

УДК 528.855+835

## Створення геоінформаційної бази даних підсупутникового калібрувального полігону

**Я.І. Зєлик, О.В. Семенів**

Інститут космічних досліджень НАН України та Державного космічного агентства України

Створено прототип геоінформаційної бази даних (БД) підсупутникового калібрувального полігону, до якої можливий доступ користувача із середовища вільної геоінформаційної системи з відкритим кодом Quantum GIS (QGIS). QGIS використовується як інтегратор усіх даних і програмних додатків та візуалізатор супутникових знімків і векторних шарів тестових ділянок у картографічному інтерфейсі. Здійснено конвертування БД спектральних характеристик відбиття тестових об'єктів з локальної реалізації у середовищі MS Access до серверної реалізації у середовищі PostgreSQL. Створено динамічний додаток до QGIS для взаємодії користувача з середовищем QGIS з об'єктно-реляційною БД та для відображення інформації з БД. Розроблено функціонально-алгоритмічну частину додатку та інтерфейс взаємодії користувача з БД.

СОЗДАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ПОДСПУТНИКОВОГО КАЛИБРОВОЧНОГО ПОЛИГОНА, Зельк Я.И., Семенов О.В. — Создан прототип геоинформационной базы данных (БД) подспутникового калибровочного полигона, к которой возможен доступ пользователя из среды свободной геоинформационной системы с открытым кодом Quantum GIS (QGIS). QGIS используется как интегратор всех данных и приложений и визуализатор спутниковых снимков и векторных слоев тестовых участков в картографическом интерфейсе. Осуществлено конвертирование БД спектральных характеристик отражения тестовых объектов из локальной реализации в среде MS Access в серверную реализацию в среде PostgreSQL. Создано динамическое приложение к QGIS для взаимодействия пользователя из среды QGIS с объектно-реляционной БД и для отображения информации из БД. Разработана функционально-алгоритмическая часть приложения и интерфейс взаимодействия пользователя с БД.

CREATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION DATABASE OF SUBSATELLITE CALIBRATION TEST SITE, by Zelyk Ya.I., Semenov O.V. — The prototype of geographic information database (DB) of the sub-satellite calibration test site has been created, to which user can be accessed from the free open-source geographic information system Quantum GIS (QGIS) environment. QGIS is used as an integrator of all data and applications and visualizer of the satellite imagery and vector layers of test sites in the cartographic interface. Conversion of the database from the local representation in the MS Access to the server representation in the PostgreSQL environment has been performed. Dynamic application to QGIS for user interaction from QGIS environment with the object-relational database and to display information from the database has been created. Functional-algorithmic part of these application and the interface for user interaction with the database has been developed.

**Ключевые слова:** подспутниковый калибровочный полигон; послестартовая радиометрическая калибровка; геоинформационная база данных; PostgreSQL; Quantum GIS.

**Key words:** calibration test site; post-launch radiometric calibration; geographical information database; PostgreSQL; Quantum GIS.

### 1. ВСТУП

На сьогоднішній день у світі на сучасний ринок продукції космічного спостереження компаніями та операторами надаються не просто високоякісні космічні знімки, а створені калібровані кінцеві інформаційні продукти (КІП) дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), що базуються на даних вищих рівнів обробки у порівнянні з “сирими” даними космічних знімків. КІП є наборами даних, вираженими в абсолютних фізичних одиницях, точно прив'язаними у часі і просторі до спостережуваних об'єктів. Вони отримуються за допомогою регулярно каліброваних оптико-електронних сенсорів космічного спостереження після старту космічних систем (КС) на основі даних космічної зйомки і синхронних з нею наземних вимірювань на спеціально організованих підсупутникових калібрувальних полігонах. Саме наявність такого роду кінцевих КІП забезпечує достовірну тематичну інтерпретацію і порівнянність даних, які надходять від різномірних джерел: як від різних КС, так і від різних наземних систем дистанційного спостереження. До теперішнього часу в Україні післястартове калібрування оптичних засобів космічного спостереження з використанням підсупутникових калібрувальних полігонів не здійснювалося.

У межах реалізації Загальнодержавних цільових науково-технічних космічних програм України у 2011–2013 рр. Інститут космічних досліджень виконував цикл робіт з розроблення науково обґрунтованих методик та створення засобів калібрування оптико-електронних сенсорів космічного спостереження з використанням підсупутникового калібрувального полігону. Результати створення науково-методичного

забезпечення, інфраструктури, каталогу та геоінформаційної бази даних підсупутникового калібрувального полігону на території Національного центру випробувань та управління космічних засобів відображені в [1–6].

У даній роботі розглядаються результати створення геоінформаційної бази даних підсупутникового калібрувального полігону та динамічних сервісів взаємодії користувача з середовища геоінформаційної системи з об'єктно-реляційною базою даних спектральних характеристик відбиття тестових ділянок полігону. Як основа створюваного програмного забезпечення використовується вільна геоінформаційна система з відкритим кодом Quantum GIS (QGIS) — інтегратор усіх даних і програмних додатків та візуалізатор супутникових знімків і векторних шарів тестових ділянок у картографічному інтерфейсі [7]. При цьому користувачу надається можливість детального перегляду спектральних характеристик відбиття у цифровому форматі, відображення їх графіків і, разом з тим, представлення у QGIS векторного шару відповідного тестового об'єкта та перегляду пов'язаної з ним атрибутивної інформації. Крім того, у середовищі QGIS можна реалізувати розроблені методики післястартового калібрування [4–6] із збереженням отриманих результатів у реляційній базі даних та відображенням у геоінформаційному середовищі отриманих кінцевих каліброваних інформаційних продуктів.

