

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ЕФЕКТИВНЕ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В АГРОІНЖЕНЕРІЇ

УДК 631.171

ІННОВАЦІЙНІ ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ НА БАЗІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПЛАТФОРМИ *EOSDA CROP MONITORING*

*Оксана Березовецька, доктор філософії, Андрій Шарибура, к.т.н.,
Олег Крупич, к.т.н., Сергій Березовецький, к.т.н.*

*Львівський національний університет природокористування,
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Жовківський р-н, Львівська обл., Україна,
e-mail: shtoykoog@gmail.com; ascharibura@gmail.com;
krupycholeh@gmail.com; qsikoq@gmail.com*

<https://doi.org/10.31734/agroengineering2024.28.055>

Березовецька О., Шарибура А., Крупич О., Березовецький С. Інноваційні ГІС-технології в сільському господарстві на базі автоматизованої платформи *EOSDA CROP MONITORING*

Інноваційні ГІС-технології на базі автоматизованої платформи *EOSDA Crop Monitoring* відіграють ключову роль у модернізації сільського господарства, забезпечуючи можливість швидкого збору та аналізу польових даних. Ці дані надаються не тільки з традиційних земельних установок, але й за допомогою супутникового моніторингу та дронів, що дозволяє отримати точну інформацію про стан полів, рослин та кліматичні умови.

Одним із основних напрямків використання таких даних є прогнозування врожайності, що дозволяє фермерам заздалегідь планувати свої дії, знижуючи ризики втрат та оптимізуючи використання ресурсів. Технології точного землеробства на основі ГІС (геоінформаційні системи) дають можливість регулювати кількість добрив та засобів захисту рослин на конкретних ділянках поля, що забезпечує ефективність господарства.

Платформа *EOSDA Crop Monitoring* дає змогу відстежити переміщення та чисельність худоби, що має вирішальне значення для управління великими сільськогосподарськими підприємствами. Інтеграція супутникових даних з іншими джерелами інформації, створеними підприємствами різного масштабу, досягає не лише короткострокових фінансових результатів, але й сприяє реалізації довгострокових цілей сталого розвитку в агросекторі.

Платформа також має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що робить технологію доступною для малих фермерських господарств. Впровадження інноваційних ГІС-технологій дозволяє оцінювати ризики, пов'язані з кліматичними змінами, шкідниками та хворобами рослин. Точне дозування добрив і пестицидів зменшує їхнє використання, покращуючи якість ґрунту. Інтегровані системи підтримки ухвалення рішень забезпечують рекомендації для оптимізації агрономічних практик. Важливу роль відіграє також співпраця між учасниками аграрного сектору, що сприяє спільному розвитку та обміну знаннями.

Ключові слова: геоінформаційні системи, платформа, аналіз даних, прогнозування врожайності посівів.

Berezovetska O., Sharybura A., Krupych O., Berezovetskiy S. Innovative GIS-technologies in agriculture based on the automated platform *EOSDA CROP MONITORING*

Innovative GIS technologies based on the *EOSDA Crop Monitoring* automated platform play a key role in the modernization of agriculture, providing the ability to quickly collect and analyze field data. This information is gathered not only from traditional ground installations but also through satellite monitoring and drones, facilitating accurate assessments of field conditions, plant health, and climatic factors.

One of the primary applications of this data is yield forecasting, which empowers farmers to strategize in advance. This proactive approach reduces the risk of losses and optimizes resource utilization. GIS-based precision farming technologies enable the precise regulation of fertilizers and plant protection products in specific areas of the field, thereby enhancing farm efficiency.

Furthermore, the *EOSDA Crop Monitoring* platform provides tools for tracking livestock movements and populations, which is essential for managing large agricultural operations. By integrating satellite data with information from various enterprise sources, the platform achieves short-term financial outcomes and supports long-term sustainable development goals within the agricultural sector.

