

УДК 004.42

**Жуковський В.В.**

Національний університет водного господарства та природокористування

**Скрипчук П.М.**

Національний університет водного господарства та природокористування

**Жуковська Н.А.**

Національний університет водного господарства та природокористування

## ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ГЕОІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

У статті проведено дослідження ринку IT-рішень аграрного сектору. Поставлено технічне завдання для проектування інформаційної системи, що б вирішувала проблеми органічного землеробства. Вибрано оптимальний стек технологій. Спроектовано структуру бази даних для збереження геоінформаційних даних. Створено геоінформаційно-аналітичну систему органічного виробництва й описано її основні складники.

**Ключові слова:** проектування, програмування, органічне землеробство, інформаційна система, organic portal, база даних.

**Постановка проблеми.** Під час дослідження ринку інформаційних технологій виникає проблема відсутності централізованого порталу, який займався б проблемами сільського господарства та, зокрема, органічного землеробства. Такий портал може надавати новий спектр можливостей для успішного ведення власного бізнесу, за відповідних умов навіть стати фактором розвитку економіки та збільшення експортного потенціалу держави.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Поєднання двох галузей – агропромислового комплексу (АПК) і розробки програмного забезпечення (ПЗ) – призвело до численного зростання інформаційних рішень, таких як упровадження систем точного землеробства, аерозйомка з метою контролю якості посівів, лабораторні дослідження ґрунту для отримання інформації про біохімічний склад, ведення історії полів для вибору оптимальної культури. Такі рішення дають можливість збільшити врожайність і знизити собівартість продукції завдяки скороченню витрат на паливо, насіння, добрива, вибору найбільш рентабельних культур тощо.

Сьогодні ситуація на ринку інформаційних технологій аграрного сектору складається так, що веб-додатки мимоволі замінюють застарілі десктопні програми. Пояснюється ця ситуація тим, що односторінкові додатки більш зручні у використанні, їх легко оновлювати та підтримувати в розробці, у них немає прив'язки до конкретного при-

строю. І, навіть незважаючи на те, що користувачі поволі переходять до використання мобільних додатків замість їх браузерних аналогів, потреба у великих і складних додатках усе ще залишається чималою й навіть зростає.

Одним із таких складних рішень є інформаційна система *Adapt-N* [1]. Базовою функцією в перших версіях цієї програми був аналіз витрат азотних добрив. Однак наступні версії були доповнені алгоритмами обчислення впливу природних опадів і зрошувальних систем на врожай, рекомендаціями щодо використання натуральних добрив у межах конкретної ділянки, що задається географічними координатами (рис. 1).



Рис. 1. Головна сторінка сервісу Adapt-N

Інформаційна система *FarmLogs* допомагає фермерам контролювати й вимірювати ріст своїх культур, прогнозувати прибуток, керувати ризиками від погоди та шкідників тощо. В основі всього функціоналу лежить аналіз супутнико-

вих знімків у контексті прив'язки до конкретної території США з урахуванням її кліматичних умов та аналізу фінансової інформації. В одному з недавніх випадків *FarmLogs* допоміг зупинити зараження шкідниками, базуючись на отриманій інформації із сусідніх полів. Головною перевагою цього ресурсу є те, що фермер може забути про стоси паперів і тримати всю інформацію про ділянку у своєму смартфоні.

*Agrieye* – це платформа рекомендацій з точного землеробства, що базується на штучному інтелекті та аналізі великих обсягів даних, які отримуються із супутників і дронів. Станом на сьогодні командою проекту опрацьовано близько 180 тис. гектарів полів в Україні, США, Еквадорі та Перу. Сервіс допомагає фермерам отримувати більші врожаї з меншими витратами, даючи чіткі вказівки щодо кількості насіння, добрив і води, необхідних для оптимального росту рослин у кожній точці поля[6].

*SmartFarming* – український веб-ресурс, що надає низку послуг: аудит земельного банку, стислу інформація про кількість і стан земельних ділянок компанії, обчислення площ ділянок, що здаються в оренду та знаходяться в обробці; моніторинг стану посівів за допомогою супутників і дронів; керування технікою та слідування за використанням техніки (дані про місце, де в цей момент знаходиться техніка й де вона б мала бути, інша довідкова інформація); ведення історії полів, що дає аграрним компаніям змогу планувати майбутній бюджет; надання індивідуальних консультацій. Інтерфейс обліку земельних ділянок у цій інформаційній системі представлено на рис. 2.



