

<http://doi.org/10.23939/pa2025.01.021>

УДК 631

З. РИЖОК¹, Р. СТУПЕНЬ²

¹ Кафедра геодезії і геоінформатики Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, вул. Пекарська, 50, Львів, 79010, Україна, тел.: 0939432302, E-mail: zoryana.rizhock@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0733-5658

² Кафедра геодезії і геоінформатики Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, вул. Пекарська, 50, Львів, 79010, Україна, тел.: 0673327875, E-mail: romomas@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4951-2838

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОСТОРОВОГО АНАЛІЗУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ У ГЕОІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ QGIS

Досліджено інтеграцію алгоритмів штучного інтелекту в галузі сільського господарства для ефективного та сталого сільськогосподарського виробництва з використанням технологій машинного навчання, комп'ютерного збору та аналізу великого обсягу геопросторових даних з метою підвищення ефективності управління земельними ресурсами за допомогою геоінформаційних систем. Проаналізовано перспективи застосування методів штучного інтелекту (ШІ) у геоінформаційній системі QGIS для просторового аналізу сільськогосподарського землекористування. Обґрунтовано ефективність інтеграції алгоритмів машинного навчання, інструментів дистанційного зондування Землі та супутникових даних з метою покращення управління земельними ресурсами. Основну увагу приділено дослідженню функціоналу сучасних плагінів QGIS, таких як Mapflow, SCP (Semi-Automatic Classification Plugin), SentinelHub, GEE Timeseries Explorer, Structured Classification Plugin, qgis2web, що реалізують можливості ШІ для картографування, моніторингу та аналітики в аграрному секторі. Розкрито методику використання супутникових знімків високої роздільної здатності для автоматичної класифікації земного покриття, виявлення типів угідь, оцінки стану рослинності за вегетаційними індексами (NDVI, EVI), а також ідентифікації змін у структурі агроландшафтів. Описано методику створення векторних шарів із супутникових даних, застосування інструментів для контролю якості класифікації та постобробки зображень. Обґрунтовано застосування геоінформаційної системи QGIS, як гнучкої та відкритої платформи для наукового і прикладного геопросторового аналізу, зокрема в умовах обмежених ресурсів. Результати дослідження демонструють, що поєднання ШІ з інструментами ГІС сприяє підвищенню точності, швидкості та об'єктивності просторового аналізу, забезпечуючи високий рівень деталізації, зменшення впливу людського фактора та розширення можливостей аграрного моніторингу. Це відкриває нові горизонти для ефективного управління земельними ресурсами, прийняття рішень у сфері землекористування та впровадження технології цифрового землеробства.

Ключові слова: штучний інтелект, управління земельними ресурсами, геоінформаційні системи, супутникові знімки, QGIS.

Вступ

Штучний інтелект (ШІ) відіграє важливу роль у сучасному сільському господарстві, забезпечуючи ефективні методи для моніторингу, аналізу та управління землями сільськогосподарського призначення. Використання ШІ має потенціал для ефективного та сталого сільськогосподарського виробництва, що використовує технології машинного навчання, комп'ютерного збору та аналізу великого обсягу геопросторових даних з метою підвищення ефективності управління земельними ресурсами.

Геоінформаційна система QGIS, як платформа з відкритим кодом, надає широкі можливості для інтеграції інструментів машинного навчання, що значно розширює функціонал аналізу сільськогосподарських угідь [2]. У цьому контексті важливим стає дослідження практичного потенціалу поєднання QGIS із плагінами, що реалізують ШІ-алгоритми, зокрема для ідентифікації типів землекористування, оцінки змін у структурі агроландшафтів та підтримки прийняття рішень на основі просторових моделей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

За кордоном активно досліджують використання нових технологій у точному землеробстві, використовуючи технологію штучного інтелекту для автоматичної класифікації землекористування, прогнозування урожайності сільськогосподарських культур, аналізу показників деградації ґрунтів, ведення контролю за екологічним станом територій, що сприяє підвищенню прибутковості сільськогосподарських товаровиробників та економіки загалом [3–5].

