



ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СФЕРІ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

КОЛЕКТИВНА МОНОГРАФІЯ

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»
кафедра інформаційних систем і технологій
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Національний лісотехнічний університет України
Сілезька академія (Польща)
Краківська політехніка імені Тадеуша Костюшки (Польща)
Роуанський університет (США)
Вища школа міжнародного бізнесу ISM (Словаччина)
ІТ-компанія SoftServe (Україна)
Національний Еразмус+ офіс в Україні
Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної
державної адміністрації (Україна)

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СФЕРІ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

Колективна монографія

Опублікована за результатами Міжнародної науково-практичної конференції
«Інформаційні технології у сфері захисту довкілля»

Львів

2024

УДК 004:502

DOI <http://doi.org/10.35668/7826-38-4>

Рекомендовано до видання Вченою Радою ВСП «Навчально-науковий інститут просторового планування та перспективних технологій» Національного університету «Львівська політехніка», протокол №11 від 17 травня 2024 року

Рецензенти (редактори):

Володимир Маєвський

Volodymyr Mayevsky

доктор технічних наук, професор, директор ННІ Деревообробних технологій і дизайну Національного лісотехнічного університету України

Василь Приймак

Vasyl Pryjmak

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних систем у менеджменті Львівського національного університету імені Івана Франка

Ростислав Ткачук

Rostyslav Tkachuk

доктор технічних наук, професор, начальник кафедри управління інформаційною безпекою Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

Інформаційні технології у сфері захисту довкілля : колективна монографія / за загальною редакцією Маєвського В., Приймака В., Ткачука Р. // за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 16-17 травня 2024 р.). Львів : ННБК «АТБ», 2024. – Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/uk/itep-2024>

ISBN 978-966-2042-84-9

До колективної монографії включені результати наукових досліджень авторів за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології у сфері захисту довкілля» (Львів, 16-17 травня 2024 р.).

УДК 004:502

Відповідальний за випуск – Ірина Ангелко

Матеріали подано в авторській редакції.

Відповідальність за зміст матеріалів, їх відповідність вимогам чинного правопису і достовірність фактів та статистичних даних несуть автори.

© Авторський колектив, 2024

© Національний університет

«Львівська політехніка», 2024

ISBN 978-966-2042-84-9

ЗМІСТ

Баран Мар'яна ДОСЛІДЖЕННЯ ОЦІНКИ СИСТЕМ ГЛОБАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАСОБАМИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	5
Войтусік Степан, Ісаков Олександр ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕРАТОРІВ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ В СИСТЕМАХ АКТИВНОГО ПОДАВЛЕННЯ ШУМУ	12
Horyslavets Pavlo, Mukan Andrii THE IMPACT OF FINANCIAL MARKET REGULATORS ON TRANSFER PRICING STRATEGIES OF CORPORATIONS	19
Даценко Людмила, Тітова Світлана, Дубницька Маргарита ОГЛЯД ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ В УКРАЇНІ: ПРОБЛЕМИ ТА ВИКЛИКИ	25
Кобильник Тарас ДОСЛІДЖЕННЯ МУЛЬТИКОЛІНЕАРНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПАКЕТУ MCTEST СТАТИСТИЧНОГО СЕРЕДОВИЩА R	32
Kuzyk Oleh, Dan'kiv Olesya, Uhryn Lesya DIAGNOSTICS OF ATMOSPHERIC POLLUTION BY MEANS OF QUANTUM DOTS USING OSCILLATORY NEURONS	39
Kukharska Nataliia DEVELOPMENT OF A SCALABLE SYSTEM FOR MONITORING THE STATE OF THE ATMOSPHERE AND AIR POLLUTION	46
Куч Остап, Лагун Ілона ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІОТ-СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАСІКИ	60
Lagun Andrii USING THE IDEAS OF THE ECOLOGICAL MONITORING TO IMPROVE ENVIRONMENTAL PROTECTION	67
Лагун Ярослав, Стахів Роман ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБКИ ДАНИХ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ В СИСТЕМАХ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ	73
Маєвська Оксана, Кшивецький Богдан, Сторожук Віктор ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ	81
Машевська Марта, Дупак Богдан, Мруць Володимир СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В МІСТІ ЛЬВОВІ	88
Олексюк Ганна, Попадинець Назарій, Хром'як Йосиф, Дяченко Андрій БЕЗПЕКА ДОВКІЛЛЯ У ВУГЛЕВИДОБУВНИХ РЕГІОНАХ: НАСЛІДКИ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕРИТОРІЙ (НА ПРИКЛАДІ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО ВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ)	101
Скиба Вікторія, Ганчук Максим, Аюбова Ельнара БІОМІМІКРІЯ: СТАЛІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЧЕРЕЗ ЕВОЛЮЦІЙНИЙ ДОСВІД ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ	110

Скиба Вікторія, Ганчук Максим, Аюбова Ельнара ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ГАЛУЗІ ЕКОЛОГІЇ: ОСВІТНІЙ, НАУКОВІЙ ТА ПРАКТИЧНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ	118
Сенета Зоряна СІЛЬСЬКИЙ ТУРИЗМ – ОДИН ІЗ ЕКОЛОГІЧНО ОРІЄНТОВАНИХ ВИДІВ ТУРИЗМУ, СПРЯМОВАНИЙ НА РЕАЛІЗАЦІЮ КОНЦЕПЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ	128
Seneta Mariana DIGITAL TRANSFORMATION IN THE FIELD OF ENVIRONMENTAL RESEARCH	136
Сенета Мар'яна, Скольський Ігор, Сенета Зоряна ВИКОРИСТАННЯ КВАДРОКОПТЕРІВ ЯК ОДИН ІЗ МЕТОДІВ ЦИФРОВОГО МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ	143
Слюсарчук Арсен ІНТЕГРАЦІЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ДАТА-ЦЕНТРІВ	153
Стрямець Галина, Стрямець Сергій ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ БІОЦЕНОТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «РОЗТОЧЧЯ»	161
Угрин Леся ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ В ОЦІНЦІ СТАНІВ ТЕРИТОРІЙ ПРИРОДОЗАПОВІДНОГО ФОНДУ	170
Ялечко Володимир ВПРОВАДЖЕННЯ SMART ТА ІОТ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛО- ТА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	176