The platform features an intuitive interface, making these technologies accessible to small farms. The adoption of innovative GIS technologies helps assess risks linked to climate change, pests, and plant diseases. Additionally, accurate dosing of fertilizers and pesticides minimizes their usage, improving soil quality. Integrated decision support

systems offer recommendations to optimize agronomic practices. Collaboration among stakeholders in the agricultural sector is crucial, as it encourages joint development and knowledge sharing.

Keywords: geoinformation systems, program, data analysis, crop yield forecasting.

Постановка проблеми. Отримана за допомогою ГІС-технологій візуалізація даних у сільському господарстві дає змогу визначати шляхи і закономірності росту рослин, вчасно виявляти різноманітні зміни та усувати виявлені проблеми. У точному землеробстві ГІС-технології застосовують для оптимізації процесу збирання та обробки масиву даних про поля і сприяють правильному вибору ефективних управлінських рішень [5; 6]. Агросектор, застосовуючи ГІС-технології для дистанційного моніторингу великих площ і швидкого реагування на виявлені проблеми, може підтримувати високу продуктивність [1]. Саме через це ГІС-вирішення поставлених задач, з можливістю багатофакторної оцінки проблем, мають популярність у різних галузях сільського господарства. Ці технології складаються з апаратного і програмного забезпечення. Щодо апаратного забезпечення, то до нього належать такі пристрої, як персональні комп'ютери, ноутбуки, планшети, а також дрони і супутники [3]. Для створення карт застосовують спеціалізоване (профільне) програмне забезпечення. Карти відображають георозташування і вегетаційний стан культур, різновиди ґрунту, добрив тощо [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові технології всіх галузей промисловості постійно оновлюються і вдосконалюються, і сільське господарство не виняток, тому всі підприємства змушені відмовлятися від старих технологій і застосовувати нові, що покращить продуктивність, якість, кількість продукції тощо [3; 4; 7].

ГІС відрізняються від інших тим, що мають ефективні можливості аналізу просторових даних і на його основі можуть виконувати просторове моделювання об'єктів, процесів та явищ. Сучасні ГІС володіють потужним інструментарієм для просторового аналізу. Саме тому просторовий аналіз називають «серцем» ГІС, які дозволяють зберігати величезні об'єми різноманітних даних у розподілених базах даних, узагальнювати й аналізувати інформацію набагато швидше, ніж будь-які інші традиційні методи досліджень. Аналітичні можливості ГІС дозволяють отримувати відповіді на безліч просторових запитів, вирішувати величезну кількість просторових задач у різних предметних галузях. Усе розмаїття задач просторового аналізу можна умовно поділити на 5 узагальнених категорій: 1) аналіз місця розташування; 2) задоволення просторових умов; 3) часо-

вий аналіз; 4) виявлення структури; 5) оцінка різноманітних сценаріїв [12].

Сучасні ГІС мають потужний інструментарій для візуалізації інформації. Тематична інформація в ГІС відображається за допомогою картографічних образів, діаграм, графіків, оформлених багатим арсеналом образотворчих засобів, адаптованих для зручного сприйняття інформації [12].

Аналіз процесів реформування земельних відносин показав, що впродовж останніх років значно збільшилася кількість сільськогосподарських. Це свідчить про необхідність трансформації механізму регулювання земельних відносин, пов'язаного із загостренням проблеми раціонального використання земель, тобто є необхідність у пошуку новітніх наукових підходів до розроблення оптимізованих моделей структури земель сільського господарства [3; 7].

Використовуючи геоінформаційні системи, можемо перейти до нового рівня інформації про земельні ресурси. Сьогодні багато науковців, зокрема із сільського господарства, вирішують питання ефективного застосування у господарствах ГІС-технологій під час управління земельними ресурсами [7-9].

Сканування поверхні нашої планети з повітря чи космосу називається дистанційним зондуванням. Світлини, які робить супутник «*Landsat*» та «*Sentinel*», є середньої роздільної здатності, і їх застосовують для моніторингу посівів, наявності шкідників, вологості тощо. Завдяки геоінформаційним технологіям сільського господарства зібрана інформація візуалізується як цифрові зображення. Це зроблено для того, щоб більш ефективно вирішувати такі завдання, як зрошування чи наявність хворіб рослин у стеблостоях [10].

