

УДК 004.3

А.Ю.Шелестов¹, Н.М.Куссуль², С.В.Скакун²,
О.М.Кравченко², С.В.Волошин³, Є.В.Загородній²

¹ Національний університет біоресурсів та природокористування України
andrii.shelestov@gmail.com

² Інститут космічних досліджень НАНУ та НКАУ
inform@ikd.kiev.ua

³ Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАНУ
svoloshyn@gmail.com

Геоінформаційна система моніторингу для сільськогосподарського підприємства

У роботі запропонована геоінформаційна система для потреб сільськогосподарських підприємств. В якості основи для системи використовується ГІС загального призначення з вільним вихідним кодом (Quantum GIS). Для надання функціональності, специфічної для предметної області, використаний механізм плагінів (plug-in). Для інтеграції в систему даних з різних джерел використано спеціально побудовану базу даних, що працює під управлінням СУБД SQLite. Дана система забезпечує автоматизацію основних виробничих функцій сільськогосподарського підприємства, обліку врожайності, планування агротехнічних заходів та часткової автоматизації документообігу. Важливою перевагою системи є використання програмного забезпечення з відкритим кодом та відповідністю міжнародним стандартам надання даних.

Ключові слова: геоінформаційна система, геопросторові дані, ДЗЗ, сільське господарство.

Вступ

В Європейському Союзі розробляється та знаходиться на початковому етапі впровадження масштабна програма Глобального моніторингу навколишнього середовища та безпеки (GMES). Програма має на меті створення інформаційних систем підтримки прийняття рішень для установ Європейського Союзу. Ці системи базуються на інформаційних сервісах моніторингу навколишнього середовища за декількома напрямками, в тому числі моніторингу сільського господарства (www.gmes.info). На даний момент в рамках GMES впроваджено сервіс глобального моніторингу посівів сільськогосподарських культур (Global Crop Monitoring), запроваджено оновлення карт класифікації земних покривів (EUROLAND), моніторинг раціонального використання культивованих земель (Agri Environmental Monitoring) тощо. В Об'єднаному дослідницькому центрі (JRC) Європейської Комісії, що надає наукову та технічну підтримку рішень Європейської Комісії у галузі сільського господарства та продовольчої безпеки, накопичено двадцятирічний успішний досвід використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у розв'язанні задач сільськогосподарської статистики та прогнозування врожайності. З 1992 року в JRC функціонує та постійно удосконалюється система прогнозування врожайності AGRI4CAST.

В Україні роботи в області автоматизації агромоніторингу виконуються несистемно. Тому автори поставили задачу створення геоінформаційної системи для фермера, яка відповідає міжнародним стандартам та базується на програмному забезпеченні з відкритим кодом [1]. В даній статті розглядаються загальні принципи побудови системи, моделі даних та інформаційні технології, застосовані для її реалізації. Основною перевагою розробленої системи є використання стандартів відкритого коду та міжнародних стандартів отримання та надання даних, які підтримуються консорціумом OGC (Open Geospatial Consortium <http://www.opengeospatial.org>). Запропонований підхід реалізований та впроваджений в реальному сільськогосподарському кооперативі.

Актуальність геоінформаційних систем для фермера

Ефективність роботи сільськогосподарських підприємств залежить від інформованості про стан посівів та здатності системно аналізувати наслідки проведених робіт та заходів [2]. Використання супутникових даних дозволяє підвищити рівень контролю роботи підприємства [3].

Значну перевагу надає вже наочність представлення даних навіть без спеціальних автоматизованих аналізаторів. Спеціаліст-агроном може зробити певні висновки з карти вмісту поживних речовин на полях (рис. 1). Якщо ж сумістити цю карту з іншими наявними даними,

наприклад, картою висот, то можна встановити чутливість посівів до вологості ґрунтів. Подібні спостереження у майбутньому можуть бути обґрунтованими для вживання заходів для покращення врожайності, результативність яких придатна до перевірки з використанням супутникових даних за наступні періоди.