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ГАЛУЗІ ЕКОЛОГІЇ: ОСВІТНІЙ, НАУКОВІЙ ТА ПРАКТИЧНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Скиба Вікторія

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
м. Запоріжжя, Україна
viktorii.skyba@tsatu.edu.ua,

Ганчук Максим

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
м. Запоріжжя, Україна
ganchukm@gmail.com

Аюбова Ельнара

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
м. Запоріжжя, Україна
elnara.aybova@tsatu.edu.ua

Abstract. This publication analyzes the possibilities of using artificial intelligence (AI) in the field of ecology across three main directions: the application of AI in the system of formal ecological education, in conducting scientific research, and in practical activities. The advantages and risks of using generative artificial intelligence in the educational process, which currently provoke a wave of ambiguous discussions among educators, are analyzed. A list of the main possibilities for the application of AI in educational activities and scientific research, taking into account the principles of academic integrity, is presented. Practical experience with the use of artificial intelligence technologies for solving applied tasks in the field of ecology and the prospective potential of AI for simplifying the resolution of specialized tasks are highlighted through specific examples.

Keywords: *artificial intelligence, interactive learning methods, formal ecological education, practical activities in the field of ecology.*

Анотація. У публікації проаналізовано можливості використання штучного інтелекту (ШІ) в галузі екології за трьома основними спрямуваннями: застосування ШІ у системі формальної екологічної освіти, при проведенні наукових досліджень та практичній діяльності. Проаналізовано переваги та ризики застосування генеративного штучного інтелекту в освітньому процесі, які на сьогодні викликають хвилю неоднозначних обговорень серед освітян. Наведено перелік основних можливостей застосування ШІ в освітній діяльності та наукових дослідженнях з врахуванням принципів академічної доброчесності. На конкретних прикладах висвітлено практичний досвід застосування технологій штучного інтелекту для вирішення прикладних завдань в галузі екології та перспективний потенціал ШІ для спрощеного вирішення вузькоспеціалізованих завдань.

Ключові слова: *штучний інтелект, інтерактивні методи навчання, формальна екологічна освіта, практична діяльність в галузі екології.*

Вступ. Поява чату GPT та застосування розширеного функціоналу штучного інтелекту (ШІ) стала свого роду проривним мейнстримом в усіх сферах життя. Подальша перспектива розвитку ШІ та інтегрування його можливостей в буденні процеси, заміна звичних підходів по вирішенню поставлених завдань технологіями штучного інтелекту, викликала резонансну хвилю обговорень у науковій та освітянській спільноті. Переважним чином вона ґрунтується на двох складових: по-перше, це перспективи та можливості, які відкриваються перед людством з можливостями застосування ШІ, а, по-друге, це потенційні ризики пов'язані з дотримання авторського права, принципів академічної доброчесності та вірогідних помилок системи при використанні генеративного ШІ.

Враховуючи потенційні ризики та перспективи, нами була поставлена мета дослідити особливості та досвід використання ШІ при впровадженні освітнього процесу, проведенні наукових досліджень та безпосередньо в процесі практичної діяльності в галузі екології, та перспективних можливостях інтегрування даного технічного інструменту в освітній процес для здобувачів вищої освіти спеціальності 101 «Екологія».

Аналіз основних досліджень і публікацій. Останні роки показали значний прогрес і досягнення в аналітичних обчислювальних інструментах і відкриттях. Особливо це стосується методологій, пов'язаних із новими сферами штучного інтелекту. **Штучний інтелект** – це інструментарій системи, чи сервісу з використанням якого можна збирати та адаптувати дані користувача (або дані, що розміщені у відкритих репозиторіях), та на їх основі генерувати нові рішення чи висновки, відповідно до поданого запиту користувача [1].

Розробка систем штучного інтелекту має свою цікаву історію, але проривним став момент появи для різноманітного функціонального використання ChatGPT. Феєрична поява викликала не меншу кількість дискусійних питань з приводу аргументації та доброчесності для використання в межах освітнього процесу та при проведенні наукових досліджень. Освітняни занепокоєні, що можливості генеративного ШІ вплинуть на академічну доброчесність і якість навчання студентів. Це новий інструмент, який, безумовно, має багато переваг і відкриває нові можливості, проте, це і технологія, якою неможна зловживати.

Останні пару років в науковому інфопросторі з'явилась велика кількість публікацій присвячених аналізу перспектив та недоліків використання технологій ШІ в освіті та науці. Зокрема, це наукові публікації представників українського освітнього середовища Андрощук А. Г., Малюги О. С., Содель О., Коломієць А., Кушнір О., Мар'єнко М., Соменко Д., Трифонові О., Садового М., Шарова С.В., Драч І., Петроє О., Бородієнко О., Регейло І., Базелюк О., Базелюк Н., Слободянюк О., Візнюк І. М., Буглай Н. М., Куцак Л. В., Поліщук А. С., Киливник В. В., Педан О. А., Ушакова І. О., Бикова В., Бахрушина В., Осадчого В., Доценко І.О. та багатьох інших. Стрімка поява великої кількості публікацій, як в Україні, так і за кордоном, обумовлена обґрунтуванням доцільності використання ШІ у середовищі вищої освіти, етичними нормами дотримання принципів академічної доброчесності та свободи, спроможності попередити усі ризики, пов'язані з адаптацією нових технологічних можливостей генеративного ШІ.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Генеративний штучний інтелект та формальна екологічна освіта. У переважній більшості освітяни дотримуються думки, що навчальні заклади мають прийняти технологію ШІ та знайти способи інтегрувати її у свої методи навчання, одночасно зберігаючи академічні стандарти та забезпечуючи академічну доброчесність. За умови ретельного контролю та належного управління інструменти на основі штучного інтелекту, можуть бути неймовірно корисними як для студентів, так і для викладачів.