Мета і завдання дослідження

Дослідити інтеграцію алгоритмів штучного інтелекту для просторового аналізу сільськогосподарського землекористування у середовищі QGIS.

Методика дослідження

У дослідженні застосовано методику, що поєднує інструменти дистанційного зондування Землі, геоінформаційного аналізу та алгоритмів машинного навчання для ідентифікації, картографування та оцінки сільськогосподарського землекористування на основі даних відкритих супутникових знімків у геоінформаційній системі QGIS з використанням спеціалізованих плагінів та бібліотек штучного інтелекту.

Виклад основного матеріалу і результати обговорення

Геоінформаційні системи, що працюють на основі алгоритму штучного інтелекту, характеризуються здатністю використовувати логічне мислення для інтерпретації супутникових знімків з метою створення картографічних об'єктів, що мають відображати реальний стан землекористування [1]. Так, у галузі сільського господарства штучний інтелект представлено у трьох основних категоріях інтеграції, а саме для:

- 1) моніторингу ґрунту та стану врожаю;
- 2) прогнозу аналітики;
- 3) застосування сільськогосподарської робототехніки.

Технологія штучного інтелекту дає змогу швидко перетворювати велику кількість супутникових знімків на векторні карти з високою чіткістю. Результатом застосування нейронних мереж є дешифрування супутникових знімків та одержання висновків на основі логічних міркувань ШІ [4].

Картографування земного покриття на основі ШІ дає змогу відстежувати зміни у реальному часі. Так, однією з головних переваг застосування ШІ для картографування та аналізу є висока роздільна здатність, яка забезпечує надзвичайно детальне уявлення про стан землекористування порівняно з ручним оцифруванням, коли потрібно зафіксувати велику кількість деталей вручну.

Прикладом інтеграції штучного інтелекту для цілей картографування в геоінформаційній програмі з відкритим кодом QGIS є застосування плагіна Mapflow [7], коли будь-хто з користувачів може візуалізувати, керувати, редагувати, аналізувати геопросторові дані та створювати карти для друку.

Плагіни QGIS – це доповнення, що розширюють основні функції програмного забезпечення. Від візуалізації та аналізу даних до автоматизації та веб-картографування плагіни дають змогу налаштувати QGIS відповідно до ваших потреб.

Mapflow надає моделі ШІ для автоматичного виділення об'єктів із супутникових або завантажених власних зображень, обираючи тип та область інтересу для аналізу будівель, сільськогосподарських земель, лісового фонду, лінійних об'єктів тощо.

Інтерфейс геоінформаційної програми QGIS, що працює на мові програмування Python, дає змогу розширювати свої функції за допомогою зовнішнього плагіна Mapflow для завантаження карт, одержаних завдяки роботі ШІ, та додавання результатів у вигляді шарів до робочого простору QGIS. Щоб почати обробку супутникового знімку, після завантаження плагіна Mapflow у QGIS потрібно виділити або завантажити область інтересу у вигляді полігону. Крім того, існує можливість створити новий векторний шар [6].

Результати обробки ШІ у QGIS можна завантажити у вигляді векторного файлу та автоматично додати як шар у його робочий простір. Для цього необхідно двічі клацнути на назві обробки та обрати його, натиснувши “Перегляд результатів”. Далі шар з'явиться на панелі QGIS → Вигляд → Панелі → Шари у папці Mapflow, після чого з ним можна працювати так, як зі звичайним векторним шаром, що можна завантажити у форматі GeoJSON.

Застосування моделі ШІ у Mapflow для визначення сегментації землекористувань дає змогу виявити сільськогосподарські угіддя та відокремити прилеглі один до одного поля у межах лісу, дороги або дослідження рівня різної вегетації стану рослинності на основі завантаження супутникових знімків з високою роздільною здатністю 1–1,2 м, що найкраще відображає результат на великих масивах полів з активною рослинністю.