Для багатьох головна проблема використання знімків дослідницьких супутників – частота оновлюваності світлин. Супутники *Landsat* 7, 8 фотографують поверхню один раз у вісім днів, *Sentinel 2a, 2b* – 1 раз на 3-5 днів. Також можуть використовуватись щоденні світлини супутників *Terra* та *Aqua*, але вони мають низьку роздільну здатність (від 250 м). Через це *EOSDA* планують до кінця 2025 року запустити власне сузір'я супутників *EOS SAT*, першим агроорієнтованим сузір'ям серед компаній, які використовують технологію дистанційного зондування. Це буде комерційне рішення, орієнтоване під аграрні господарства всіх типів. Сьогодні для отримання даних *EOSDA* використовує

світлина супутників *Landsat-8* та *Sentinel-2* (роздільна здатність до 10 м).

Також доступні дані з радарних та оптичних систем супутникового спостереження, таких як *SMAP*, *AMSR*, *SPOT* [13].



Рис. 1. Оцінка технологічного процесу внесення мінеральних добрив на основі даних з обладнання на полях

Fig. 1. Assessment of the technological process of applying mineral fertilizers based on data from field equipment

Спеціалісти EOSDA не працюють із «сирими» даними (як це робить багато компаній). Вони аналізують хмарність, ідентифікують тіні на світлинах, вирівнюють і опрацьовують дані в ручному режимі, завдяки чому клієнти отримують на 10-12 світлин на рік більше, ніж у конкурентів [8; 13].

Упровадження ГІС- та *GPS*-технологій у сільське господарство уможливило збір даних в online-режимі реального часу з прив'язкою до географічних координат, що дозволяє аналізувати сорти сільськогосподарських культур, рівнів рельєфу, меж полів тощо. Водночас *GPS*-давачі техніки сільськогосподарського призначення на полях (рис. 1) застосовуються для доповнення отриманої інформації із супутників (наприклад, давачі на комбайнах, сівалках тощо) та іншої сільськогосподарської техніки. І можна аналізувати різні показники стану посівів із зазначенням конкретної ділянки поля у режимі реального часу [12; 13].

Постановка завдання. Застосування геоінформаційних систем дає змогу збільшити масштаби виробництва, зменшити витрати на обробіток, кількість добрив, збирання і транспортування, а також передбачити врожай та обсяг збуту. Геоінформаційна система може аналізувати велику кількість даних одночасно: електронні карти вирощування сільськогосподарських культур; інформацію про вміст мінеральних речовин у ґрунті та його характеристики; рельєф; погода, клімат; врожайність; інформація про внесення добрив, хімічну обробку; дані про захворювання сільськогосподарських культур, шкідників; інформацію про збут продукції; дані про можливий обсяг для зберігання сільськогосподарської продукції. Обробити таку кількість даних без застосування єдиної системи

аналітики нереально, оскільки це важкий та довготривалий процес [12].

Для ухвалення єдиного правильного рішення потрібно багато часу і висококваліфікованих фахівців. Програмне забезпечення для нього наповнене залежно від поставлених завдань – одні показують вид сільськогосподарської культури, інші – вологість ґрунту тощо [15].

Виклад основного матеріалу. Дискусійне питання українських аграріїв під час війни – чи на часі впровадження технологій точного землеробства. Зрозуміло, що всі сьогодні вимушені економити, та що краще економити: гроші чи ресурси? Оскільки впровадження технологій точного землеробства не з дешевих, для того, щоб зекономити, доводиться витратити. Особливість супутникового моніторингу в тому, що це один із найдоступніших інструментів для оптимізації агровиробництва [13].