До переліку ключових можливостей ШІ в освітній діяльності та наукових дослідженнях можна віднести:

- автоматизований аналіз даних (ШІ здатний обробляти великі обсяги даних і здійснювати їх аналіз з миттєвою швидкістю);
- значне спрощення роботи з текстами і мовами;
- пошук нової інформації та даних, синтез нових матеріалів і засобів;
- генерація нових гіпотез, моделювання складних систем;
- підвищення точності моделювання та прогнозування;
- оформлення цитування [2].

З одного боку ШІ може стати гідним помічником викладача в освітньому процесі. Однак, незважаючи на потенціал штучного інтелекту в освіті, також є занепокоєння щодо його потенційного негативного впливу на якість виконання завдань. Серед ключових ризиків подальшого розвитку ШІ науковці виокремлюють наступні:

- глобальне порушення авторських прав (першоджерело твору, наукової праці знайти все складніше);
- зниження якості контенту, втрата оригінальності, фактологічні помилки, "галюцинації", які може побачити лише людина;
- втрата креативності (ШІ не може вигадати свою власну ідею, він компілює чужі ідеї та робить їх невпізнаними, але не новими);
- зростання безробіття у креативній сфері;
- низька якість даних та їх надійність (для успішного функціонування ШІ та нейромережі потребують великої кількості якісних даних, якщо дані, на яких вони навчаються, містять помилки або неточності, це може призвести до неправильних результатів);
- неадекватність відповідей та ризику помилкових рішень;
- питання безпеки: використання ШІ та нейромереж створює ризик для безпеки даних;
- ризик залежності від технологій та втрати (або недоотримання) навичок самостійного навчання [3; 4].

Використання ШІ для проведення екологічних досліджень. Дослідження в галузі екології з використанням штучного інтелекту спрямовані на прогнозне розуміння складних систем, у яких нелінійність виникає внаслідок багатовимірної взаємодії та зворотного зв'язку в різних масштабах. Після століття незалежних, асинхронних досягнень у обчислювальних та екологічних дослідженнях, передбачається критична потреба в навмисній синергії для вирішення поточних суспільних викликів на тлі глобальних змін [5].

Варто зазначити, що специфікою екологічних досліджень є важливість наявного ряду систематичних спостережень. Екологічні дослідження вимагають прогнозування і моделювання в перспективних змінах поточного стану показників, що дозволяє створити прогностичні моделі вірогідних екологічних сценаріїв, оцінити перспективні зміни та швидкого реагування на потенційні ризики і їх наслідки. Застосування технологій ШІ при проведенні екологічних досліджень розширює спектр можливостей в різних методичних та технологічних підходах.

Продумано розроблений і емпірично підтверджений ШІ в екологічних технологіях спроможний моделювати складні екосистемні зв'язки. Це новітнє партнерство між дослідниками та машинами поглибить екологічне розуміння для сталого управління екосистемами на планеті, яка стає все більш перенаселеною [6].

Дослідники виділяють основні спрямування адаптивності використання ШІ в галузі екології:

- **Автоматизована ідентифікація видів.** Одним з наукових викликів екології як науки - є каталогізація біорізноманіття рослин. Вважається, що 10-20% видів рослин на планеті досі залишаються невиявленими. Технології комп'ютерного зору можуть автоматично ідентифікувати види всіх видів тварин і рослин із зображень фотопасток для масштабування збору даних.

Крім ідентифікації, методи збору даних за допомогою ШІ змінили спосіб, у який екологи збирають інформацію про види рослин. Технології дистанційного зондування, оснащені алгоритмами ШІ, дозволяють автоматизовано збирати дані, зменшуючи потребу в трудомісткій польовій роботі. Ця інновація не тільки прискорює отримання даних, але й забезпечує більш повне та безперервне розуміння поширення видів рослин.

- **Збереження біорізноманіття.** Штучний інтелект полегшує вдосконалене відстеження та ідентифікацію видів, що перебувають під загрозою зникнення. Фотопастки та сенсорні мережі, оснащені алгоритмами ШІ, можуть точно ідентифікувати окремих тварин, відстежувати міграційні та оцінювати динаміку популяції. Ці дані допомагають зрозуміти схеми міграції, уподобання середовищ існування, здоров'я популяції та оптимізувати природоохоронні заходи.

Визначення взаємозв'язків між біорізноманіттям і факторами середовища: алгоритми машинного навчання дозволяють встановити багатоваріантні зв'язки між таксономічним,

функціональним, генетичним різноманіттям та екосистемними процесами.

Боротьба з браконьєрством. Розумні датчики, дрони та інтелектуальні системи камер спроможні виявляти та сповіщати контролюючі органи про потенційну браконьєрську діяльність у режимі реального часу. Прогнозне моделювання з використанням штучного інтелекту може допомогти передбачити зони високого ризику браконьєрства, дозволяючи вживати профілактичних заходів для захисту вразливих видів.

Також ШІ допомагає дослідникам вивчати генетичне різноманіття популяцій, що перебувають під загрозою зникнення, визначати ключові гени для адаптації та приймати обґрунтовані рішення щодо програм розведення для підвищення генетичної стійкості.