## **2. ЛОКАЛЬНА РЕАЛІЗАЦІЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ БАЗИ ДАНИХ У СЕРЕДОВИЩІ MS ACCESS**

На початковому етапі робіт щодо створення підсупутникового калібрувального полігону розроблено прототип його геоінформаційної бази даних (БД) [1–3]. Геоінформаційна БД містить shape-файли векторних шарів полігональних тестових ділянок, шарів точок вимірювань спектральних характеристик, реперних точок топогеодезичної прив'язки, супутникові знімки КС «Січ-2». Атрибутивна інформація містить відомості про час, температуру повітря, тиск, вологість і напрямок вітру під час проведення наземних вимірювань. Кількісні результати обробки великих обсягів даних, зокрема, спектральні характеристики відбиття тестових об'єктів у відповідних діапазонах, отримані у результаті наземних спектрометричних вимірювань, зберігаються у загальній реляційній базі даних локальної реалізації у середовищі MS Access.

Реляційна БД складається із збереженої інформації, організованої у формі множини файлів, та системи управління БД (СУБД). СУБД об'єднана в одному пакеті з інтегрованим програмним середовищем реалізації MS Access. Забезпечено деякі можливі варіанти інтеграції БД з іншими програмними системами на основі застосування механізмів та функцій зв'язаних запитів, зв'язків із таблицями зовнішніх баз даних. Створення прикладних програмних модулів здійснено в оболонці середовища програмування та на основі SQL-запитів. Реалізовано підтримку технології доступу до даних Data Access Objects (DAO) та програмного інтерфейсу доступу до даних Open Database Connectivity (ODBC). Окремо створено набір файлів: форм, запитів, звітів, макросів, програмних модулів. Розроблено структуру таблиць, їх зв'язків та відношень. Загальна структурна схема реляційної БД локальної реалізації спектральних характеристик відбиття тестових об'єктів підсупутникового полігону на рис. 1 наочно представляє набори атрибутів схем відношень і типи зв'язків між відношеннями.

## **3. КОНВЕРТУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ БАЗИ ДАНИХ З ЛОКАЛЬНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ У СЕРЕДОВИЩІ MS ACCESS ДО СЕРВЕРНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ У СЕРЕДОВИЩІ PostgreSQL**

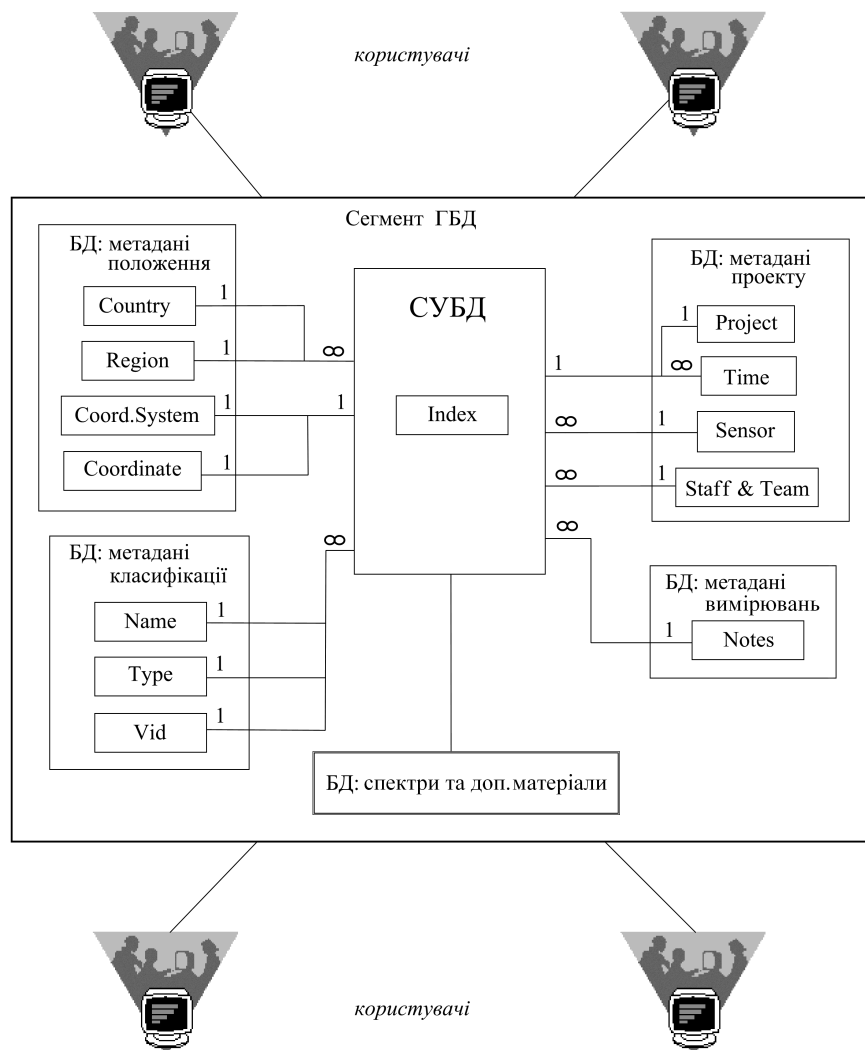
За допомогою спеціального конвертера здійснено перетворення створеної геоінформаційної бази даних підсупутникового калібрувального полігону з локальної реалізації у середовищі MS Access до серверної реалізації у середовищі PostgreSQL. В останній реалізована можливість роботи з цілою базою даних або окремими таблицями, полями, індексами, зовнішніми ключами [8–10]. Таким чином, база даних та СУБД PostgreSQL є об'єктно-реляційною.