Коли йдеться про геоінформаційні системи (ГІС) і технології супутникового моніторингу в сільському господарстві, до конкурентів EOSDA (*EOS Data Analytics*) входять такі компанії, як *Planet Labs*, *Sentinel Hub* та *John Deere Operations Center*. Кожна з цих платформ має свої особливості:

Planet Labs пропонує високочастотні супутникові знімки Землі з даними високої роздільної здатності. Їхні супутники знімають земну поверхню майже щодня, що дозволяє отримувати актуальні зображення для моніторингу змін у полях і виявлення проблем із урожаєм в режимі реального часу [16].

Сервіс *Sentinel Hub* надає доступ до даних із супутників *Sentinel* (програма Європейського космічного агентства *Copernicus*). *Sentinel Hub* спеціалізується на великомасштабному аналізі й пропонує безкоштовний доступ до супутни-

кових даних, що дозволяє фермерам отримувати зображення для аналізу стану рослинності, вологості ґрунту та інших параметрів [17].

Платформа *John Deere Operations Center* дозволяє фермерам аналізувати та керувати даними безпосередньо з техніки John Deere. Вона інтегрує польові дані з різних джерел і пропонує комплексне рішення для управління обладнанням, спостереженням за полями та підвищення ефективності операцій [18].

EOSDA Crop Monitoring – це інноваційна платформа, яка комбінує супутникові знімки та аналітичні інструменти для моніторингу полів, прогнозування врожаю, відстеження стану посівів та управління ресурсами. Платформа виділяється інтуїтивним інтерфейсом і можливістю швидкого аналізу великих обсягів даних для ухвалення аграрних рішень [19; 20].

Супутники дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) надають цінну інформацію для аналізу стану посівів та умов росту рослин. Компанія *EOS Data Analytics (EOSDA)* – це глобальний провайдер аналітики супутникових даних із клієнтською базою понад 700 тис. користувачів по всьому світу, який співпрацює з державними, комерційними та науковими організаціями. Компанія застосовує технології ДЗЗ для надання послуг у понад 20 галузях,

зокрема для аграріїв. Основним продуктом *EOSDA* у сільськогосподарській галузі є *EOS Crop Monitoring*, онлайн-сервіс для супутникового моніторингу полів, який збирає всю важливу інформацію щодо стану посівів в одному місці.

Моніторинг за допомогою автоматизованої платформи *EOSDA Crop Monitoring* дає змогу дистанційно управляти полями за допомогою однієї платформи. Ця платформа є хорошим прикладом застосування ГІС-технологій в аграрній сфері, яка містить архівні дані про поля, точні прогнози погоди на 2 тижні тощо. Такий функціонал універсальної платформи наочно показує важливість використання геоінформаційних систем у сільському господарстві [13].

Геоінформаційні системи дозволяють створювати карти вегетації та продуктивності полів, а це водночас допомагає відразу оптимізувати управлінські рішення в аграрному комплексі. Для контролю полів за вмістом калійно-фосфорних добрив, на платформі *EOSDA Crop Monitoring*, створюючи карти продуктивності полів, можемо використовувати дані за попередні роки, які допомагають визначити ділянки полів, що потребують додаткової обробки (рис. 2) [2; 8].



Рис. 2. Карта продуктивності на основі архівних даних із визначенням ділянок полів, що потребують додаткової обробки

Fig. 2. Productivity map based on archived data, identifying areas of fields that need additional processing

Моніторинг стану посівів, проведений вручну, – повільний та трудомісткий метод контролю стану посівів на великих сільськогосподарських площах. Тут зондування та ГІС-технології допомагають розв’язати цю задачу. Геоінформаційні системи в точному землеробстві дають змогу визначити, які саме рослини на угіддях потребують догляду особливого значення (наприклад, завдяки *GPS*-давачам можна відстежувати температуру культур, яка, найпевніше, вказує на наявність хвороби, шкідників або обезводнення рослин) [15].