- **Моніторинг стану навколишнього середовища:** мережі датчиків, керованих штучним інтелектом, адаптивно контролюють екосистеми в режимі реального часу, відстежуючи динаміку показників.

- **Моделювання та прогнозування стану довкілля.** В умовах кліматичної кризи та адаптивності екосистем до цих змін, ШІ може створити різноманітні сценарії. Наприклад, спрогнозувати зміну географічних ареалів поширення видів відповідно до потенційної зміни кліматичних показників.

Моделювання екологічного впливу дозволяє проаналізувати вплив потепління, перетворення земель на біорізноманіття. Використання цих можливостей прогнозування допомагає стратегічному плануванню адаптації до клімату для захисту біорізноманіття.

- **Агроекологічний моніторинг.** Використання ШІ в галузі **рослинництва:**

- ✓ забезпечує моделювання та прогнозування розвитку культур, термінів вирощування і врожайність на основі таких змінних, як генетика, методи управління, погодні умови, стан ґрунту, зони з дефіцитом поживних речовин, стресом від посухи, спалахами хвороб, використовуючи аерофотознімки високої роздільної здатності, зроблені за допомогою дронів, літаків або супутників, а також регресійні моделі;

- ✓ дозволяє продуктивно виявляти хвороби та шкідників с/г рослин; проводити сегментацію бур'янів на зображеннях, отриманих за допомогою БПЛА, виявляючи місця інвазивних або стійких до гербіцидів бур'янів, що дає можливість раннього втручання до того, як вони поширяться, використовуючи точне цілеспрямоване обприскування лише там, де це необхідно;

- ✓ оптимізує керування зрошенням задля максимізації врожайності культур порівняно з ефективністю використання води;

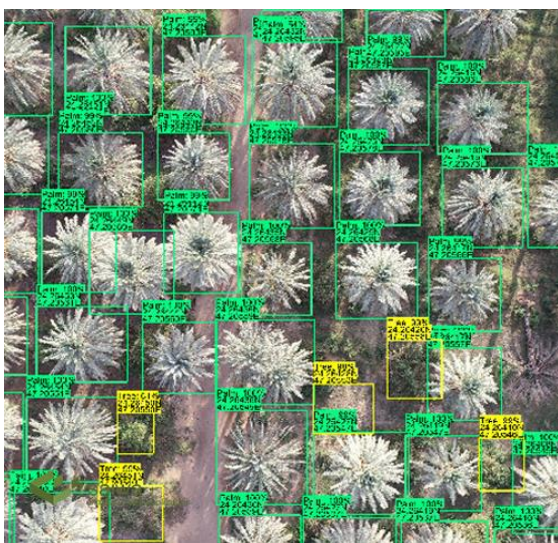


Рис. 1. Приклад ідентифікації рослинності з використанням технології ШІ [7]

- ✓ надає змогу здійснювати агрохімічну оптимізацію: точне внесення змінних норм добрив, пестицидів і гербіцидів на поля за допомогою моделей ML, які об'єднують дані про ґрунт, погоду та врожай, що в свою чергу дозволяє мінімізувати екологічний вплив;

- ✓ забезпечує точніше прогнозування врожайності за рахунок багатофакторного аналізу;

- ✓ створює перспективи для розвитку та пошуку інноваційних підходів до селекційного розведення сільськогосподарських культур. Сучасні дослідження показали, що більшість ознак контролюються декількома генами, які взаємодіють один з одним і навколишнім середовищем складним чином (на відміну від традиційної селекції принципу успадкування за Менделем). Вірогідно, що ШІ спроможний ідентифікувати закономірності в даних, які можуть бути неочевидними для людей, швидше

та ефективніше ідентифікуючи бажані риси для модифікації.

- ШІ в галузі **тваринництва** дозволяє відстежувати рух, поведінку та здоров'я тварин за допомогою комп'ютерного зору, переносних пристроїв і алгоритмів виявлення аномалій, забезпечує ранню діагностику захворювання.

- **Супутникове картографування середовищ існування:** ШІ-аналіз супутникових зображень може картографувати рослинність (приклад зображений на рис.1), розподіл видів і землекористування з високою роздільною здатністю на великих територіях, щоб виявити просторові моделі.

- **Інтелектуальний аналіз екологічних даних:** методи інтелектуального аналізу даних машинного навчання допомагають виявити приховані зв'язки та тенденції у масивних наборах екологічних даних, які неможливо розпізнати вручну [7].

Практичні приклади технологічних розробок в галузі екології, які базуються на використанні технології ШІ.

Компанія DeepMind, що належить Google і спеціалізується на дослідженнях у галузі штучного інтелекту, використовує можливості нейромереж для вирішення проблем, пов'язаних зі зміною клімату. Сімс Візерспун, спеціаліст зі сталого розвитку зазначає, що ШІ може допомогти у трьох основних напрямках:

- Прогнозування та моніторинг кліматичних змін. Моделі DeepMind спроможні максимально точно прогнозувати опади (від двох годин до 10 днів вперед), це відкриває шлях до моделювання ще складніших природних процесів.

- Оптимізація існуючих систем та інфраструктури. Компанія спробувала використовувати ШІ в дата-центрах та зуміла заощадити 40% енергії, що дуже важливо для скорочення викидів CO₂.

- У рамках одного з проєктів нейромережу навчили керувати формою плазми у справжньому термоядерному реакторі типу токамак, це важливий крок на шляху створення досконалого, екологічно чистого джерела енергії, переконані спеціалісти [8].

На сьогодні впровадження технологій ШІ можна знайти в інноваційних розробках направлених на впровадження ресурсоощадливих технологій, які направлені на досягнення цілей сталого розвитку та кліматичної нейтральності.