На рис. 2. наведено приклад прямого перенесення бази даних з формату mdb на сервер PostgreSQL. На рис. 3 показано приклад редакції структури бази даних, зокрема таблиць. У ході конвертування створювався, так званий dump file, в якому відображена вся структура та обсяг інформації, отримуваної через SQL запити.

Адміністрування БД проводиться за допомогою програми pgAdmin [8, 9]. На рис. 4 представлено результат конвертування та відображення бази даних на сервері PostgreSQL.

PostgreSQL [7–9] надає командний інтерфейс для роботи з системним каталогом, за допомогою якого можна не тільки отримувати інформацію про об'єкти системи, а й створювати нові. Наприклад, створювати бази даних за допомогою CREATE DATABASE, новий домен — CREATE DOMAIN, оператор — CREATE OPERATOR, тип даних — CREATE TYPE. Однією з важливих особливостей PostgreSQL є узагальнене пошукове дерево або GiST, яке дає можливість фахівцям окремих галузей створювати спеціалізовані типи даних без глибокого вивчення баз даних. Аналогом GiST є технологія DataBlade [9].

Дистрибутив PostgreSQL містить велику кількість так званих контріб-модулів, що реалізують різноманітну додаткову функціональність, таку як повнотекстовий пошук, робота з xml, функції математичної

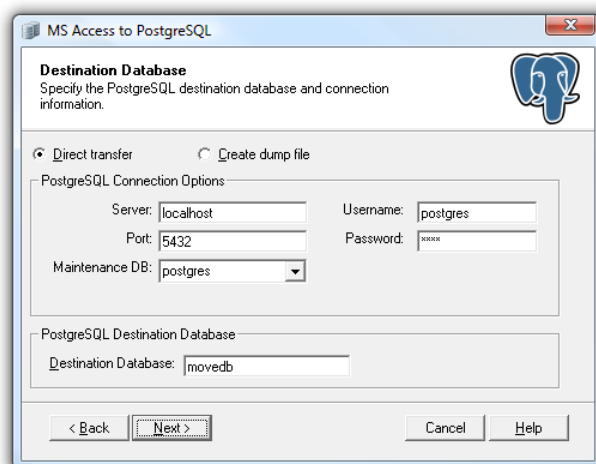


**Рис. 1.** Загальна структурна схема реляційної БД локальної реалізації спектральних характеристик відбиття тестових об'єктів підсупутникового полігону

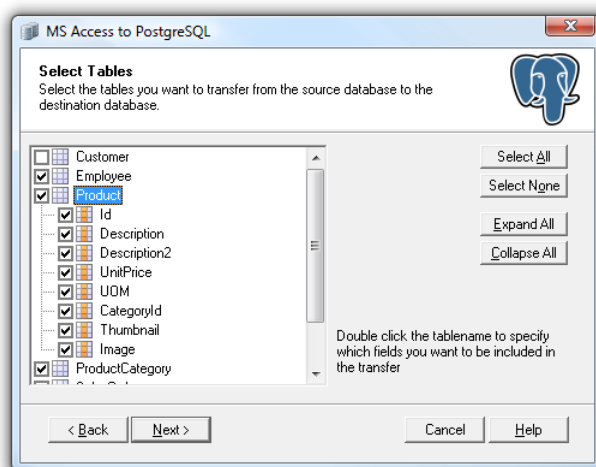
статистики, пошук помилок, криптографічні модулі і т.д. Також, є утиліти, що полегшують міграцію з MySQL, Oracle, для адміністративних робіт. PostgreSQL має багатий набір вбудованих функцій та операторів для роботи з даними. Підтримує 25 різних наборів символів (charsets), включаючи ASCII, LATIN, WIN, KOI8 та UNICODE, а також locale, що дозволяє коректно працювати з даними на різних мовах програмування. Інтерфейси у PostgreSQL реалізовані для доступу до бази даних різними мовами програмування (C, C++, C#, Python, Perl, Ruby, PHP, Lisp та ін.). Процедурні мови дозволяють користувачам розробляти свої функції на стороні сервера, тим самим переносячи логіку програми на базу даних, використовуючи мови програмування, відмінні від вбудованих SQL та C.