Плагін напівавтоматичної класифікації Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) є одним із найпотужніших інструментів, інтегрованих у геоінформаційну систему QGIS, що слугує ефективним засобом для дистанційного зондування Землі, класифікації супутникових зображень і просторового аналізу земного покриття. Завдяки гнучкому функціоналу SCP надає користувачам – як початківцям, так і досвідченим фахівцям – інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що об'єднує численні етапи обробки зображень в узгоджений і керований робочий процес.

Плагін підтримує обробку зображень з широкого спектра мультиспектральних супутників, зокрема Landsat, Sentinel, MODIS, а також інших джерел, що робить SCP незамінним інструментом для моніторингу навколишнього середовища, вивчення урбанізації, а також вирішення завдань сільського та лісового господарства.

Основними функціональними можливості SCP є [10]:

1) інструменти попередньої обробки, що забезпечують швидку підготовку супутникових знімків до аналізу, зокрема реалізовані функції об'єднання каналів, вирівнювання шарів та обрізання знімків;

2) контрольована класифікація – можливість навченої класифікації, яка базується на створенні навчальних вибірок (Regions of Interest, ROI). Плагін підтримує алгоритм максимальної правдоподібності (Maximum Likelihood Classification), що є одним з найпоширеніших методів у дистанційному зондуванні;

3) посткласифікаційне уточнення – надає засоби для покращення якості результатів класифікації, зокрема фільтрацію класифікованих зображень, перекласифікацію об'єктів, а також оцінку точності класифікації за допомогою аналізу матриці та інших показників;

4) розрахунок спектральних індексів – містить калькулятор спектральних індексів, що дає змогу швидко обчислювати NDVI, SAVI, NDWI та інші показники, які є критично важливими для аналізу стану рослинного покриву, водних ресурсів та ґрунтових умов;

5) конвертація растрових даних – полегшує перетворення між класифікованими зображеннями, растровими масками та векторними об'єктами, що дає змогу інтегрувати результати класифікації у подальший просторовий аналіз або картографування.

Основними напрямками застосування плагіна SCP у геоінформаційній системі QGIS є картографування землекористування, виділяючи такі типи ландшафту, як ліси, водойми, міські зони, сільськогосподарські угіддя, з високим рівнем деталізації, порівнюючи супутникові знімки, одержані у різні проміжки часу, що дає змогу аналізувати зміни в екосистемах або наслідки людської діяльності. За допомогою SCP виконують моніторинг вирощування сільськогосподарських культур на основі аналізу спектральних індексів, особливо NDVI, що є ефективними індикаторами стану посівів, дозволяючи проводити агрономічний моніторинг у режимі реального часу.

Оцифрування просторових об'єктів є невід'ємною частиною сучасного геоінформаційного аналізу, особливо у таких галузях, як міське планування, кадастрова діяльність, екологічний моніторинг, інженерна геодезія та інфраструктурне проектування. Плагін Digitizing Tools забезпечує низку розширених функцій, що покликані підвищити ефективність реда-

гування векторних шарів. Плагін має широкий спектр використання у таких сферах, як:

- міське планування – детальне трасування ділянок, дорожньої інфраструктури, об'єктів забудови та зон функціонального призначення;

- екологічне картографування – оцифрування природоохоронних територій, водно-болотних угідь, рослинності тощо;

- польові дослідження – обробка GPS-треків для створення точних карт польових досліджень;

- інфраструктурні проекти – візуалізація лінійних об'єктів, таких як трубопроводи, лінії електропередач.

Плагін Digitizing Tools у сфері землекористування виконує роль мультифункціонального редактора просторових даних, що дає змогу з високою точністю створювати й редагувати об'єкти, пов'язані із земле-устроєм. Завдяки своїй гнучкості, простоті у використанні та широкому функціоналу він сприяє ефективному управлінню територіями, прийняттю обґрунтованих рішень щодо планування та регулювання використання земельних ресурсів [8].