Рисунок 1 – Карта вмісту поживних речовин у рослинах на полях

Особливо важливою є можливість автоматизованого аналізу даних [4, 5]. Такий аналіз з використанням даних з архівів господарства потребує доступності векторних карт з визначеними межами полів (рис. 2). За результатами такого аналізу можна досягти більш глибокого розуміння чинників того чи іншого стану врожаю та оцінити ефективність вжитих заходів. Так, рівень поточної врожайності може бути наслідком цілого комплексу факторів. Окрім режиму посіву значний вплив можуть мати заходи щодо обробки ґрунту, що проводилися у минулому. Показовим в даному аспекті є випадок неврожаю буряку на полі, на якому за рік до того при вирощуванні іншої культури був використаний новий препарат (рис. 3). На карті вмісту поживних речовин помітна нерівномірність забарвлення, що має відповідати різному стану рослин. Польові спостереження підтвердили відповідність карти фактичному стану врожаю.

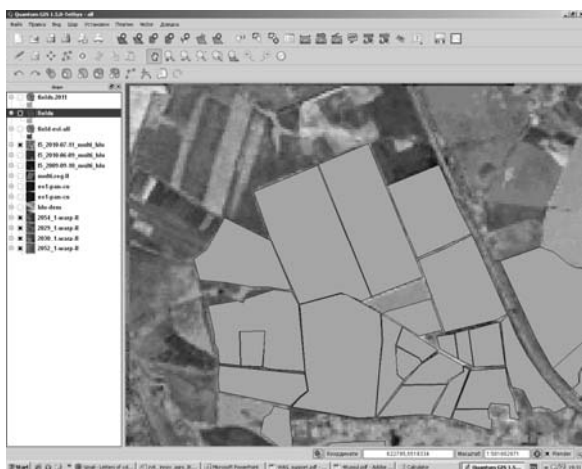


Рисунок 2 – Інтерфейс користувача, межі полів у векторному форматі



Рисунок 3 – Нерівномірність якості рослин в межах одного поля (А – гірше, В – краще)

Отже, використання супутникових знімків для аналізу агрономічних показників може бути надзвичайно ефективним. Таким чином, постає задача надання працівникам господарства інструменту, який поєднував би в собі можливість роботи з результатами обробки супутникових даних та засоби їх інтеграції з даними, що отримуються в процесі традиційних вимірювань. Далі наведено опис розв'язання цієї задачі за допомогою відповідного адаптування геоінформаційної системи загального призначення та створення засобів для збереження усіх наявних даних у єдиній базі даних (БД).

Оскільки БД має стандартизований інтерфейс, то доступ до даних можна отримати з будь-якого програмного засобу з підтримкою цього інтерфейсу. Це було використано для створення окремого інструменту для управління даними, що не входить у склад ГІС-системи.

Базова архітектура геоінформаційної системи фермера

До складу програмного забезпечення для фермера відносяться наступні компоненти:

– джерела даних:

- а) дані з архівів користувача (отримані у вигляді витягів з відповідних документів, занесені до БД вручну)
- б) супутникові знімки;

– вбудована система управління базами даних SQLite (<http://www.sqlite.org/>) з надбудовою SpatiaLite (<http://www.gaia-gis.it/spatialite/>);

– геоінформаційна система QGIS (<http://www.qgis.org/>): додатковий програмний модуль до QGIS для роботи з даними з БД

– засоби обробки даних:

- а) автоматизовані обробники супутникових зображень;
- б) адміністративний інтерфейс для роботи з базою даних.

QGIS є програмним забезпеченням з відкритим кодом, що розповсюджується відповідно до ліцензії GPL та призначене для

роботи з геопросторовими даними, що підтримує більшість з розповсюджених форматів даних та надає програмний інтерфейс для реалізації додаткових програмних модулів (плагінів), що розширюють його функціональність.

SQLite – реалізація системи управління реляційними базами даних. Завдяки тому, що ця система можна легко вбудовувати в інше програмне забезпечення, вона є зручним засобом підтримки реалізації бізнес-логіки програмного додатку.

Джерела даних

Розроблена система дозволяє агрегувати дані з різнорідних джерел (документація користувача, супутникові знімки), її обробку, збереження в уніфікованому структурованому форматі, та подальше надання інформації або звітів, згенерованих на її основі через користувацький інтерфейс. До первинних джерел інформації відносяться дані, надані користувачем (історичні та поточні), а також супутникові знімки (рис. 4).