#### **4. ВИКОРИСТАННЯ QGIS ЯК СИСТЕМОГО ІНТЕГРАТОРА УСІХ ДАНИХ І ПРОГРАМНИХ ДОДАТКІВ ТА ВІЗУАЛІЗАТОРА СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ І ВЕКТОРНИХ ШАРІВ ТЕСТОВИХ ДІЛЯНОК**

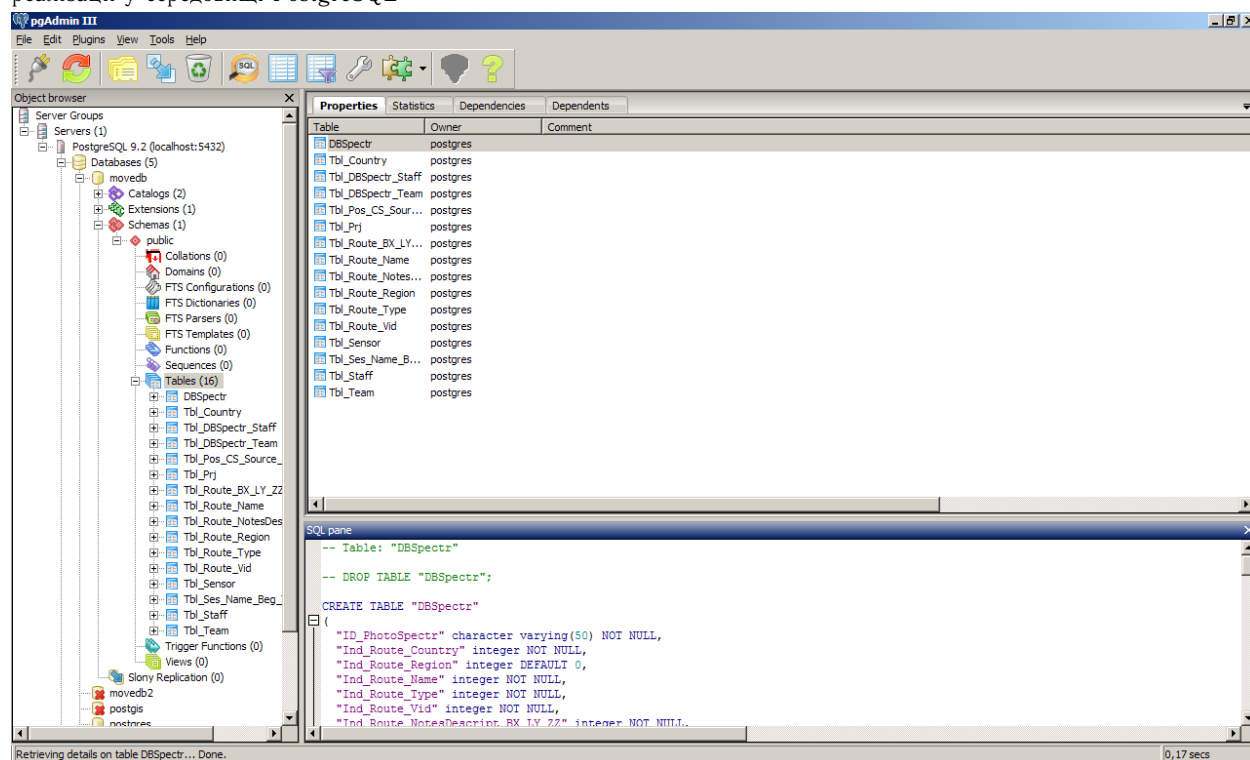
Як системний інтегратор усіх даних і програмних додатків та візуалізатор супутникових знімків і векторних шарів тестових ділянок у єдиному картографічному інтерфейсі використовується вільна геоінформаційна система Quantum GIS (QGIS) [7]. Крім функцій системного інтегратора та візуалізатора, QGIS є потужним аналітичним та функціональним засобом обробки геоінформаційних даних. На сьогоднішній день QGIS має розширені функціональні можливості, що давно вийшли за рамки простого переглядача [7]. За рахунок використання крос-платформного інструментарію QT, QGIS доступна для більшості сучасних платформ (Windows, Mac OS X, Linux) та підтримує векторні та растрові дані, а також здатна працювати з інформацією, що надається різними картографічними веб-серверами та багатьма геопросторовими базами даних. Функціональність QGIS розвивається за допомогою створення модулів розширення на C++ або Python. QGIS має одне з найбільш розвинених співтовариств у середовищі відкритих ГІС, при цьому кількість розробників постійно збільшується, чому сприяє наявність докладної документації щодо процесу розробки та зручна архітектура системи.



**Рис. 2.** Конвертування БД з локальної реалізації в MS Access до серверної реалізації у середовищі PostgreSQL



**Рис. 3.** Редагування структури БД для подальшого конвертування з локальної реалізації в MS Access до серверної реалізації у середовищі PostgreSQL



**Рис. 4.** Результат конвертування, адміністрування та відображення бази даних на сервері PostgreSQL

QGIS випускається на умовах ліцензії General Public License (GPL). Умови даної ліцензії дозволяють безперешкодно переглядати та змінювати головний код програми, гарантувати безкоштовність і вільний доступ до програмного забезпечення. Додатково до традиційних табличних даних (які також широко використовуються у геоінформаційних технологіях), у QGIS підтримуються два основні типи просторових даних: растрові та векторні.