У контексті зростаючого попиту на відкритість геопросторових даних та зручність їх представлення для користувачів зростає потреба у засобах, що дають змогу інтегрувати геопросторові дані у вебпростір. Традиційні способи публікації карт через вебпрограмування є ресурсозатратними та потребують спеціалізованих знань. Плагін qgis2web вирішує цю проблему, забезпечуючи простий, але потужний інтерфейс для експорту проєктів QGIS у вебформат без необхідності написання коду.

Qgis2web широко використовують для відкритого доступу до геоданих серед громадськості, органів місцевого самоврядування, науковців чи представників бізнесу. Інтерактивність забезпечує легке сприйняття складної картографічної інформації. Плагін дає змогу створювати карти, придатні для використання у мобільних браузерах, що є зручним інструментом для навігації, перевірки об'єктів або валідації даних під час польових робіт, публікувати інтерактивні карти з інформацією про землекористування, екосистеми, охоронні зони, типи ґрунтів [15].

Плагін qgis2web виконує критично важливу функцію трансформації ГІС-проєктів у доступні для широкої аудиторії вебкарти без залучення спеціальних навичок програмування. Його використання суттєво спрощує процес публікації просторових даних та сприяє зростанню відкритості, інтерактивності та функціональності геоінформаційних продуктів. Завдяки простоті застосування, гнучкості налаштувань та широкій сфері застосування qgis2web стає одним з основних інструментів для картографування, аналітики та розробки рішень на основі ГІС.

Сучасні геоінформаційні системи потребують інтеграції візуальних даних для підвищення досто-

вірності аналітичних висновків та підтримки прийняття рішень. Одним із перспективних напрямів є об'єднання картографічних даних з фотограмметричними зображеннями місцевості. Плагін Google Street View Layer дозволяє перегляд в QGIS, відкриваючи нові горизонти для інтерактивного аналізу на основі зображень реального світу [13].

Плагін Google Street View Layer у середовищі QGIS надає розширений інструментарій для інтерактивної роботи з панорамними зображеннями місцевості, що відкриває нові підходи до візуальної перевірки просторових об'єктів [14]. Завдяки інтеграції з панорамами Google Street View користувачі можуть здійснювати високоточну наземну валідацію даних без потреби у виїзді на місцевість. Інструмент забезпечує оперативну візуальну перевірку місць збору даних, просторових об'єктів, меж ділянок, елементів інфраструктури та інших географічних характеристик. Це дає змогу зменшити обсяг польових робіт, мінімізувати людський фактор у верифікації геоданих та оптимізувати часові ресурси під час підготовки або аналізу картографічних матеріалів.

Завдяки використанню Google Street View, як допоміжного джерела візуальної інформації, можна зіставляти екологічні параметри, такі як типи рослинності, структура покриву, наявність деградованих або урбанізованих ділянок, з панорамними зображеннями реального стану середовища. Це сприяє підвищенню достовірності оцінок стану навколишнього середовища та слугує додатковим інструментом у системах підтримки прийняття рішень у галузі природоохоронного планування. У контексті кадастрових досліджень та землеустрою плагін забезпечує дистанційний візуальний контроль меж земельних ділянок, аналізу типів забудови, межових знаків та інших атрибутів, необхідних для складання або актуалізації кадастрової документації.

Плагін GEE Timeseries Explorer реалізує можливість інтерактивного доступу до функціоналу Google Earth Engine (GEE) безпосередньо з інтерфейсу QGIS, забезпечуючи ефективний інструментарій для візуалізації, аналізу та інтерпретації геопросторових часових рядів. Така інтеграція відкриває нові можливості для вивчення змін довкілля, динаміки земного покриву, кліматичних трендів та екологічного моніторингу на основі супутникових даних.