Сучасні ГІС-технології для сільського господарства – настільки універсальні засоби контролю, що підходять також для відстеження

переміщення худоби. Завдяки цьому фермери мають можливість проводити моніторинг випасу худоби, стежити за її станом здоров’ям, плодючістю, харчуванням, розвитком тощо [11]. Однак для того, щоб почати використовувати відповідний модуль програми, необхідні трекери, які встановлені безпосередньо на тваринах та портативний пристрій, який отримуватиме та відображатиме дані трансльовані цими трекерами.

Завдяки вегетаційним індексам на універсальній платформі *EOSDA Crop Monitoring* можна виявляти різноманітні небезпеки на полях, такі як забур’яненість посівів чи хвороби культурних рослин [13; 15].

Окрім того, завдяки геоінформаційним технологіям аграрного напрямку на індексній карті позначаються ділянки поля з поганою вегетацією, що дає змогу відповідним службам не інспектувати все поле повністю [13]. Провівши

перевірку обраних ділянок, відповідна служба може відразу надіслати світліни з типами небезпек на зазначеній площі поля, завдяки мобільному додатку *EOSDA Crop Monitoring* (рис. 3).

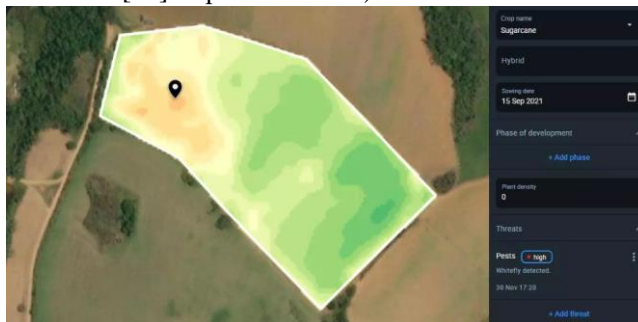


Рис. 3. Визначення ділянок поля з низькою рослинністю для зменшення площі перевірки відповідними службами завдяки *EOSDA Crop Monitoring*.

Fig. 3. Identifying areas of the field with low vegetation to reduce the inspection area by the relevant services due to *EOSDA Crop Monitoring*

Довготривала посуха, з одного боку, та зливи, з іншого, однаково знижують урожайність сільськогосподарських культур. За допомогою ГІС-технологій фермери можуть оцінювати рівень вологи кожної сільськогосподарської культури і визначити ознаки перенасичення або дефіциту вологи для наступного регулювання зрошувальних робіт [13; 15]. Такі технології для аграрної сфери полегшують аналіз стану полів, а це дає змогу страховим компаніям сформувати достатню базу даних для визначення термінів і розмірів виплат за страховим полісом. Також страхові компанії можуть використовувати геоінформаційні інструменти для спостереження за розвитком культур та оцінки її втрат врожаю [14].

Інтеграція ГІС-технологій у сільське господарство може стати хорошим рішенням і для агроконсультантів, оскільки вони дозволяють вивчення архівних даних і відслідковування стану посівів незалежно від геолокації полів. Застосовуючи вегетаційні індекси супутникової аналітики, агроконсультанти мають можливість робити обґрунтовані рекомендації для управління полями, а також відстежувати ефективність від їх реалізації.

Висновки. *EOSDA* – конкурентоспроможна платформа для супутникового моніторингу в агросекторах завдяки її точності, використанню штучного інтелекту для прогнозування, а також можливості індивідуальних рішень для різних типів аграрних підприємств. Порівняно з такими конкурентами, як *Planet Labs*, *Sentinel Hub* та *John Deere Operations Center*, *EOSDA* виділяють свою агрономічну спеціалізацію та аналітичні інструменти, що робить її потужним

інструментом для оптимізації аграрного виробництва.

Проведений аналіз геоінформаційних засобів сільського господарства, які сприяють розвитку аграрної галузі, допомагають їй продуктивно функціонувати і залишатися ефективною в майбутньому.