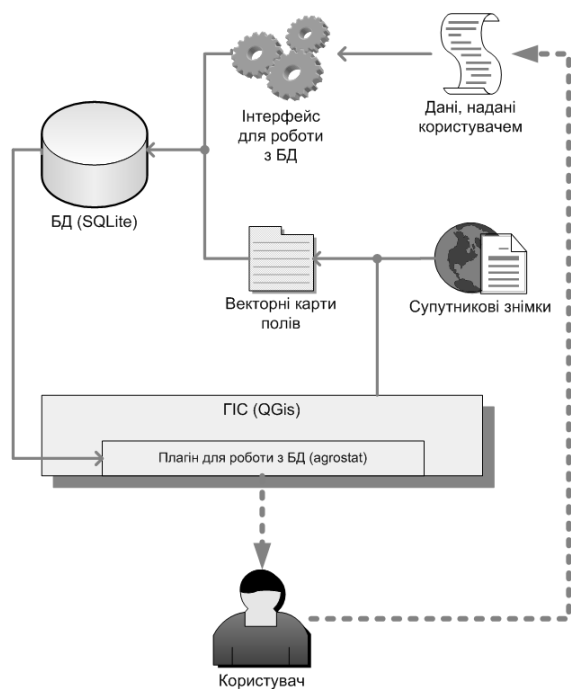


Рисунок 4 – Схема обробки та обміну інформацією

На основі супутникових знімків за допомогою геоінформаційної системи QGIS створюються векторні карти полів, які заносяться до загальної БД. Для забезпечення візуально прийняттого відображення супутникових знімків вони додатково обробляються, а потім використовуються для оцінки параметрів місцевості в якості окремого шару у подальшому представленні інформації у GIS [6]. Крім того, на основі знімків підраховуються деякі кількісні

характеристики (вегетаційні індекси), що відповідають окремим полям у певний період часу.

Дані, надані користувачем, впорядковуються та заносяться до загальної БД з використанням адміністративного інтерфейсу. Цей інтерфейс дозволяє забезпечити постійний контроль цілісності даних та регулярне створення їх резервних копій.

Дані зберігаються у такому форматі, щоб геоінформаційна система QGIS була здатна відображати частину з них – векторні та растрові карти – як окремі шари. Решта інформації може бути прочитана та відображена за допомогою спеціально розробленого плагіна до ГІС-системи QGIS.

Розробка додаткових програмних модулів

Базова функціональність QGIS дозволяє переглядати атрибути, що належать об'єктам на карті, у вигляді таблиці. При наявності великої кількості числових характеристик (наприклад, вимірювань у певний період часу) такий спосіб представлення інформації є неприйнятним. Для надання інформації у зручній для користувача формі був розроблений плагін, що розширює базову функціональність ГІС-системи QGIS.

Програмне забезпечення QGIS надає програмний інтерфейс, який дозволяє розробляти та інтегрувати додаткові програмні модулі з існуючим ПЗ. Для розробки додаткових програмних модулів можна використовувати мови програмування C++ та Python. Зокрема, для реалізації плагіна для інформаційної системи фермера було обрано мову Python з огляду на її зручність та існуючий набір функцій. Користувацький інтерфейс як самої системи QGIS, так і плагінів до неї реалізовано засобами графічної бібліотеки QT.

Побудова графіків вегетаційних індексів

Одним з розширень функціональності геоінформаційної системи є засіб побудови та порівняння графіків вегетаційних індексів для окремих полів за обраний період часу. Цей компонент дозволяє обрати будь-яке з наявних полів та період часу, дані за який присутні у БД, а також налаштувати одночасне відображення декількох графіків для порівняння (див. рис. 5).

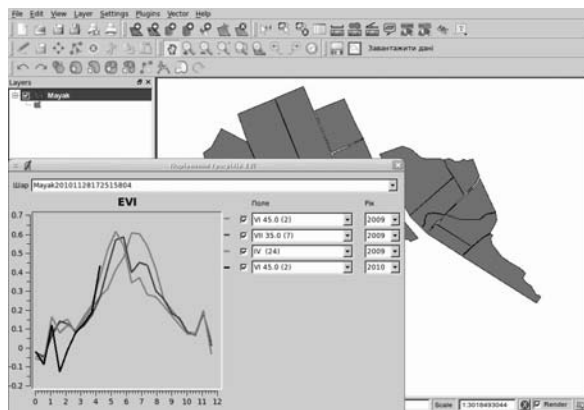


Рисунок 5 – Порівняння графіків індексу EVI

Для відображення графіків було використано розширення для графічної бібліотеки QT — бібліотека QWT. Дані для графіків отримуються безпосередньо з загальної БД за допомогою SQL-запиту.