GEE Timeseries Explorer дає змогу [12]:

- отримувати миттєвий доступ до великих супутникових архівів та екологічних індексів (наприклад, NDVI, EVI) з репозитарію GEE безпосередньо у QGIS;
- інтерактивно візуалізувати часові ряди для визначених територій інтересу (AOI) із можливістю вибору часових інтервалів;

– будувати динамічні графіки змін індикаторів стану довкілля, автоматично оновлювані у відповідь на зміну параметрів аналізу;

– налаштовувати вікна спостереження – від короткострокових подій (наприклад, сезонні коливання продуктивності рослинності) до довгострокових трендів (наприклад, процеси деградації земель або урбанізації);

– експортувати результати у вигляді таблиць, графіків або геоданих для подальшої обробки чи включення до аналітичних звітів.

Плагін дозволяє аналіз багаторічних супутникових спостережень з метою вивчення змін у рослинному покриві, гідрологічному режимі та процесах деградації ландшафтів. Зокрема, завдяки використанню індексів NDVI, EVI та інших спектральних характеристик можлива кількісна оцінка сезонних і міжрічних змін стану екосистем, виявлення антропогенних втручань, таких як вирубка лісів або ерозійні процеси. Застосування вегетаційних індексів, отриманих із супутникових серій, дає змогу здійснювати оперативний моніторинг стану посівів, аналізувати темпи їх росту та оцінювати вплив агрометеорологічних факторів. Інструмент придатний для виявлення стресових зон, спричинених посухами, хворобами або недоліками агротехніки, а також для прогнозування врожайності.

OSMDownloader є функціональним інструментом для інтеграції просторових даних OpenStreetMap (OSM) до середовища QGIS, завдяки якому можна здійснювати завантаження та офлайн-опрацювання геоданих для обраних ділянок. Завдяки гнучким налаштуванням плагін забезпечує ефективну побудову локальних наборів даних для подальшого аналізу транспортної інфраструктури, містобудування, навколишнього середовища або реагування на надзвичайні ситуації. Користувач може обирати специфічні категорії даних OSM, зокрема типи землекористування тощо, що дає змогу зосередитися на об'єкті дослідження за допомогою обмежувальної рамки або використання попередньо заданих полігонів [17]. Отже, OSMDownloader є ключовим засобом підвищення автономності та ефективності роботи з відкритими геоданими у QGIS, що розширює можливості геопросторового аналізу.

SentinelHub – це потужний плагін QGIS, що забезпечує прямий доступ до супутникових даних місій Sentinel-1 (радарна зйомка) та Sentinel-2 (оптична зйомка) безпосередньо з інтерфейсу QGIS. Плагін створено у співпраці з сервісом Sentinel Hub в межах програми Copernicus Європейського космічного агентства (ESA) і орієнтовано на ефективне використання супутникової інформації для моніторингу довкілля та проведення аграрних досліджень.

Основними функціональними можливостями плагіна SentinelHub є [16]:

- отримання актуальних та архівних даних Sentinel-1 та Sentinel-2 без необхідності ручного завантаження або попередньої обробки;

- вбудовані функції маскування хмар, нормалізації та корекції супутникових знімків, що дають змогу працювати із вже підготовленими зображеннями з метою того, щоб значно скоротити час аналізу;

- можливість візуалізації змін протягом часу за допомогою історичних знімків, що особливо актуально для моніторингу динамічних процесів;

- підтримка різних комбінацій каналів та обчислення індексів, таких як NDVI, NDWI, NBR тощо;

- можливість поєднувати оптичні (Sentinel-2) та радарні (Sentinel-1) дані для отримання повнішої картини змін на земній поверхні.