Рис. 2. Облік земельних ділянок в системі *Soft.Farm*

*Soft.Farm* – це безкоштовна on-line система планування, обліку й аналізу діяльності сільськогосподарських підприємств, що займаються рослинництвом і тваринництвом. Вона дає можливість уникнути помилок в обліку та плануванні

господарської діяльності, не вимагає спеціального навчання користувачів складних виробничих процесів. Серед функціоналу – автоматизоване планування посівів з урахуванням сівозміни, ведення електронного агрохімічного паспорта поля, складання карт полів, формування бази даних історії полів та аналіз накопиченої інформації; автоматизоване складання технологічних карт вирощування культур, розрахунок потреби насіння, добрив і засобів захисту рослин, прогноз планових витрат; щоденний контроль виконаних робіт та оперативне планування майбутніх, а так само формування звітів щодо них.

Поряд із вищенаведеними спеціалізованими онлайн інформаційними системами існує низка наукоємних програмних комплексів комп'ютерного моделювання підземних процесів. З їх допомогою вчені прагнуть удосконалити наявні математичні моделі геофізики, що враховують низку певних чинників під час моделювання складних динамічних процесів. Вони опосередковано вирішують завдання органічного виробництва та фермерського землеробства зокрема. Колективи науковців працюють над створенням власних програмних продуктів (*NADRA-3D* [2], *NanoSurface*[3; 4], *ORCHESTRA*, *PHREEQC*, *HPx*, *PHT3D*, *OpenGeoSys (OGS)*, *HYTEC*, *HYDRUS*, *TOUGHREACT*, *eSTOMP*, *HYDROGEOCHEM*, *CrunchFlow*, *MIN3P*, *PFLOTRAN* тощо), що закладають науковий базис для практичних застосувань.

**Постановка завдання.** Під час створення порталу органічного землеробства мали на меті реалізація сервісу, який надає конкретні рекомендації для окремої земельної ділянки щодо ефективності її використання, проводить оцінювання якості відповідно до впливу сукупності агрохімічних показників, що наявні в ґрунті, загалом дає змогу визначити, яка земельна ділянка найкраще підійде для потреб органічного виробництва. Крім того, на порталі буде розташовуватися довідкова інформація щодо економічної ефективності переходу до органічного землеробства, правил сертифікації, переробки і збуту.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** *Проектування та розробка геоінформаційно-аналітичної системи OrganicPortal.* Портал складається з 4-х основних розділів: аналітичний, технологія, сертифікація, електронний калькулятор. Кожний розділ має аналітичне та методологічне наповнення, яке слугує загальною метою – найбільш екологічно доцільне й економічно ефективно започаткування та ведення органічного сільськогоспо-

дарського рослинництва. UML діаграма варіантів використання згідно з поставленим завданням подана на рис. 3.



Рис. 3. UML діаграма варіантів використання геоінформаційно-аналітичної системи Organic Portal

*Стек технологій.* З огляду на наявні методології розробки [5; 6] і сучасні підходи до побудови Smart систем аграрного профілю [7] вибрано необхідний стек технологій для розробки геоінформаційно-аналітичної системи OrganicPortal [8].

У серверній частині (*backend*) проекту Organic Portal для опрацювання клієнтських запитів використано ASP.NET Web API 2 Application, що дало змогу побудувати REST архітектуру додатка, яка являє собою один з основних складників SPA. Для швидкої вибірки даних з бази даних використовується технологія Dapper.

Одним із завдань, які виникли під час розробки, є пошук формату для збереження геоінформаційних даних. Для цієї цілі використано формат GeoJSON, що дає можливість у зручному й компактному вигляді зберігати інформацію про земельні ділянки, які користувач наносить на карту під час користування підсистемою внесення даних OrganicPortal.

У клієнтській частині (*frontend*) проекту застосовується JavaScript – фреймворк AngularJS, що забезпечує динамічну взаємодію користувача з програмним інтерфейсом системи в рамках нашого односторінкового додатка.

Для роботи з інтерактивною електронною картою застосовується Leaflet-бібліотека з відкритим вихідним кодом, написана на JavaScript. Leaflet дає змогу, по-перше, відображати растрові карти сторонніх розробників, наприклад, GoogleMaps, або кадастрової карти України, а по-друге, накладати на ці карти додаткові шари, які містять маркери, точки, лінії, полігони. Також Leaflet дає можливість розробнику легко завантажити й відобразити геометричні структури, які зберігаються у форматі GeoJSON, що в разі геоінформаційно-

аналітичної системи органічного виробництва представляють полігони земельних ділянок.