Система Algoretail (Ізраїль) використовує машинне навчання для автоматизації процедур закупівлі продуктів у роздрібній торгівлі. Інструмент автоматизації Algoretail IO пропонує прогнозування продажів на основі даних, що дозволяє скоротити втрати продуктів повсякденного попиту, що швидко псуються, тим самим значно мінімізуючи кількість харчових відходів. За відгуками користувачів, їм вдалося скоротити харчові відходи на 30-40% [9].

Трендовими є стартапи для сортування та переробки відходів, які також базуються на технології ШІ. Cycled Technologies AS (Норвегія) – розумний кошик з технологією самосортування та мобільний додаток. Схожим є проєкт Vin-e (Польща) – розумний сміттевий бак автоматично розпізнає предмети і сортує їх за допомогою розпізнавання зображень і машинного навчання. CleanRobotics (США) – інтелектуальна система управління відходами за допомогою ШІ та робототехніки.

Французький стартап Trizzy пропонує помічника з управління відходами для корпоративних компаній та спільнот. За допомогою штучного інтелекту він розпізнає різні види відходів і відповідає на запитання користувачів про те, як поводитися з певними видами відходів, надає інформацію про графіки збору, компостування, найближчих центрів переробки та багато іншого.

Продукт із підтримкою штучного інтелекту під назвою Winnow Vision, запущений британською компанією Winnow Solutions є революційним стартапом управління харчовими відходами на комерційних кухнях. Winnow Vision поєднує в собі камеру, розумні ваги та машинне навчання, щоб розпізнавати різні типи їжі, викинутої у смітник. Система розраховує фінансові та екологічні витрати на їжу, щоб кухарі усвідомили цінність відходів. Компанії, які використовують Winnow Vision, зменшують витрати на продукти харчування в

середньому на 2-8%, що свідчить про те, що це рішення на основі ШІ приносить користь як підприємствам, так і навколишньому середовищу та відповідати концепціям сталості, передбаченим корпоративними стратегіями [10, 11].

Clearbot (Китай) – це автономні роботи-збирачі океанічного сміття на основі ШІ (рис.2), які можуть виявляти та збирати сміття з води. Clearbot Neo здатен зібрати до 15 л нафти та 200 кг плаваючого сміття за день при мінімальних витратах енергоносіїв. Clearbot Neo – сучасний, ефективний і екологічно чистий спосіб очищення водних шляхів [12].



Рис. 2. Clearbot Neo – збирач океанічного сміття [12]

Команда вчених з Descartes Labs (США, Санта-Фе) запустила інноваційний детектор раннього виявлення лісових пожеж, який використовує ШІ для аналізу зображень, які кожні кілька хвилин надсилаються з двох метеорологічних супутників. Алгоритм шукає наявність диму або зміни інфрачервоних теплових даних, а потім використовує детектор, щоб надіслати попередження лісникам. Наразі було виявлено 6200 лісових пожеж, у тому числі і маломасштабні, які охоплюють лише 4 га лісу. Схожою є розробка Рапо (США), яка використовує ШІ глибокого навчання та комп'ютерний зір для автоматичного виявлення, перевірки та класифікації лісових пожеж у реальному часі [13, 14].

Cervest (Великобританія) створив першу платформу ШІ, щоб допомогти компаніям, урядам і виробникам адаптуватися до

нестабільності клімату та захистити нашу планету. Передова технологія EarthScan використовує моделювання даних, машинне навчання та найсучаснішу кліматологію, щоб надати індивідуальний аналіз кліматичних ризиків, пов'язаних з повеннями, посухами та екстремальними температурами [15]. Виноробні E. & J. Gallo Winery вдалось скоротити споживання води на 25%, при цьому збільшивши доходи на 30 %. Для цього дані про погоду, стан ґрунту, сухість, вітер тощо були зібрані та оцінені ШІ, з подальшим обрахунком необхідної норми зрошення для кожної окремої лози [16].

Технології машинного навчання в поєднанні з підходами фотограмметрії та дистанційного зондування земної поверхні з використанням БПЛА та супутникових зображень набувають популярності та є перспективним спрямуванням наукових досліджень. Дані технології активно адаптуються для вивчення біорізноманіття, визначення змін в лісовкритих ділянках ландшафтів, а також задля підвищення стійкості в сільському господарстві [17].

Wegaw (Швейцарія) – це система обробки супутникових даних дистанційного зондування за допомогою ШІ для оптимізації виробництва гідроенергетики на основі даних геопросторового синтезу, моніторингу та прогнозування водних і снігових ресурсів. Система дозволяє збільшити генерацію енергії на 10%. А компанія GE Renewable Energy використовує штучний інтелект у своїх вітрових турбінах, щоб покращити їхню продуктивність. Ці турбіни оснащені датчиками та алгоритмами штучного інтелекту, які передбачають зміни швидкості вітру та відповідно корегують роботу турбіни [18, 19].

Pachama (США) та Treefera (США) – це ринок кредитів на видалення вуглецю в природі на основі ШІ. Pachama використовує основні технології:

- оцінка вуглецю (моделі машинного навчання, які об'єднують супутникові дані, польові ділянки та 3D-лідарні зображення з повітря, щоб картувати лісовий вуглець у цілих регіонах і, зрештою, у будь-якій точці світу);
- моніторинг зміни лісового покриття: супутникові зображення високої роздільної

здатності дозволяють відстежувати втрати та прирости лісових масивів з часом [20, 21].