Плагін SentinelHub забезпечує агроаналітикам зручний інтерфейс для отримання актуальних супутникових даних безпосередньо в QGIS. Завдяки поєднанню високої роздільної здатності, частого оновлення, автоматичної обробки та гнучкої візуалізації цей плагін є незамінним інструментом для просторового аналізу використання індексів вегетації (NDVI) для оцінки стану посівів, виявлення зон стресу, прогнозування врожайності, виявлення змін у рельєфі та деградації земель, а також виявлення ерозійних процесів за допомогою супутникового моніторингу.

Плагін Structured Classification Plugin – це потужний інструмент для дистанційного зондування в QGIS, що значно спрощує класифікацію зображень і супутниковий аналіз даних. Він підходить для роботи із супутниковими, аерофотознімками або даними з дронів, що дає змогу ефективно створювати карти земного покриття, рослинності та інших об'єктів. Основними його характеристиками є застосування алгоритму на основі вибірки з відомими класами, автоматичне групування пікселів у класи за схожістю, робота з широким спектром даних для:

- класифікації земного покриття – створення карт типів поверхні;

- картографування рослинності – визначення типів рослинності та їх стану;

- моніторингу сільського господарства – виявлення деградації земельних ресурсів, оцінка стану культур, виявлення типів посівів, аналіз методів землекористування.

Плагін Bunting Labs AI Vectorizer для QGIS, який використовує штучний інтелект (ШІ) для автоматичного перетворення растрових зображень у векторні формати, такі як шейп-файли або GeoJSON. Цей плагін є особливо корисним для роботи з растровими зображеннями низької роздільної здатності, застосовуючи алгоритми машинного навчання для розпізнавання і перетворення пікселів у векторні об'єкти – точки, лінії, полігони з високою точністю для задач землекористування, планування та класифікації,

перетворення топографічних матеріалів у цифрові векторні шари для моделювання рельєфу, аналізу схилів, управління земельними ресурсами [9].

Плагін Data Plotly для QGIS інтегрує можливості створення графіків у геоінформаційній програмі QGIS. Він дає змогу легко візуалізувати різноманітні статистичні дані, створювати діаграми розсіювання, стовпчасті діаграми, лінійні графіки та інші типи графіків високої якості з метою аналізу польових досліджень, ведення моніторингу за станом землекористування, розширюючи можливості роботи з геопросторовими та статистичними даними [11].

Висновки та перспективи подальших досліджень

Штучний інтелект значно покращує процеси картографування та аналізу сільськогосподарських земель, забезпечуючи точні та ефективні методи для моніторингу, класифікації та оцінки земель. Використання БПЛА, супутникових знімків, нейронних мереж та алгоритмів машинного навчання дозволяють підвищити продуктивність та стійкість сільськогосподарських практик, сприяючи більш ефективному управлінню ресурсами та прийняттю обґрунтованих рішень, підвищуючи урожайність сільськогосподарських угідь та зменшуючи негативний вплив на стан довкілля.

Список використаної літератури

- Рижок З. Р. (2023). Візуалізація інтерактивної карти землекористування у веб-додатку SENTINEL-2 LAND COVER EXPLORER. Використання й охорона земельних ресурсів та туристично-рекреаційний потенціал територій: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Дубляни, 17 травня 2023 р.). Дубляни, 2023. С. 109–111.
- Рижок З. Р. (2024). Методика застосування штучного інтелекту для картографування та аналізу сільськогосподарського землекористування. Теорія і практика розвитку АПК та сільських територій: матеріали XXV міжнар. наук.-практ. форуму (м. Львів, 2–4 жовтня 2024 р.). Львів, 2024. С. 363–365.
- Elbasi E., Mostafa N., AlArnaout Z., Zreikat A., Cina E., Varghese G., Shdefat A., Topcu A., Abdelbaki W., Mathew S., Zaki C. (2023). Artificial intelligence technology in the agricultural sector: A systematic literature review. IEEE Access, 11, 171–202. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3232485>.
- Geoalert. (2025). Mapflow. URL: <https://geoalert.io/#solutions>
- Kaushal H., Bhatnagar A. (2023). Application of artificial intelligence in drones for the analysis of agricultural land use in the mining lease. International Journal of Environment and Climate Change. DOI: <https://doi.org/10.9734/ijec/2023/v13i82110>.

