund, all land categories, including the legal status and changes in the functional purpose of land plots. The evolution of the land monitoring paradigm, driven by technological development, has progressed over the last century through stages ranging from traditional instrumental monitoring methods to the application of Artificial Intelligence models. Such technological directions of AI as Machine Learning (ML) and Deep Learning (DL), expert systems, and intelligent decision-making systems are important for monitoring activities. AI does not merely refine existing data analysis and processing methods; it fundamentally changes the monitoring paradigm, transforming it from routine data

collection into an intelligent, prognostic system. Today, the transformation of the land monitoring paradigm involves shifting from labor-intensive, static, and instrumental analysis to automated processing of land status observation results. This is especially vital for sustainable development, the preservation of natural resources, and addressing global environmental challenges. Further research is required on issues related to the implementation of AI, specifically concerning data preparation for model training and the evaluation of the validity and feasibility of the solutions proposed by these models.

Key words: artificial intelligence; land monitoring; paradigm; models; automation; Remote Sensing of the Earth.

REFERENCES

1. Jonuzi, Edmond, Durduran, S. & Alkan, Tansu. (2022). Kadastro 2034'e Doğru Kuzey Makedonya Kadastrosu(North Macedonian Cadastre Towards Cadastre 2034). *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 4. 26-44. <https://www.doi.org/10.47112/neufmbd.2022.3>.
2. Zhukovskyi, V., Shatnyi, S., & Zhukovska, N. (2020). Neironna merezha dlia rozpoznavannia ta klasyfikatsii kartografichnykh zobrazhen hruntovykh masyviv [Neural network for recognition and classification of cartographic images of soil arrays]. *Scientific Bulletin of NLTU*, 30 (5), 100-104. <https://doi.org/10.36930/40300517> {in Ukrainian}.
3. Hnatushenko, V., Hnennyi, I., Udovyk, I., & Shevtsova, O. (2021). Segmentation of aerospace images using convolutional neural networks [Segmentatsiia aerokosmichnykh zobrazhen z vykorystanniam zhghortkovykh neironnykh merezh]. *Systemni tekhnologii. Rehionalnyi mizhvuzivskyi zbirnyk naukovykh prats*, 6 (137), 23-30. <https://doi.org/10.34185/1562-9945-6-137-2021-03> {in Ukrainian}.
4. Kashtan, V., Hnatushenko, V., Udovyk, I., & Shevtsova, O. (2023). Neiomerezheve rozpoznavannia ob'ektiv zabudovy na aerofotoznimkakh [Neural network recognition of built-up objects in aerial photographs]. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 1, 30-39. <https://doi.org/10.32782/IT/2023-1-5> {in Ukrainian}.
5. Smilka, V. (2017). Klasyfikatsiia ob'ektiv, shcho buduiutsia zasobamy neironnykh merezh [Classification of objects under construction by means of neural networks]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, (30), 193-199. {in Ukrainian}.
6. Malanchuk, M., Muzyka, N., Kravchuk, M., & Lukianchenko, Yu. (2024). Perspektyvy vykorystannia shtuchnoho intelektu v kadastrykh ta zemlevporiadnykh protsesakh [Prospects for the use of artificial intelligence in cadastral and land management processes]. *Ukrainskyi zhurnal prykladnoi*

ekonomiky ta tekhniky, 9(4), 282-287. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-4-42>. {in Ukrainian}.

7. Shelestov, A. & Bukhanevych, R. (2024). Analysis of Satellite Data Time Series for Forest Condition Monitoring using Neural Networks with Three-Dimensional Convolutions. *International Scientific Technical Journal Problems of Control and Informatics*. 69. 73-82. <https://doi.org/10.34229/1028-0979-2024-4-5>.

8. Intellectual capital is the foundation of innovative development: Engineering, Computer Science, Agriculture. Monographic series «European Science». Book 18. Part 3. 2023. <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2023-18-03>.

9. Burton, L. Dave, N. Fernandez, R. Jayachandran K. & Bhansali S. (2018) Smart Gardening IoT Soil Sheets for Real-Time Nutrient Analysis. *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. 165, № 8. <https://doi.org/10.1149/2.0201808jes>.

10. Kamilaria A. & Prenafeta-Boldu F. (2018) Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*. №147. 70-90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>.

11. Yurchenko, I., Khodakivska, O. & Martyniuk, M. (2025). Forecasting Agricultural Land Prices in Ukraine using Deep LSTM Neural Networks. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 11, 1, 183-212. <https://doi.org/10.51599/are.2025.11.01.07>.

12. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine «Pro zatverdzhennia Poriadku provedennia monitorynhu zemel i hruntiv» 23.07.2024 №848 WEB URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-2024-%D0%BF#Text> {in Ukrainian}.

13. Smilka, V. (2024). Teoretyko-metodychni zasady provedennia monitorynhu zemel riznykh katehorii [Theoretical and methodological principles of land monitoring for different categories]. *Prostorovyj rozvytok*, (10), 531-543. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.10.531-543>. {in Ukrainian}.

14. Lyashchenko, A. (2004). Metodolohichni osnovy ta informatsiino-tekhnologichni modeli infrastruktury heoprostorovykh danykh miskykh kadastryvykh system [Methodological foundations and information-technological models of geospatial data infrastructure of urban cadastral systems]. Doctor of Technical Sciences Dissertation (05.24.04) Kyiv, 315 p. {in Ukrainian}.

15. Smilka, V. (2019). Ontolohichna model mistobudivnoho monitorynhu zemel naselenykh punktiv [Ontological model of urban planning land monitoring of settlements]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii*, (4 (18)), 223-228.

16. Zvenigorodskyi, O., Zinchenko, O., Chyckariov, Ye. & Kisil, T. (2022). *Shtuchnyi intelekt* [Artificial Intelligence]. Kyiv: DUT, 193 p. {in Ukrainian}.

17. Solodovnyk, H. (2021). *Metody ta systemy shtuchnoho intelektu* [Methods and Systems of Artificial Intelligence]. Kharkiv: TOV «DISA PLIUS», 177 p. {in Ukrainian}.