Найпоширенішими видами растрових даних є цифрові супутникові знімки або аерофотознімки. Карти світло-тіньового представлення або цифрові моделі рельєфу також надаються у формі растрових даних. У формі растрових даних можуть бути представлені будь-які об'єкти карти, але в їх застосуванні існують певні обмеження. Растр являє собою регулярну сітку комірок, або у випадках, коли говорять про зображення, пікселів. Сітка має фіксовану кількість рядків і стовпців. Кожна комірка має числове значення та певну просторову роздільну здатність.

У геоінформаційних системах, крім згаданих типів даних — растрових, використовуються векторні дані. У найпростішому розумінні, вектор — це спосіб опису місця розташування за допомогою набору координат. Кожна координата співвідноситься з географічним місцем розташування за допомогою системи значень X і Y. Векторні дані можна розглядати з посиланням на декартову площину — систему координат, утворену двома осями — X і Y. Система координат — одне з основних понять у картографії та аналізі просторових даних. Залежно від цілей, існують різні способи представлення географічних координат. Векторні дані можуть бути представлені в трьох формах: точки, лінії, полігони.

QGIS дозволяє використовувати значну кількість розповсюджених ГІС-функцій, що забезпечуються вбудованими інструментами та модулями: перегляд даних; дослідження даних і створення карт; керування даними: створення, редагування та їх експорт; аналіз даних; публікація карт в мережі Інтернет. QGIS може використовуватися для експорту даних в тар-файл і публікації його в мережі Інтернет, використовуючи встановлений веб-сервер — Mapserver. QGIS можна адаптувати для особливих потреб завдяки розширюваній модульній архітектурі. QGIS надає бібліотеки, які можуть використовуватися для створення модулів. Можна створювати окремі додатки, використовуючи мови програмування C++ або Python. Основні програмні вбудовані модулі QGIS: модуль додавання шарів з текстом з роздільниками; модуль захоплення координат; DB Manager (імпорт/експорт, редагування та перегляд шарів і таблиць; виконання SQL-запитів); інструменти GPS (завантаження та імпорт даних GPS); теплокарта (створення растрової теплокарти з точкових даних); модуль інтерполяції (інтерполяція векторних даних); установник модулів Python (завантаження та установка модулів в QGIS); SQL Anywhere (робота з векторними шарами в БД SQL Anywhere); ftools (інструменти для керування векторними даними та їх аналізу).

Таким чином, QGIS розроблена на основі відкритої архітектури із підтримкою різноманітних модулів, що дозволяє легко, шляхом додавання нових додатків, розширювати можливості та функції [7, 11]. Більшість функцій у QGIS реалізовані як основні або зовнішні модулі. Основні модулі розробляються командою розробників QGIS та автоматично входять в кожен новий реліз програми. Дані модулі реалізовані мовами програмування C++ та Python. Зовнішні модулі на даний час розробляються мовою Python. Вони знаходяться у зовнішніх репозиторіях. Зовнішні модулі можуть бути додані за допомогою установника модулів QGIS.

Модуль DB Manager є частиною ядра QGIS. DB Manager (рис. 5) дозволяє імпортувати шари у просторову базу даних, підтримує перенесення таблиць між різними базами даних, дозволяє виконувати SQL-запити до баз даних та відображати результати просторових запитів на мапі QGIS. Меню Database дозволяє підключитися до існуючої бази даних, відкрити вікно створення SQL-запитів, тощо. Меню Schema надає інструменти для створення і вилучення (очищення) схем та підтримує топології за допомогою TopoViewer. Меню Table дозволяє створювати і редагувати таблиці, а також видаляти таблиці та запити.

Як видно з рис. 5, у правій частині вікна знаходиться деревовидний список підтримуваних QGIS баз даних та їх таблиць. Подвійне клацання по елементу списку виконує підключення до відповідної бази. З контекстного меню, що викликається натисканням правої кнопки миші, можна перейменувати та видалити поточну схему чи таблицю. Також з контекстного меню виконується додавання таблиць. Після підключення бази даних у головному вікні модуля стають доступними три вкладки. Вкладка Info містить інформацію про таблиці, типи геометрії, а також про поля, обмеження та індекси. Вкладка Table відображає дані в табличному вигляді, а вкладка Preview використовується для попереднього перегляду просторової складової.