- Mapflow. (2025). QGIS API Documentation. URL: https://ru.docs.mapflow.ai/api/qgis_mapflow.html.
- QGIS Python Plugins Repository. (n.d.). Mapflow plugin. URL: <https://plugins.qgis.org/plugins/mapflow/>.
- The GIS Journal. (2025). 25 best QGIS plugins every QGIS user must know. URL: <https://thegisjournal.com/25-best-qgis-plugins-every-qgis-user-must-know/>.
- Bunting Labs. (2025). AI Vectorizer plugin for QGIS. URL: <https://buntinglabs.com/vectorizer>.
- Congedo L. (2025). Semi-Automatic Classification Plugin documentation. URL: <https://fromgistors.blogspot.com/p/semi-automatic-classification-plugin.html>.
- Ghtmtt. (2025). DataPlotly QGIS Plugin – Plotting spatial statistics. URL: <https://github.com/ghtmtt/DataPlotly>.
- GEE Community. (2025). GEE Timeseries Explorer plugin for QGIS. URL: <https://gee-community.github.io/qgis-earthengine-plugin/>.
- QGIS Python Plugins Repository. (2025). Google Street View Layer plugin. URL: https://plugins.qgis.org/plugins/google_street_view/.
- OpenStreetMap. (2025). OSMDownloader plugin for QGIS. URL: <https://plugins.qgis.org/plugins/OSMDownloader/>.
- Tom Chadwin. (2025). qgis2web plugin documentation. URL: <https://github.com/tomchadwin/qgis2web>.
- Sentinel Hub. (2025). Sentinel Hub plugin for QGIS. URL: <https://docs.sentinel-hub.com/api/latest/qgis/>.
- QGIS Python Plugins Repository. (2025). Structured Classification Plugin. URL: <https://plugins.qgis.org/plugins/structured-classification/>.

Z. RYZHOK¹, R. STUPEN²

¹ Department of Geodesy and Geoinformatics, S. Z. Gzhytskyi Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology, 50, Pekarska Str., Lviv, 79010, Ukraine, Phone: 0939432302, E-mail: zoryana.rizhock@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0733-5658

² Department of Geodesy and Geoinformatics, S. Z. Gzhytskyi Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology, 50, Pekarska Str., Lviv, 79010, Ukraine, Phone: 0673327875, E-mail: romomas@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4951-2838

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS FOR SPATIAL ANALYSIS OF AGRICULTURAL LAND USE IN THE QGIS GEOINFORMATION SYSTEM

The integration of artificial intelligence algorithms in agriculture has been studied to support efficient and sustainable agricultural production through the use of machine learning technologies, automated data collection, and analysis of large volumes of geospatial data to improve land resource management using geographic information systems. The article analyzes the prospects of applying artificial intelligence (AI) methods in the QGIS geographic information system for spatial analysis of agricultural land use. The effectiveness of integrating machine learning algorithms, remote sensing tools, and satellite data for improving land resource management is substantiated. The focus is placed on studying the functionality of modern QGIS plugins such as Mapflow, SCP (Semi-Automatic Classification Plugin), SentinelHub, GEE Timeseries Explorer, Structured Classification Plugin, and qgis2web, which implement AI capabilities for mapping, monitoring, and analytics in the agricultural sector. The methodology of using high-resolution satellite imagery for automatic land cover classification, identification of land use types, and assessment of vegetation condition using vegetation indices (NDVI, EVI), as well as detecting changes in agro-landscape structures, is revealed. The process of creating vector layers from satellite data, applying tools for classification quality control, and post-processing of images is described. The use of QGIS as a flexible and open-source platform for scientific and applied geospatial analysis, particularly under resource-limited conditions, is substantiated. The research results demonstrate that combining AI with GIS tools enhances the accuracy, speed, and objectivity of spatial analysis, providing a high level of detail, reducing human error, and expanding the possibilities of agricultural monitoring. This opens new horizons for effective land resource management, informed decision-making in land use, and the implementation of digital agriculture technologies.