У поточному році планується запуск на орбіту Землі Супутник Фонду захисту навколишнього середовища MethaneSAT. Він призначений для збору даних, які в поєднанні зі ШІ Google і картографуванням інфраструктури допоможуть краще зрозуміти, як зменшити викиди метану. Новий супутник EDF, MethaneSAT, картографуватиме, вимірюватиме та відстежуватиме метан із безпрецедентною точністю, пропонуючи повне уявлення про викиди метану. Він вимірюватиме рівень метану в найбільших нафтогазоносних регіонах світу для регулярного аналізу [22].

Використання штучного інтелекту (ШІ) в екології, яке є вивченням взаємозв'язків між властивостями організму та його роллю в екосистемі, має відносно коротку історію порівняно з іншими напрямками досліджень ШІ. Проте в останні роки зростає інтерес до використання штучного інтелекту для вивчення функціональної екології та розуміння екологічної ролі різних видів і механізмів, які керують екологічними процесами. Загальнодоступні анотовані бази даних все частіше можна знайти в Інтернеті, щоб полегшити навчання глибоких нейронних мереж в екології. Це ідентифікації видів за зображенням, або визначники різноманіття орнітофауни за звуками.

Орнітологічні бібліотеки Macaulay (<https://www.macaulaylibrary.org/>) або Merlin Bird ID (<https://merlin.allaboutbirds.org/>), Bird ID (<https://www.natureid.no/bird/>), мобільний додаток на основі ШІ BirdNET (<https://birdnet.cornell.edu/>), Птахи України – орнітологічний визначник з фото, описами та звуками птахів, в якому вміщено 428 видів сучасної орнітофауни України. Плазуни та земноводні Xeno-Canto (<https://www.xeno-canto.org/>), крики кажанів (<https://www.batdetective.org/>). Рослини або зображення тварин, наприклад, це платформа Wild Me (<https://www.wildme.org/>), яка розробляє відкрите програмне забезпечення та ШІ для наукової спільноти природоохоронців; iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>) – це база даних з понад 470 тис. видів; PlantNet (PlantNet) – колекція 20 тис. видів екзотичних рослин [23, 24].

Проект AMMOD (Automated Multisensor station for Monitoring Of Specific Diversity), створений у Німеччині, спрямований відстежувати зміни в розвитку видового різноманіття. Він поєднує дані з автоматично взятих зразків ДНК, розпізнавання зображень ШІ, біоакустику штучного інтелекту (крики птахів, дзижчання комах) і автоматизований аналіз запахів [25].

У вересні 2023 року науковці Українського гідрометеорологічного інституту (УкрГМІ) ДСНС України та НАН України у співпраці з IBM Research і Texas Agrilife Research презентували спільний екологічний проект, розроблений на основі штучного інтелекту. Завдяки онлайн-платформам «Land & Water» (<https://landwater.uhmi.org.ua/>, рис.3) та «AgroStats» (<https://agrostats.uhmi.org.ua/>) можна отримати інформацію щодо прогнозування посух, управління водними ресурсами, статистики сільського господарства України [26-28].

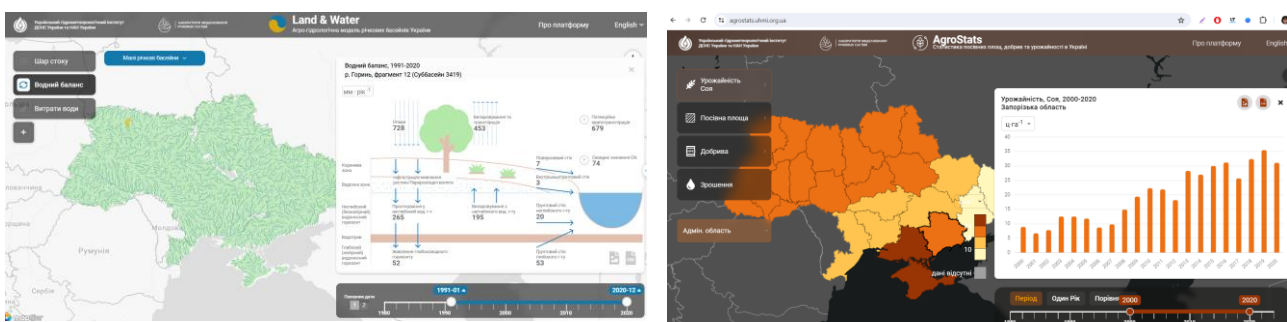


Рис. 3. Інтерфейс онлайн-платформ Land & Water та AgroStats [27; 28]

Перспективи використання технологій та можливостей ШІ для наукових розробок та пошуку нових підходів очевидні. Попри усі вірогідні ризики, більшість освітня схильється до того, що заборонити використання ШІ в освітньому процесі все одно не вдасться, тому

краще адаптувати його можливості для отримання взаємної користі в системі взаємодії «викладач-здобувач». Підсумовуючи викладений вище матеріал, вбачаємо доцільним запитати в чату Gemini (<https://gemini.google.com/app>), які ж перспективи використання ШІ для впровадження екологічної освіти, на що отримуємо вельми структуровану відповідь наведену нижче:

«Штучний інтелект (ШІ) має значний потенціал для революційних змін у сфері екологічної освіти, пропонуючи інноваційні та захоплюючі способи навчання людей про довкілля. Ось кілька перспективних напрямків використання ШІ для екологічної освіти:

1. Персоналізоване навчання та адаптивні освітні системи:

ШІ-алгоритми можуть аналізувати дані про здобувачів, щоб створювати персоналізовані навчальні плани та адаптувати навчальний контент до їхніх потреб, інтересів і стилю навчання. Це може зробити екологічну освіту більш ефективною та цікавою для учнів усіх рівнів.

Інтерактивні навчальні симуляції та віртуальні середовища: ШІ може використовуватися для створення реалістичних симуляцій та віртуальних середовищ, які дозволяють учням досліджувати різні екосистеми, вивчати екологічні проблеми та відчувати наслідки своїх дій на довкілля.