## **5. СТОРЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ДОДАТКУ ДО QGIS ДЛЯ ВЗАЄМОДІЇ КОРИСТУВАЧА З ОБ'ЄКТНО-РЕЛЯЦІЙНОЮ БД**

Для розробки розширень використовувалася мова програмування Python [11–13]. У порівнянні з класичними розширеннями, написаними мовою C++, додатки, реалізовані мовою Python, легше розробляти, вони більш уніфіковані, мають гнучкіші варіанти підтримки та поширення в силу динамічної природи самої мови Python. Розширення на Python перераховуються у менеджері модулів QGIS. Для

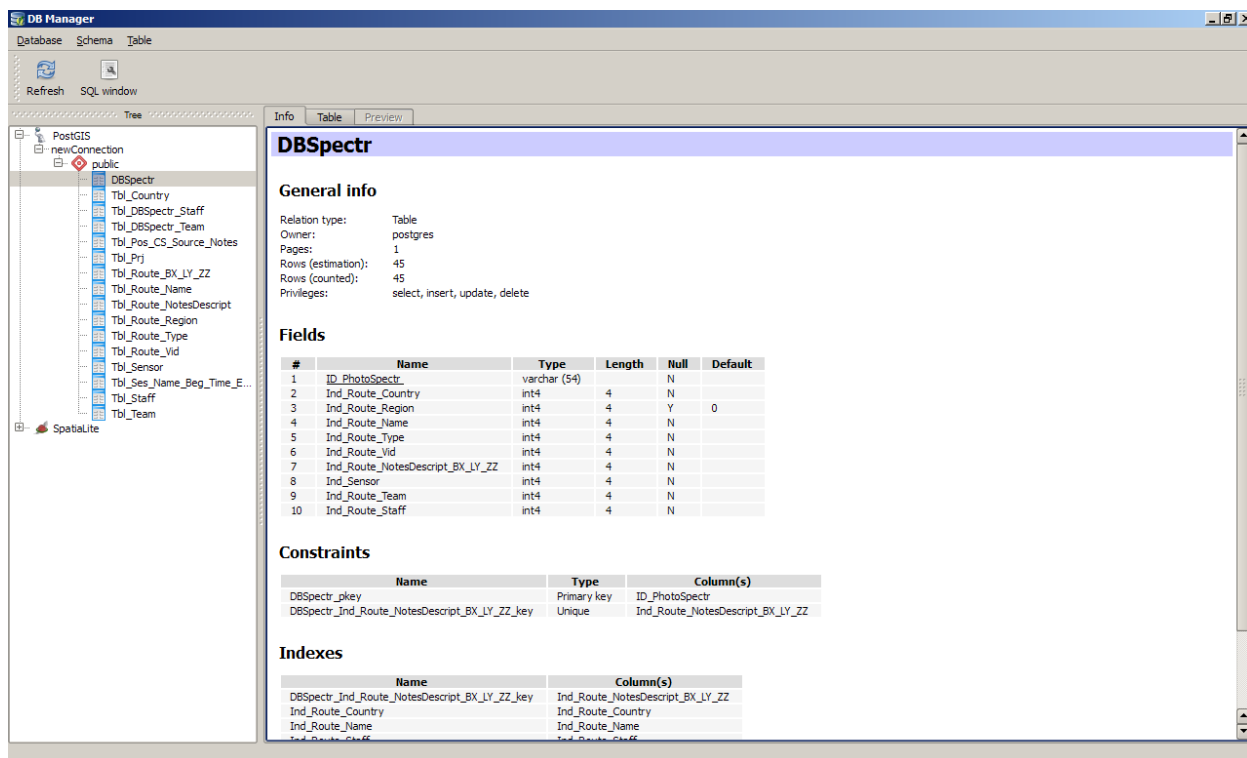


Рис. 5. Підключення об'єктно-реляційної БД в PostgreSQL до QGIS за допомогою модуля DB Manager

автоматичної генерації базових файлів (скелета) типового Python додатку для QGIS використовувався модуль Plugin Builder, який створює шаблон модуля прямо із QGIS.

Розроблення головного вікна динамічного додатку QGIS здійснювалося в інструментальному програмному середовищі QT Designer (QTD) [12–14]. QTD дозволяє створювати графічний інтерфейс програмного забезпечення за допомогою ряду інструментів. Існує панель інструментів «панель віджетів», у якій доступні для використання елементи інтерфейсу — віджети, такі як, «список, що випадає» ComboBox, «поле введення» LineEdit, «кнопка» PushButton та ін. Кожен віджет має свій набір властивостей, що визначається відповідним класом бібліотеки Qt. Властивості віджета можуть бути змінені за допомогою «редактора властивостей». Характерною особливістю QtD є підтримка візуального редагування сигналів та слотів.

Зазначивши загальні розміри вікна програми, здійснюється формування полів, задання властивостей та проведення ергономічного розподілу інформативних полів у вікні динамічного сервісу (рис. 6). Розроблений інтерфейс зберігається у файл з розширенням ui, який підключається до створюваної програми за допомогою спеціальних методів бібліотеки Qt. Цей файл має xml-формат, і може в разі необхідності редагуватися у будь-якому текстовому редакторі. Після цього за допомогою вбудованих компіляторів PyQt відбувається трансляція xml-файлу на мову Python.

Після реалізації розглянутого інтерфейсу створюються файл функціонально-алгоритмічної складової геоінформаційної бази даних та функції взаємодії користувача БД з середовища QGIS. Проведено тестування створеного динамічного додатку до QGIS. Відкоригований варіант динамічного додатку додатково тестується на різних версіях операційної системи і архітектури комп'ютера. Вихідна екранна форма для відображення у середовищі QGIS інформації з геоінформаційної бази даних підсупутникового калібрувального полігону за допомогою розробленого динамічного додатку до QGIS представлена на рис. 7.