*База геоінформаційних даних.* Розробку системи внесення геоінформаційних даних розпочато з проектування MSSQL бази даних для зберігання основних агрохімічних показників ґрунту. У ході розробки створено такі таблиці:

*Таблиця MapLayers.* Призначення цієї таблиці – зберігати загальну інформацію про основні агрохімічні показники ґрунту, такі як рН ґрунту, органічна речовина, азот (N), фосфор (P), калій (K), марганець (Mn), сірка (S), цинк (Zn), мідь (Cu), ртуть (Hg), цезій (Cs), стронцій (Sr). Також для кожної земельної ділянки введено два додаткові показники, які загалом характеризують земельну ділянку, – це «Агрохімічна оцінка» й «Еколого-агрохімічна оцінка».

Ця таблиця містить поля: Id (унікальний ідентифікатор), Name (назва агрохімічного показника), Measure (одиниця виміру цього агрохімічного показника), MinValue (мінімальне значення агрохімічного показника), MaxValue (максимальне значення агрохімічного показника).

*Таблиця PolygonLayers.* Призначення цієї таблиці полягає у збереженні тих даних, що стосуються відображення конкретної земельної ділянки у вигляді полігона на карті, а також додаткової інформації про того, хто вносив ділянку в систему, і дату цього внесення.

Ця таблиця містить поля: Id (унікальний ідентифікатор), GeoJSON (поле містить дані в спеціальному форматі GeoJSON, який призначений для зберігання географічних структур даних), Latitude (широта центральної точки тої ділянки, яку вносять у базу даних), Longitude (довгота центральної точки тої ділянки, яку вносять у базу даних), Point (центральна точка ділянки, що являє собою структуру, яка складається з попередніх полів – широти й довготи, введена для зручності), Creator (автор – людина, яка відповідальна за внесення цієї ділянки в базу даних), Date (дата створення земельної ділянки на карті).

*Таблиця ValueLayers.* Призначення цієї таблиці – зв'язати дві попередні таблиці *MapLayers* і *PolygonLayers*, зберегти конкретні значення внесених агрохімічних показників (рис. 4).

Ця таблиця містить поля: Id (унікальний ідентифікатор), IdMapLayer (ідентифікатор для зв'язку з певним агрохімічним показником), IdPolygon (ідентифікатор для зв'язку з певною земельною ділянкою), Value (конкретне значення агрохімічного показника).

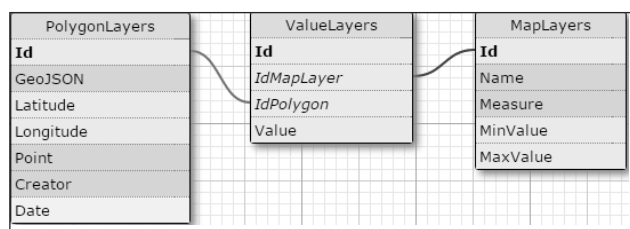


Рис. 4. Загальна схема зв'язків між таблицями ValueLayers, MapLayers і PolygonLayers

**Висновки.** У результаті виконання поставленого завдання розроблено геоінформаційно-аналітичну систему органічного землеробства.

На головній сторінці порталу розміщена коротка інформація про мету проекту, можливості порталу, умови користування та шляхи співпраці з командою розробників. Основним елементом порталу слугує електронна карта в підрозділі «Карта». Ця сторінка містить карту місцевості, дані з кадастрової карти України (увімкнено за замовчуванням), земельні ділянки у вигляді різноманітних полігонів, які попередньо занесені в систему авторизованими користувачами.

Категорія «Аналіз показників» на сторінці «Карта» призначена для виведення всіх агрохімічних показників конкретної земельної ділянки (полігона), яка попередньо вибрана шляхом натискання на неї на карті (рис. 5). Ця категорія містить назву агрохімічного показника, який підлягає аналізу, його конкретне значення й одиницю виміру.

Категорія «Фільтр по показниках» містить опцію для вибору картографічних матеріалів (на вибір OpenStreetMap або декілька типів GoogleMap), увімкнення/вимкнення даних када-

стрової карти України, вибір фільтру за одним із основних агрохімічних показників.