Ігри та гейміфікація: ШІ може використовуватися для розробки захоплюючих ігор та застосунків, які роблять навчання про довкілля більш веселим та інтерактивним.

2. Доступ до інформації та ресурсів:

ШІ-системи можуть збирати та агрегувати дані з різних джерел, таких як наукові статті, урядові звіти та датчики моніторингу довкілля, надаючи здобувачам доступ до актуальної та достовірної інформації про екологічні проблеми.

Чат-боти та віртуальні помічники: ШІ-помічники можуть відповідати на запити здобувачів про параметри стану довкілля, надавати їм інформацію про місцеві екологічні ініціативи та з'єднувати їх з експертами та ресурсами.

Переклад мов та адаптація контенту: ШІ може використовуватися для перекладу навчальних матеріалів на різні мови та адаптації їх до різних культурних контекстів, роблячи екологічну освіту більш доступною для людей у всьому світі.

3. Підтримка досліджень та інновацій в екологічній освіті:

ШІ може використовуватися для аналізу великих обсягів даних про екологічну освіту, щоб виявляти тенденції, визначати ефективні методи навчання та оцінювати вплив різних освітніх програм.

Розробка нових інструментів та технологій для екологічної освіти: ШІ може використовуватися для розробки нових інструментів та технологій, таких як інтерактивні карти, системи моделювання та інструменти візуалізації даних, які можуть допомогти вчителям більш ефективно навчати про довкілля. Створення віртуальних лабораторій та дослідницьких середовищ: ШІ може використовуватися для створення віртуальних лабораторій та дослідницьких середовищ, які дозволяють учням проводити дослідження та експерименти з екологічних проблем, не виходячи з дому.

Важливо зазначити, що використання ШІ в екологічній освіті також має виклики, які необхідно вирішити. Наприклад, важливо гарантувати, що ШІ-системи ґрунтуються на науково-достовірній інформації та не упереджено ставляться до певних точок зору. В цілому, ШІ має великий потенціал для покращення екологічної освіти, роблячи її більш персоналізованою, захоплюючою, доступною та ефективною. З відповідальним розвитком та використанням ШІ може допомогти нам навчити нове покоління людей цінувати та захищати довкілля».

Висновки. Отже, адаптивні можливості використання ШІ окреслюють коло вагомих перспектив як для освітньої, так і для наукової діяльності. Врахувавши усі потенційні ризики, пов'язані з використанням ШІ, можна урізноманітнити традиційні та інтерактивні методи навчання [29] (особливо в дистанційному форматі) та інтегрувати можливості ШІ для взаємкорисного використанням як здобувачами, так і викладачами.

Проаналізувавши наявний практичний досвід для вирішення прикладних завдань в галузі екології, стає зрозумілим, що наукові розробки та стартапи активно популяризуються та знаходять відгук в користувачів та інвесторів лише впродовж останніх декількох років, але з кожним роком активно розширюється спектр можливостей та галузей, які інтегрують ШІ в свої технологічні розробки, а саме: системи сортування сміття, швидкого та детального аналізу біорізноманіття (особливо на територіях з обмеженими можливостями фізичного доступу), аналізу та побудови моделей для оптимізації ресурсовикористання та потенційного зменшення відходів виробництва на шляху переходу до циркулярної економіки та досягнення цілей сталого розвитку, перспективні можливості прогнозування кліматичних змін та попередження вірогідних кліматичних ризиків в т.ч. для галузі сільського господарства, оцінка потенціалу врожайності та економічної ефективності. Приклади подібних розробок дуже різноманітні, вони інтегруються на заміну певному технологічному процесу, або як додатковий інструмент для оптимізації виробництва, але усі вони мають ключову мету – зменшення ресурсоспоживання, оптимізацію енергоефективності, скорочення утворених відходів на шляху до сталого розвитку.

Технологія ШІ може бути повноцінною альтернативою деяким традиційним методам проведення наукових досліджень та практичної діяльності, дієвим інструментом економії часу та ресурсів при роботі з великими масивами даних з новими можливостями та технологіями.

1. Мар'єнко Майя. Штучний інтелект та відкрита наука в освіті [Електронний ресурс] / Майя Мар'єнко, Валентина Коваленко // *Фізико-математична освіта : наук. журнал*. 2023. Т. 38. № 1. С. 48-53. DOI 10.31110/2413-1571-2023-038-1-007. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/734475/1/2023-381-marienkokovalenko.pdf>

2. Коломієць А., Кушнір О. Використання штучного інтелекту в освітній та науковій діяльності: можливості та виклики. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology Theory Experience Problems*. 2024. № 70. С. 45–57. URL: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2023-70-45-57>

3. Андрощук А. Г., Малюга О. С. Використання штучного інтелекту у вищій освіті: стан і тенденції. *International Science Journal of Education & Linguistics*. 2024. Т. 3, № 2. С. 27–35. URL: <https://doi.org/10.46299/j.isjel.20240302.04> (дата звернення: 21.04.2024).

4. Somenko D., Tryfonova O., Sadovyi M. The use of artificial intelligence and neural networks in the educational process in professional disciplines by students majoring in professional education (digital technologies). *The Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: pedagogy*. 2023. Т. 1, № 1. С. 45–55. URL: <https://doi.org/10.25128/2415-3605.23.1.6> (дата звернення: 18.12.2023).

5. Barbara A. Han, Kush R. Varshney, Shannon LaDeau, Ajit Subramaniam, Kathleen C. Weathers, Jacob Zwart. A synergistic future for AI and ecology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2023; 120 (38) DOI: 10.1073/pnas.2220283120.