Автоматизоване генерування звітів

Розроблений плагін дозволяє автоматично генерувати звіти відповідно до визначених у системі шаблонів. Ця функціональність дозволяє значно полегшити ведення документації в процесі сільськогосподарського виробництва (див. рис. 6). Звіти генеруються у форматі HTML. За допомогою інформаційної системи фермера можна генерувати звіти з вмістом поживних речовин на полях для певного періоду часу, вмістом внесених добрив тощо. Розроблений програмний модуль дозволяє у легкій та доступній формі на основі існуючої у БД інформації налаштувати систему на генерацію звітів іншого формату.

	Name	Descriptio	gumus	N	P	K	Ph	Hr	S	V
0	II	:35.3;	0	0	0	0	5.8	1.3	26	95
1	VI	:45;	4.94	105	109	6.9	0	0	0	0
2	VI	:154.8;	4.94	105	109	6.9	0	0	0	0
3	VI	:27.2;	3.76	90	97	66	0	0	0	0
4	VII	:42.3;	3.7	85	93	77	0	0	0	0
5	VII	:20.0;	3.6	60	81	72	0	0	0	0
6	VII	:35;	3.6	60	81	72	0	0	0	0
7	VII	:63.0;	2.59	68	63	113	0	0	0	0
8	III	:103.6;	0	0	0	0	6.6	0.9	34	97
9	V	/	0	0	0	0	9.6	2	16	89
10	IV	:25.9;	0	0	0	0	5.6	0	0	0
11	I	:18.0;	0	0	0	0	5.6	0	0	0

Рисунок 6 – Приклад автоматично згенерованого плагіном звіту

Структура бази даних

БД складається з таких 11 таблиць (рис. 7):

- Таблиці довідників:
 - Поля
 - Культур

- Сорти
- Препарати
- Типи обробки
- Таблиці вимірювань:
 - Вимірювання індексу EVI
 - Вимірювання хімічного складу
- Таблиці робіт:
 - Підкормки
 - Посіви
 - Обробки
 - Збори урожаю

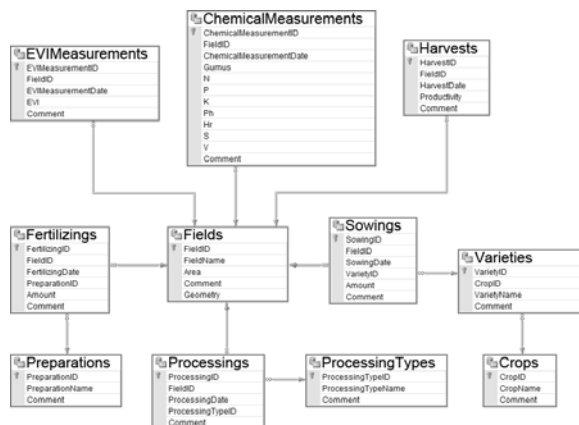


Рисунок 7 – Схема БД

Таблиця Fields має поле Geometry з просторовими даними, підтримка яких забезпечується надбудовою SpatiaLite. Цілісність даних при видаленні записів реалізована за допомогою механізму тригерів.

Адміністративний інтерфейс

Адміністративний інтерфейс призначений для перегляду та редагування БД системи. Його розроблено за допомогою безкоштовного інструменту Microsoft Visual C# 2005 Express Edition і безкоштовних бібліотек з вільним вихідним кодом – System.Data.SQLite (<http://sqlite.phxsoftware.com/>) для роботи з СУБД SQLite) і SharpZipLib для створення zip архівів.

Після запуску програми автоматично створюється архів з резервною копією БД, також можна за допомогою меню створювати резервну копію вручну.

Кожній з таблиць БД відповідає екранна форма (рис. 8), в якій виводяться існуючі дані в табличній формі з можливістю сортування, а також реалізовані функції додавання нових записів, редагування і видалення. Такий інтерфейс адміністратора не потребує від користувача спеціальних знань про область інформаційних технологій, спрощує процес модифікації даних у таблицях та дозволяє уникнути порушення цілісності даних при роботі з БД фахівців аграрного підприємства.

