

**С.В. Скакун**

Інститут космічних досліджень НАН України та НКА України, Київ

## **WEB-СИСТЕМА РЕГІОНАЛЬНОГО ЦЕНТРУ ПІДТРИМКИ ПРОГРАМИ UN-SPIDER В УКРАЇНІ**



*Наведені результати виконання науково-технічного проекту НАН України. Проектом передбачено створення інформаційного ресурсу моніторингу надзвичайних ситуацій та впровадження системи оцінки ризику повеней в Україні за супутниковими, наземними та модельними даними на базі регіонального центру підтримки програми ООН щодо використання космічної інформації для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій та екстреного реагування (UN-SPIDER).*

*Ключові слова: інформаційні технології, обробка геопросторових даних, розподілена система, моніторинг надзвичайних ситуацій.*

На сьогоднішній день все більше уваги приділяється операційній передачі кінцевим споживачам геоінформаційних продуктів на основі даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу. Серед існуючих ініціатив варто виділити глобальну «систему систем» GEOSS (Global Earth Observation System of Systems) та Європейський проект GMES (Global Monitoring for Environment and Security). В межах GMES надаються преопераційні сервіси за декількома напрямками: надзвичайні ситуації (проект SAFER, <http://www.emergencyresponse.eu>), моніторинг суходолу (проект Geoland2, <http://www.gmes-geoland.info>), моніторинг морів та океанів (проект MyOcean, <http://www.myocean.eu>), моніторинг атмосфери (проект MAAC, <http://www.gmes-atmosphere.eu>). Для надання подібних сервісів необхідна інформаційна інфраструктура, яка дозволяє отримувати та спільно використовувати об'єктивну інформацію про процеси на Землі у неперервному режимі та у різному географічному маш-

табі: історичні дані для аналізу трендів та побудови прогнозних моделей і дані в режимі реального часу. На даний момент подібні системи в Україні відсутні. Існують окремі компоненти, які між собою неузгоджені, використовують різні стандарти представлення та обміну даними і зазвичай недоступні широкому колу користувачів. Інша задача, яка виникає при застосуванні даних та продуктів ДЗЗ, — їх верифікація. Це особливо важливо при попередженні та ліквідації надзвичайних ситуацій, де від точності наданої інформації може залежати життя людей. В даній статті розглянуто результати виконання науково-технічного проекту НАН України, в межах якого створено інформаційний ресурс, який інтегровано з відповідними світовими інформаційними ресурсами, та впроваджено систему оцінки ризику повеней в Україні за супутниковими, наземними та модельними даними на базі регіонального центру підтримки програми Організації Об'єднаних Націй (ООН) щодо використання космічної інформації для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій та екстреного реагування (UN-SPIDER).

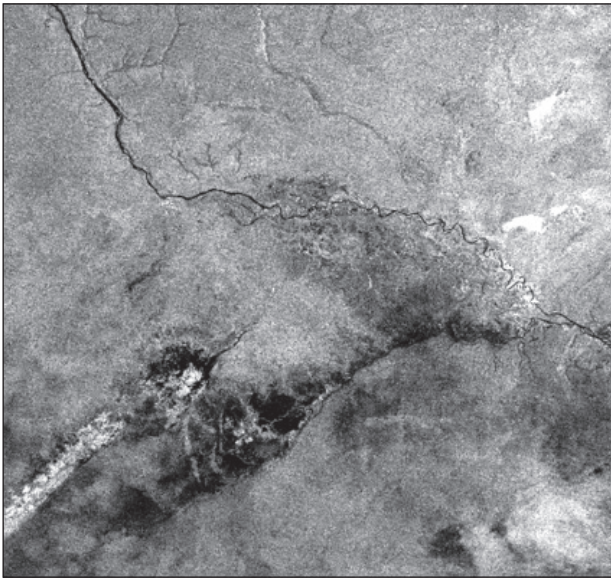


Рис. 1. Дані супутника Envisat/ASAR

## 1. ІНТЕГРАЦІЯ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ ТА НАЗЕМНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПОВЕНЕЙ

### 1.1. Вимоги до верифікації продуктів ДЗЗ

Використання продуктів обробки супутникових даних неможливе без відповідної їх верифікації. Це особливо актуально для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій. До процесу верифікації геоінформаційних продуктів, отриманих на основі обробки даних ДЗЗ, висувають певні вимоги (Об'єднаний дослідницький центр Європейської комісії [1]). До них, зокрема, належать:

- + надійність інформації, яка надається: *тематична точність, позиційна точність;*
- + сумісність інформації: *несуперечливість даних;*
- + застосовність інформації: *масштаб використання, область покриття, обмеження щодо використання;*

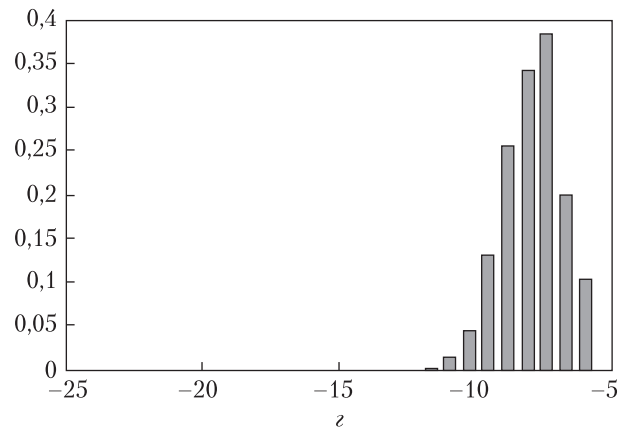
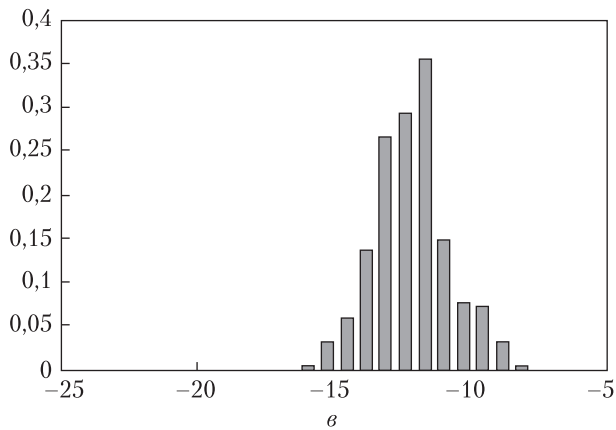
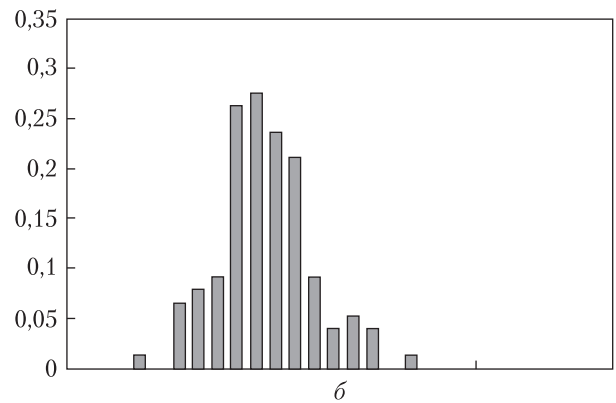
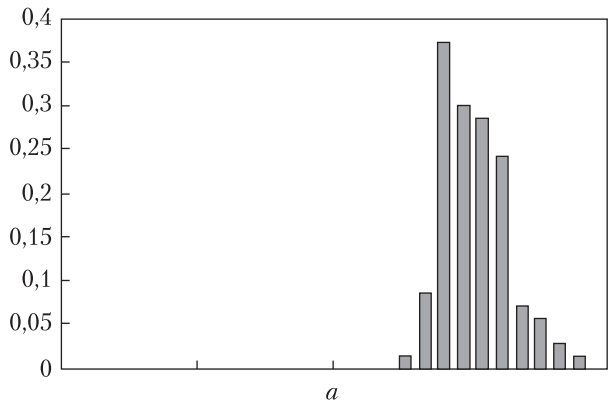


