

УДК 004.932

Сардаківський А.В., здобувач

Ткачук Д.Ю., аспірантка

Державний університет «Житомирська політехніка»

ІНТЕГРАЦІЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ І МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

У сучасному аграрному виробництві одним із ключових завдань є підвищення ефективності використання ресурсів, зменшення втрат урожаю та забезпечення своєчасного виявлення проблемних ділянок полів. Для вирішення цих завдань усе ширше застосовуються безпілотні літальні апарати (БПЛА), які завдяки високій мобільності та точності зйомки забезпечують оперативний моніторинг стану посівів і ґрунтового покриття.

У практичних умовах дрони обладнуються різними типами сенсорних систем: мультиспектральними, тепловізійними та RGB-камерами, що дає змогу проводити комплексний аналіз стану рослин і отримувати багатоканальні дані про параметри вегетації. Мультиспектральні сенсори дозволяють обчислювати індекси вегетації (NDVI, GNDVI, NDRE), які відображають рівень фотосинтетичної активності та фізіологічний стан культур. Тепловізійна зйомка використовується для оцінювання вологості ґрунту та виявлення зон водного стресу, тоді як RGB-зображення забезпечують візуальний огляд полів і фіксацію просторових неоднорідностей.

Важливу роль у процесі моніторингу відіграє обробка зображень, отриманих із БПЛА. Аналіз спектральних характеристик, кольорової гами та контрастності дає можливість визначати ступінь розвитку культур, наявність бур'янів, механічних пошкоджень або ознак захворювань рослин. Використання алгоритмів комп'ютерного зору та розпізнавання кольору дає змогу автоматично сегментувати зображення, виділяти зони зі зниженою інтенсивністю фотосинтезу, оцінювати рівень хлорофілу та визначати ослаблені ділянки. На основі цих даних формується цифрова карта поля, яка забезпечує аграрія актуальною інформацією для прийняття оперативних управлінських рішень.

Для збору, обробки та візуалізації даних широко застосовуються спеціалізовані програмні комплекси, такі як Pix4D, DroneDeploy, Agisoft Metashape і DJI Terra, які реалізують автоматичне створення ортофотопланів, тривимірних моделей рельєфу та індексних карт стану рослин. Завдяки цим інструментам забезпечується інтеграція даних із

польових місій у єдиний аналітичний простір управління господарством. Серед сучасних апаратно-програмних рішень для агромоніторингу важливе місце займає DJI Mavic 3M, який поєднує RGB-камеру з роздільною здатністю 20 Мп та мультиспектральний модуль із чотирма сенсорами у зеленому, червоному, крайово-червоному й ближньому інфрачервоному діапазонах. Вбудований RTK-модуль забезпечує геодезичну точність позиціонування до 1 см, а тривалість польоту досягає 43 хвилин, що дозволяє проводити детальний моніторинг значних площ із високою просторовою роздільністю [1].

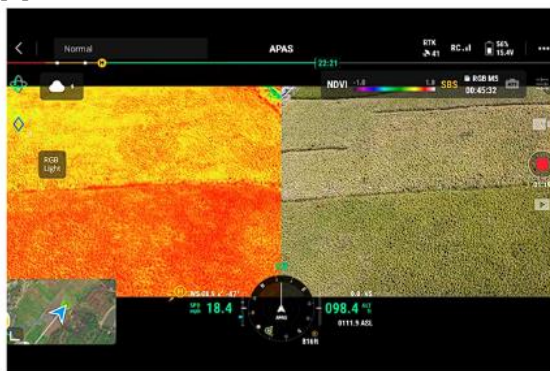


Рис.1. Візуалізація результатів мультиспектрального аналізу поля

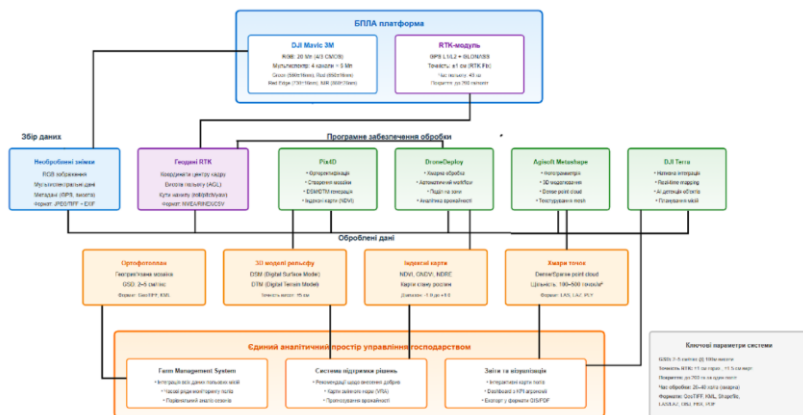


Рис.2. Схема технічної архітектури комплексу моніторингу поля з використанням БПЛА, сенсорів і програмного забезпечення для обробки зображень

Отримані в результаті аерофотозйомки індексні карти, сформовані на основі мультиспектральних та теплових даних, забезпечують кількісну й просторово деталізовану оцінку стану посівів протягом усього вегетаційного періоду. Аналіз динаміки вегетаційних індексів дає змогу об'єктивно оцінювати ефективність застосування агротехнічних заходів, таких як внесення мінеральних добрив, засобів захисту рослин, зрошення або регулювання густоти посівів, шляхом порівняння стану рослин до та після виконання відповідних операцій. Просторова локалізація відхилень від нормативних значень індексів дозволяє своєчасно ідентифікувати проблемні зони поля на ранніх етапах вегетації, зокрема ділянки з дефіцитом поживних речовин, водним або температурним стресом, розвитком хвороб чи нерівномірністю сходів, що є критично важливим для запобігання втратам урожаю. На основі цих даних формується науково обґрунтована стратегія диференційованого управління полем, яка передбачає локалізоване застосування ресурсів із урахуванням просторової неоднорідності агроценозу, що сприяє зниженню витрат, підвищенню економічної ефективності виробництва та мінімізації негативного впливу на довкілля. Подальша інтеграція результатів аерокосмічного моніторингу з цифровими платформами управління агропідприємством, геоінформаційними системами та базами агрономічних даних створює передумови для впровадження інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, автоматизованого планування агротехнічних операцій і переходу до комплексних, адаптивних технологій точного землеробства, здатних функціонувати в умовах змінних природно-кліматичних та виробничих факторів.

Список використаних джерел:

1. DJI Mavic 3M – DJI. URL: <https://ag.dji.com/mavic-3-m> (дата звернення: 07.11.2025)
2. Zhang, D. et al. Integration of UAV Multispectral Remote Sensing and Precision Agriculture Monitoring. MDPI, 2025.
3. Guebsi, R. et al. Drones in Precision Agriculture: A Comprehensive Review. MDPI, 2024.
4. Grbović, Ž. et al. Integrating UAV Multispectral Imaging and Proximal Sensing for High-Precision Crop Monitoring. PLOS One, 2025.
5. Samko, M. Monitoring using UAVs in Precision Farming Technologies. Earthdoc.org, 2025.