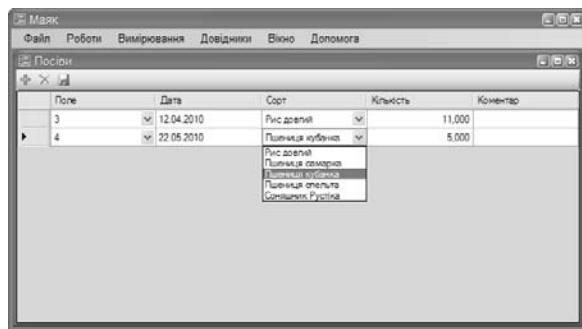


Рисунок 8 – Редагування інформації про посіви

При додаванні і редагуванні відбувається перевірка коректності введених даних. Просторові дані таблиці «Поля» вносяться через QGIS-інтерфейс.

Висновки

В роботі представлено принципи побудови та архітектуру геоінформаційної системи моніторингу для сільськогосподарського підприємства. В основу розробки покладено систему Quantum GIS з відкритим кодом. Для

забезпечення можливості використання даних з різних джерел та різного формату цю систему було розширено за рахунок реалізації додаткових програмних модулів, що надають зручний інтерфейс доступу до даних та керування ними, графічний інтерфейс користувача та можливості автоматичного генерування звітів.

Важливою перевагою створеної системи є використання як наземних вимірювань та додаткової інформації про історію обробки полів, так і супутникових даних, що надають об'єктивні відомості про стан посівів на регулярній основі. Розроблена система дозволяє автоматизувати роботу сільськогосподарського підприємства та вести базу даних стану полів, виконуваних на угіддях робіт тощо.

Подальший розвиток системи дозволить аналізувати економічні та фінансові ризики, пов'язані з сільськогосподарським виробництвом [7], та забезпечить її інтеграцію з іншими геоінформаційними системами, зокрема міжнародними [8].

Література

1. Куссуль Н.М. Геоінформаційна інфраструктура моніторингу навколишнього середовища та надзвичайних ситуацій / Н.М. Куссуль, С.В. Скакун, А.Ю. Шелестов // Наука та інновації. – 2010. – Т. 6. № 4. – С. 13-20.
2. Геопространственный анализ рисков на основе слияния данных / Н.Н. Куссуль, Я.И. Зельк, С.В. Скакун и др. // Сборник «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». – 2010. – Том 7. – № 2. – С. 55–66.
3. Оценка рисков стихийных бедствий на основе разнородной геопространственной информации / Н.Н. Куссуль, Б.В. Соколов, Я.И. Зельк // Проблемы. управления и информатики. – 2010. – N 6. – С. 97-110.
4. Kussul N., Shelestov A., Skakun S., Kravchenko O. High performance Intelligent Computations for Environmental and Disaster Monitoring // In Intelligent Data Processing in Global Monitoring for Environment and Security (Krassimir Markov, Vitalii Velychko editors). — I T H E A, Sofia, 2010, pp. 64-92.
5. Интеллектуальные вычисления в задачах обработки данных наблюдения Земли / Н.Н. Куссуль, А.Ю. Шелестов, С.В. Скакун. – К.: “Наукова думка”, 2007. - 196 с.
6. Кравченко О.М. Застосування реалізації стандартів OGC для створення розподілених систем візуалізації та надання геопросторових даних / О.М. Кравченко, А.Ю. Шелестов // Проблеми програмування. – 2006. – №2-3. – С. 135-139.
7. Междисциплинарный подход к оцениванию и анализу эффективности информационных технологий и систем / О.В. Майданович, М.Ю. Охтилев, Н.Н. Куссуль // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2010. – Т. 53. – № 11. – С. 7-16.
8. Kussul N., Shelestov A., Skakun S., Kravchenko O., Gripich Y., Hluchý L., Kopp P., Lupian E The Data Fusion Grid Infrastructure: Project Objectives And Achievements // Computing and Informatics. — 2010. — Т. 29. — № 2. С. 319-334.

Надійшла до редакції 15.03.2011