6. AI in Ecology | Expanding Ecology's Vision with AI. Saiwa. URL: <https://saiwa.ai/blog/ai-in-ecology/> (дата звернення: 24.01.2024).

7. The Surprising Value of Plant Counting. Saiwa. URL: <https://saiwa.ai/blog/plant-counting/> (дата звернення: 17.01.2024).

8. Using AI to fight climate change. Deepmind. URL: <https://deepmind.google/discover/blog/using-ai-to-fight-climate-change/> (дата звернення 22.04.2024).

9. Our mission is to provide powerful solutions to maintain stock level high and food waste low. Algoretail. URL: <https://www.algoretail.io/reduce-food-waste/> (дата звернення: 01.04.2024).

10. Філановський О. Icoola. Екологічні стартапи в галузі штучного інтелекту. URL: <https://icoola.ua/blog/ekolohichni-startapy-v-haluzi-shtuchnoho-intelektu/> (дата звернення: 08.04.2024).

11. *Shaping the Future of Waste Management. CleanRobotics.* URL: <https://cleanrobotics.com/> (дата звернення: 20.04.2024).
12. *Creating the future of marine services. Clearbot.* URL: <https://www.clearbot.org/> (дата звернення: 19.04.2024).
13. *Rajewska E. 5 ways artificial intelligence can help to save the planet. DLabs.AI.* URL: <https://dlabs.ai/blog/5-ways-artificial-intelligence-can-help-to-save-the-planet/> (дата звернення: 22.03.2024).
14. *Pano Rapid Detect. Pano.* URL: <https://www.pano.ai/> (date of access: 19.04.2024).
15. *Groundbreaking Earth Science AI. Cervest.* URL: <https://cervest.earth/earth-science-ai> (дата звернення: 21.04.2024).
16. *What are the benefits of artificial intelligence (AI) for the environment? – Seven astonishing insights. Clickworker.* URL: <https://www.clickworker.com/customer-blog/artificial-intelligence-and-environment/> (дата звернення: 23.02.2024).
17. *Automated Identification and Classification of Plant Species in Heterogeneous Plant Areas Using Unmanned Aerial Vehicle-Collected RGB Images and Transfer Learning / G. Tariku et al. Drones. 2023. Vol. 7, no. 10. P. 599.* URL: <https://doi.org/10.3390/drones7100599>.
18. *Snow & Water Digital Twins. Wegaw.* URL: <https://wegaw.com/> (дата звернення: 21.04.2024).
19. *Як штучний інтелект впливає на довкілля? ЕКОДІЯ.* URL: <https://ecoaction.org.ua/iak-ai-vplyvaie-na-dovkillia.html> (дата звернення: 10.04.2024).
20. *Restore nature. Remove carbon. Pachama.* URL: <https://pachama.com/> (дата звернення: 20.04.2024).
21. *We're transforming the way the world approaches forest data and conservation, to create a clear future for the carbon market and the planet. Treefera.* URL: <https://www.treefera.com/> (дата звернення: 20.04.2024).
22. *Maguire Y. How satellites, algorithms and AI can help map and trace methane sources. The Keyword.* URL: <https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/how-satellites-algorithms-and-ai-can-help-map-and-trace-methane-sources/> (дата звернення: 22.04.2024).
23. *Reyhani Haghighi S., Pasandideh Saqalaksari M., Johnson S. N. Artificial Intelligence in Ecology: A Commentary on a Chatbot's Perspective. The Bulletin of the Ecological Society of America. 2023.* URL: <https://doi.org/10.1002/bes.2.2097> (дата звернення: 21.04.2024).
24. *Christin S., Hervet É., Lecomte N. Applications for deep learning in ecology. Methods in Ecology and Evolution. 2019. Vol. 10, no. 10. P. 1632–1644.* URL: <https://doi.org/10.1111/2041-210x.13256> (date of access: 21.04.2024).
25. *AMMOD: A "Weatherstation" counting species diversity. The Leibniz Institute for the Analysis of Biodiversity Change is a research museum of the Leibniz Association.* URL: <https://bonn.leibniz-lib.de/en/research/projects/ammod-a-weatherstation-counting-species-diversity> (дата звернення: 15.04.2024).
26. *Хандусенко Н. Українські вчені представили екологічний проєкт на основі ШІ під час сесії Генеральної Асамблеї ООН. DEV.* URL: <https://dev.ua/news/ukrainski-vcheni-oon-shi-1695989830> (дата звернення: 22.04.2024).
27. *Статистика посівних площ, добрив та урожайності в Україні. AgroStats.* URL: <https://agrostats.uhmi.org.ua/> (дата звернення: 22.04.2024).
28. *Агро-гідрологічна модель річкових басейнів України. Land & Water.* URL: <https://landwater.uhmi.org.ua/> (дата звернення: 22.04.2024).
29. *Скиба В.П., Ганчук М.М., Вознюк Н.М., Ліхо О.А. Практичні приклади та переваги використання інтерактивних методів навчання при викладанні дисциплін екологічного спрямування. Scientific papers of Berdiansk State Pedagogical University Series Pedagogical sciences. 2023. Т. 1, № 1. С. 372–385.* URL: <https://doi.org/10.31494/2412-9208-2023-1-1-372-385>

ЕЛЕКТРОННЕ НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СФЕРІ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

Колективна монографія

Опублікована за результатами Міжнародної науково-практичної конференції
«Інформаційні технології у сфері захисту довкілля»

Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/uk/iter-2024>

Відповідальний за випуск – Ірина Ангелко

Підписано до друку 18.05.2024 р. Папір ксероксний.

Ум.др.арк. 11,27 Гарнітура «Times»

Наклад 300 прим.

Друк ПП «АРАЛ»

м. Львів вул. Козельницька, 4