Keywords: artificial intelligence, land resource management, geographic information systems, satellite imagery, QGIS.

References

- Ryzhok, Z. R. (2023). Vizualizatsiia interaktyvnoi karty zemlekorystuvannia u veb-dodatku SENTINEL-2 LAND COVER EXPLORER. Vykorystannia y okhorona zemelnykh resursiv ta turystychno-rekreatsiinyi potentsial terytorii: materialy Vseukr. nauk.-prakt. internet-konf. (m. Dubliany, 17 travnia 2023 r.). Dubliany, 109–111.

- Ryzhok, Z. R. (2024). *Metodyka zastosowania sztucznego intelektu dla kartografowania ta analizu silskohospodarskoho zemlekorystuvannia. Teoriia i praktyka rozvytku APK ta silskykh terytorii: materialy KhKhV mizhnar. nauk.-prakt. forumu (m. Lviv, 2–4 zhovtnia 2024 r.)*. Lviv, 363–365.
- Elbasi, E., Mostafa, N., AlArnaout, Z., Zreikat, A., Cina, E., Varghese, G., Shdefat, A., Topcu, A., Abdelbaki, W., Mathew, S., & Zaki, C. (2023). Artificial intelligence technology in the agricultural sector: A systematic literature review. *IEEE Access*, 11, 171–202. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3232485>.
- Geoalert. (2025). Mapflow. Retrieved from <https://geoalert.io/#solutions>.
- Kaushal, H., & Bhatnagar, A. (2023). Application of artificial intelligence in drones for the analysis of agricultural land use in the mining lease. *International Journal of Environment and Climate Change*. DOI: <https://doi.org/10.9734/ijec/2023/v13i82110>.
- Mapflow. (2025). QGIS API Documentation. Retrieved from https://ru.docs.mapflow.ai/api/qgis_mapflow.html.
- QGIS Python Plugins Repository. (n.d.). Mapflow plugin. Retrieved from <https://plugins.qgis.org/plugins/mapflow/>.
- The GIS Journal. (2025). 25 best QGIS plugins every QGIS user must know. Retrieved from <https://thegisjournal.com/25-best-qgis-plugins-every-qgis-user-must-know/>.
- Bunting Labs. (2025). AI Vectorizer plugin for QGIS. Retrieved from <https://buntinglabs.com/vectorizer>.
- Congedo, L. (2025). Semi-Automatic Classification Plugin documentation. Retrieved from <https://fromgistsr.blogspot.com/p/semi-automatic-classification-plugin.html>.
- Ghtmtt. (2025). DataPlotly QGIS Plugin – Plotting spatial statistics. Retrieved from <https://github.com/ghtmtt/DataPlotly>.
- GEE Community. (2025). GEE Timeseries Explorer plugin for QGIS. Retrieved from <https://gee-community.github.io/qgis-earthengine-plugin/>.
- QGIS Python Plugins Repository. (2025). Google Street View Layer plugin. Retrieved from https://plugins.qgis.org/plugins/google_street_view/.
- OpenStreetMap. (2025). OSMDownloader plugin for QGIS. Retrieved from <https://plugins.qgis.org/plugins/OSMDownloader/>.
- Tom Chadwin. (2025). qgis2web plugin documentation. Retrieved from <https://github.com/tomchadwin/qgis2web>.
- Sentinel Hub. (2025). Sentinel Hub plugin for QGIS. Retrieved from <https://docs.sentinel-hub.com/api/latest/qgis/>.
- QGIS Python Plugins Repository. (2025). Structured Classification Plugin. Retrieved from <https://plugins.qgis.org/plugins/structured-classification/>.