У вихідній екранній формі присутнє поле для керування БД, у якому вибирається запитуваний об'єкт бази даних. Після вибору об'єкта в інформаційних полях форми виводяться метадані із БД та зображення відповідного об'єкта і спектральна характеристика його відбиття.

## 6. ВИСНОВКИ

Створено прототип геоінформаційної бази даних (БД) підсупутникового калібрувального полігону, до якої можливий доступ користувача із середовища вільної геоінформаційної системи з відкритим кодом Quantum GIS (QGIS). QGIS використовується як інтегратор усіх даних і програмних додатків та візуалізатор супутникових знімків і векторних шарів тестових ділянок у картографічному інтерфейсі. Здійснено конвертування реляційної БД спектральних характеристик відбиття тестових об'єктів з локальної реалізації у середовищі MS Access до серверної реалізації у середовищі PostgreSQL. Створено



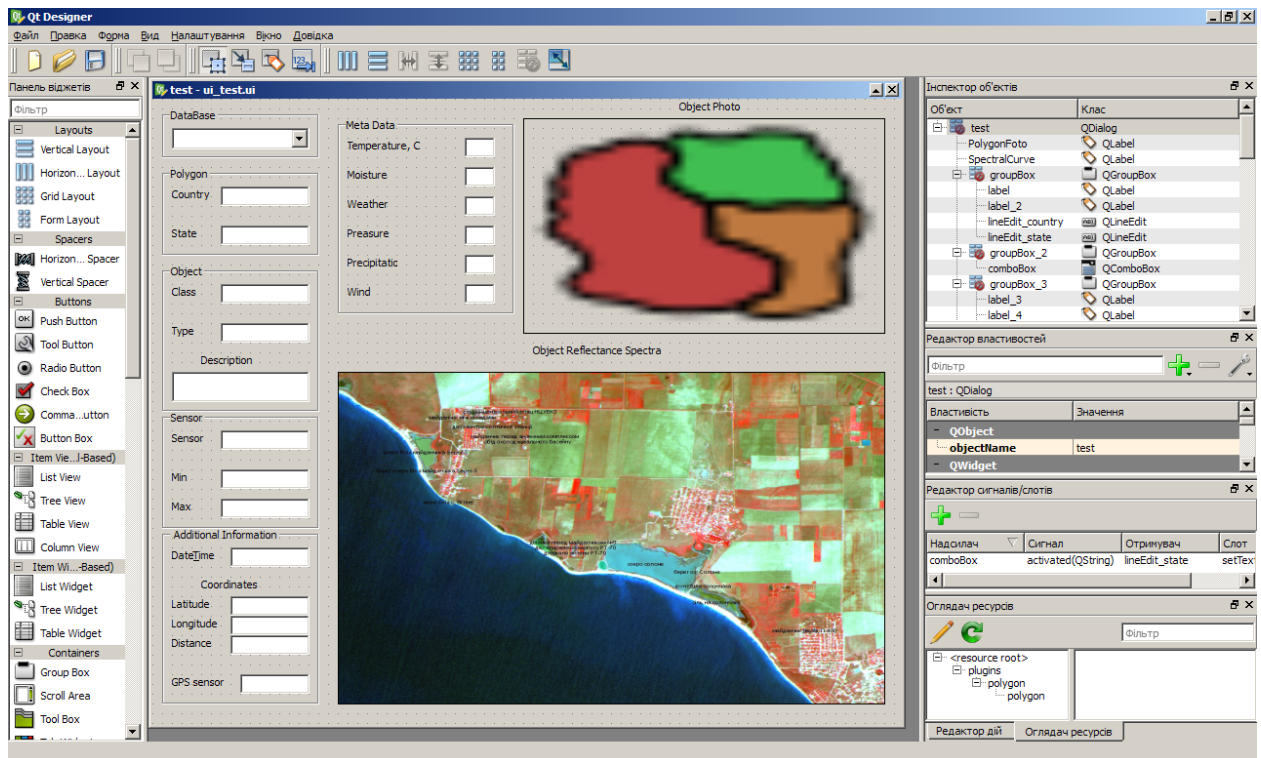


Рис. 6. Графічний інтерфейс користувача, розроблений у середовищі QT Designer, для взаємодії з БД у QGIS