Отримано такі результати: з розвитком сучасних технологій, можливості геоінформаційних систем в сільському господарстві лише зростатимуть, що задовольнятиме потреби ринку. ГІС-технології у сільському господарстві, звичайно, не замінить фахівців, але спростить їм частину важливої рутинної роботи. Геоінформаційні системи дозволяють якнайефективніше використання можливостей сільськогосподарських угідь, а це підвищує врожайність культур, оптимізує витрати і мінімізує негативний вплив на навколишнє середовище.

Аграрні господарства можуть підтримувати високу ефективність роботи шляхом застосування геоінформаційних систем у сільському господарстві для дистанційного моніторингу великих площ і швидкого реагування на відстежені проблеми. Саме тому використання геоінформаційних систем із застосуванням багатфакторної оцінки небезпек мають великий попит не тільки в аграрній сфері, а й у інших сільськогосподарських галузях.

Бібліографічний список

1. Безпалько Р. І., Кришук С. Ю. Стан використання ГІС для потреб сільського господарства. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2013. Вип. 3. С. 122–127.
2. Державна служба України з питань геодезії картографії та кадастру. Паспорт місцевої

системи координат Київської області. UA_UCS_2000/LCS_32, 2017. URL: https://dgm.gki.com.ua/files/uploads/documents/Kyivska_20170301.pdf.

3. Донченко М.В., Коваленко І. І. Геоінформаційні системи : навч. посіб. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. П. Могили, 2021. 132 с.

4. Комар А. С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. *Міжнар. ел. наук.-практ. журнал WayScience*. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118–121.

5. Морозов В. В. ГІС в управлінні водними і земельними ресурсами : навч. посіб. Херсон: ХДУ. 2006. 88 с.

6. Морозов В. В., Лисогоров К. С., Шапоринська Н. М. ГІС в управлінні водними і земельними ресурсами: навч. посіб. Херсон : ХДУ. 2006. 88 с.

7. Морозов В. В., Лисогоров К. С., Шапоринська Н. М. Геоінформаційні системи в агрофері: навч. посіб. Херсон: ХДУ. 2007. 223 с.

8. Примак Л. Основні вимоги до складу топографічного забезпечення для радіо частотного планування телекомунікаційних систем. *Інженерна геодезія: наук.-техн. зб.* 2018. № 65. С. 158–168.

9. Світничний О.О., Плотинський С.В. Основи геоінформатики : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2006. 295 с.

10. Сергєєва К. ГІС-технології в сільському господарстві та їх переваги. URL: <https://eos.com/uk/blog/his-tekhnolohii-v-silskomu-hospodarstvi/> (дата звернення: 07.04.2024)

11. Boltianska N. I. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol: Color Print, 2012. 720 с.

12. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. 492 с.

13. Більше можливостей для аграрного бізнесу завдяки дистанційному моніторингу ферм, 2024. URL: <https://eos.com/uk/products/crop-monitoring/key-functions/satellite-monitoring/> (дата звернення: 10.04.2024)

14. Brown, Molly. Satellite Remote Sensing in Agriculture and Food Security Assessment. *Procedia Environmental Sciences*, 2015. DOI:10.1016/j.proenv.2015.07.278

15. Quattrochi Dale Luvall, Jeffrey. Thermal Infrared Remote Sensing for Analysis of Landscape Ecological Processes: Methods and Applications. *Landscape Ecology*, 1998. DOI:10.1023/A:1008168910634.

16. Howard L. Advances in Satellite Data Utilization for Agriculture: A Focus on Planet Labs. Taylor & Francis, 2021. 285 p.

17. Ritchie J. C., Zeng X. Sentinel Satellites for Monitoring Agricultural Systems. Springer, 2020. 312 p.

18. Thompson P. Optimizing Agricultural Operations: A Guide to John Deere Operations Center. Elsevier, 2021. 275 p.

19. Martin L. EOSDA Crop Monitoring: Transforming Agriculture with Satellite Data. Springer, 2020. 280 p.

20. Thompson M. The Future of Smart Agriculture: EOSDA Crop Monitoring Solutions. Wiley, 2021. 275 p.

Стаття надійшла 12.04.2024