Для реалізації функціоналу щодо вибору картографічних матеріалів використано одне з розширень бібліотеки Leaflet під назвою GoogleMutant. Це розширення дає змогу пристосувати GoogleMaps для роботи з бібліотекою Leaflet, надає механізм вибору різного типу картографічних матеріалів від компанії Google.

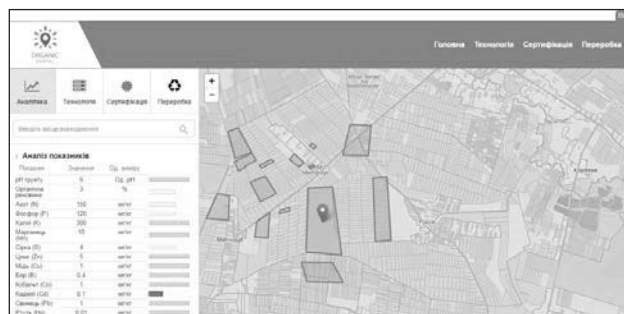


Рис. 5. Демонстрація пункту меню «Аналіз показників» для вибраного полігону на OrganicPortal

Щоб підсистема внесення та редагування геоінформаційних даних стала доступною, користувачеві необхідно авторизуватися в системі, після чого панель «Аналітика» доповнюється двома додатковими категоріями, а саме «Ділянки» й «Введення показників».

Наукоємкий функціонал порталу буде також забезпечуватися модулем аналітичних порад щодо оптимального землекористування. Зокрема, ведеться розробка алгоритмів для видачі рекомендацій щодо оптимального органічного землекористування на базі агрохімічних показників і низки інших факторів.

#### Список літератури:

1. Melkonian J.J., van Es H.M., DeGaetano A.T., Joseph L., Kosla R. ADAPT-N: Adaptive nitrogen management for maize using high-resolution climate data and model simulations. Denver, 2008, 14 p.
2. Sergienko I.V., Deineka V.S., Veshchunov V.V. NADRA 3D information technology for analysis of processes in multicomponent soil media. Cybernetics and Systems Analysis. 2006. Vol. 42. № 6. P. 901–916.
3. Vlasyuk A.P., Zhukovskii V.V. Mathematical Simulation of the Migration of Radionuclides in a Soil Medium Under Nonisothermal Conditions with Account for Catalytic Microparticles and Nonlinear Processes. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2017. T. 90. № 6. P. 1386–1398.
4. Власюк А.П., Жуковський В.В., Жуковська Н.А. Комп'ютерне моделювання процесу вертикальної міграції радіонуклідів у каталітичному пористому середовищі з використанням паралельних обчислень. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2017. Т. 2. № 39. С.60–69.
5. Papajorgji P.J., Pardalos P.M. Software engineering techniques applied to agricultural systems. New York, NY: Springer, 2014. 301 p.
6. Жуковський В.В. Про деякі підходи до створення програмних комплексів комп'ютерного моделювання підземних процесів. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2017. Т. 2. № 103. С. 64–73.
7. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J. Big Data in Smart Farming – A review. Agricultural Systems. 2017. T. 153. P. 69–80.

8. Organic Portal – Геоінформаційний портал органічного землеробства. URL: <http://organicportal.in.ua/> (дата звернення: 01.09.2018).
9. Публічна кадастрова карта України. URL: <http://map.land.gov.ua> (дата звернення: 01.09.2018).

#### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННО-ИНФОРМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*В статье проведено исследование рынка ИТ-решений аграрного сектора. Поставлено техническое задание для проектирования информационной системы, которая бы решала проблемы органического земледелия. Выбран оптимальный стек технологий. Спроектирована структура базы данных для хранения геоинформационных данных. Создана геоинформационно-аналитическая система органического производства и описаны основные ее составляющие.*

**Ключевые слова:** проектирование, программирование, органическое земледелие, информационная система, organic portal, база данных.

#### **DESIGN AND DEVELOPMENT OF THE GEOINFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM OF ORGANIC PRODUCTION**

*The article analyzes the market of IT solutions for the agricultural sector. The technical task was set for the development of an information system that would solve the problems of organic farming. Optimal stack of technologies is chosen. The database structure for the geoinformation data storage has been designed. A geo-information-analytical system of organic production has been created and its main components have been described.*

**Key words:** design, programming, organic farming, information system, organic portal, database.