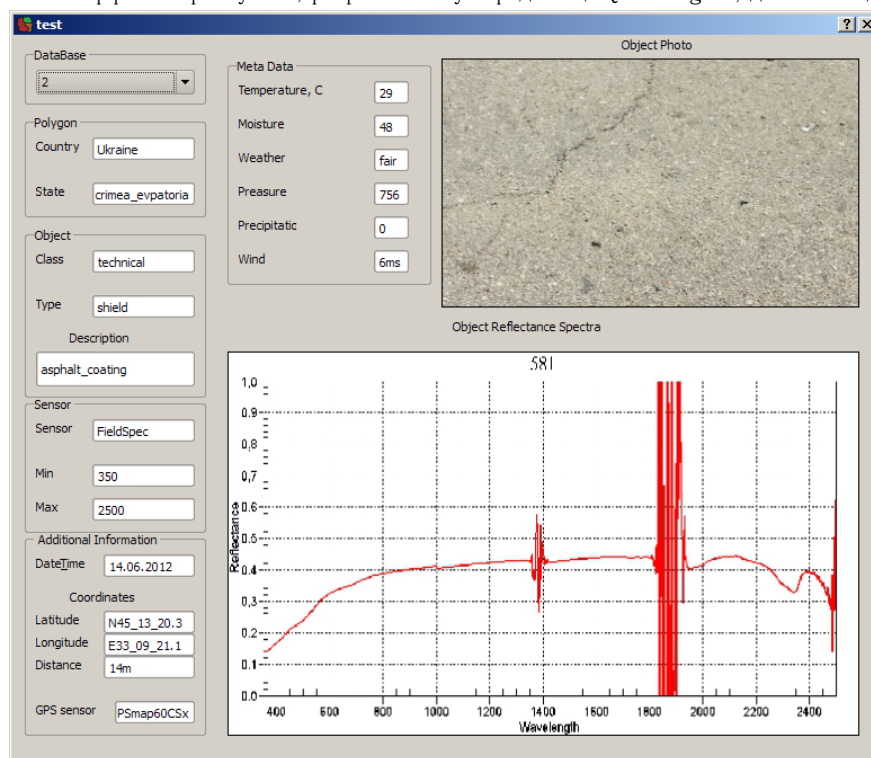


Рис. 7. Вихідна екранна форма для відображення у середовищі QGIS інформації з геоінформаційної бази даних підсупутникового калібрувального полігону за допомогою розробленого динамічного додатку до QGIS

динамічний додаток до QGIS для взаємодії користувача з середовища QGIS з об'єктно-реляційною БД та для відображення інформації з БД із застосуванням технологій об'єктно-орієнтованого програмування та PostgreSQL. Розроблено функціонально-алгоритмічну частину додатку та інтерфейс взаємодії користувача з середовища QGIS з об'єктно-реляційною БД. Проведено тестування створеного програмного засобу у різних операційних системах та у різних версіях системи QGIS. Створюване програмне забезпечення післястартового калібрування бортових оптико-електронних сенсорів з використанням підсупутникового калібрувального полігону є вільним і відкритим, що не вимагає для його реалізації комерційних ліцензійних програмних засобів, крім операційної системи.

1. Зельк Я.И., Яценко В.А., Набивач В.Е., Семенов О.В., Подгородецкая Л.В. Создание контрольно-калибровочного полигона подспутниковой поддержки // Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики». — 2013. — № 6. — С. 123–141.
2. Зельк Я.И. Информационно-технологическая поддержка послестартовой калибровки оптико-электронных сенсоров наблюдения космической системы «Сич» // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2013. — № 5. — С. 27–38.
3. Зельк Я.И. Создание средств и разработка методик послестартовой калибровки оптических средств космического наблюдения космической системы «Сич» // Вісник Астрономічної школи. — 2013. — 9. — С. 93–101.
4. Popov M.O., Stankevich S.A., Zyelyk Ya.I., Sklyar S.V., Semenov O.V. Spectral response in-flight estimation of Sich-2 multispectral satellite system // Український журнал дистанційного зондування Землі. — 2014. — №1. — Р. 16–17.
5. Зельк Я.И., Чорний С.В., Коваленко О.О. Програмне забезпечення для радіометричного калібрування багатоспектральних оптичних систем дистанційного зондування Землі за перехресним методом // 14-а Українська конференція з космічних досліджень. Ужгород, 8–12 вересня 2014 р. Тези доповідей конференції. — Київ: ІКД НАН України та ДКА України, 2014. — С.140.
6. Попов М.О., Станкевич С.А., Зельк Я.И., Шкляр С.В., Семенов О.В. Калібрування спектральної чутливості сенсора багатоспектральної супутникової системи “Січ-2” за наземними спектрометричними вимірюваннями: попередні результати // Космічна наука та технологія. — 2012. — 18, № 5. — Р. 59–65.
7. QGIS User Guide // Выпуск 1.8.0. — 2013. — 283 с. [http://gis-lab.info/docs/qgis/user\\_guide/qgis-1.8.0\\_user\\_guide\\_ru.pdf](http://gis-lab.info/docs/qgis/user_guide/qgis-1.8.0_user_guide_ru.pdf).
8. PostgreSQL. 2013. <http://www.postgresql.org/>.
9. PostgreSQL 9.3.1 Documentation // The PostgreSQL Global Development Group. 2013. — 2804 p.
10. Уорсли Дж., Дрейк Дж. PostgreSQL. Для профессионалов. — СПб.: Питер, 2003. — 496 с.
11. Dobias M. Документация PyQGIS // GIS-Lab.info. — 2012. — 78 с.
12. Прохоренко Н. Python 3 и PyQt. Разработка приложений. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 704 с.
13. Summerfield M. Rapid GUI Programming with Python and Qt. The Definitive Guide to PyQt Programming. Pearson Education, Inc. — 2008. — 643 p.
14. QT Designer manual. — 2013. <http://qt-project.org/doc/qt-4.8/designer-manual.html>

Надійшла до редакції 11.11.2014