Рис. 3. Гістограма значень коефіцієнта зворотного розсіювання (у dB) на радіолокаційному зображенні Envisat/ASAR для: *a* – підтопленої рослинності; *б* – відкритої води; *в* – пісків та відкритих ґрунтів; *г* – рослинності

† ефективність сервісів: *час доступу до сервісу, вартість сервісів.*

Для забезпечення максимального масштабу використання методу картографування повеней за супутниковими радіолокаційними даними в межах створеного в Україні регіонального центру підтримки програми UN-SPIDER верифікацію методу проведено як для України, так і для інших регіонів світу. Для цього в межах наукових грантів та міжнародного співробітництва безкоштовно отримано радіолокаційні супутникові дані Envisat/ASAR та RADARSAT-2. Верифікація методу для різних регіонів світу дозволила його використовувати для картографування повеней при активаціях міжнародної Хартії «Космос та стихійні лиха» («Space and Major Disaster») та в межах системи GEOSS (напрямок «Стихійні лиха») за участі представників України. Успішна міжнародна діяльність та участь у міжнародних проєктах та ініціативах дає можливість зміцнити позиції України в області використання космічної інформації для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій.

### **1.2. Верифікація методу картографування повеней за супутниковими радіолокаційними даними з використанням наземних даних**

У даному підрозділі розглянемо питання верифікації нейромережевого методу картографування повеней за супутниковими радіолокаційними даними [2–6] з використанням наземних даних. Для верифікації методу використано два підходи: *перший* полягає у зборі наземних даних з використанням пристрою GPS та фотокамери; *другий* — у крос-верифікації з використанням оптичних супутникових даних.

Наземні дані для верифікації методу картографування повеней за супутниковими радіолокаційними даними було зібрано представниками Інституту космічних досліджень (ІКД) НАНУ—НКАУ. Для збирання даних було використано смартфон із вбудованим пристроєм GPS для геоприв'язки об'єктів та фотокамерою для зйомки місцевості. Інформацію про

різні типи підстилаючої поверхні та різні види затоплених територій (наприклад, затоплена рослинність) було зібрано на суші, безпосередньо біля водної поверхні (на човні) та з літака.

Для верифікації та крос-верифікації було отримано такі радіолокаційні та оптичні супутникові дані:

- † радіолокаційні: Envisat/ASAR, режим Wide Swath Mode, просторова розрізненість — 150 м, дата зйомки — 30 січня 2010 р. (рис. 1);
- † оптичні: Landsat-5/TM, просторова розрізненість — 30 м, дата зйомки — 26 січня 2010 р. (рис. 2, див. кольорову вклейку).

Радіолокаційні супутникові дані Envisat/ASAR було орторектифіковано з використанням цифрової моделі рельєфу SRTM та перетворено до значення оберненого коефіцієнта зворотного розсіювання ( $\sigma$  dB) [3]. Дані супутника Landsat-5/TM поставляються геометрично та радіометрично відкоригованими. Зазначені супутникові дані надаються безкоштовно Європейським космічним агентством (ЄКА) та Геологічною службою США (USGS).

При отриманні наземних даних фіксувалися такі параметри: дата та час наземної зйомки; широта; довгота; висота над рівнем моря та відповідні точності пристроєм GPS. Методом співставлення дати та часу фотозйомки і дати та часу точки з географічними координатами з кожною фотографією поставлено у відповідність широту, довготу та висоту над рівнем моря. Таким чином, було виконано геоприв'язку кожної фотографії, що давало змогу виконати верифікацію розробленого підходу. В межах наземної місії було отримано 160 фотографій з різними видами підстилаючої поверхні та покрито шлях у 1500 км.

Для візуалізації результатів наземних спостережень та отриманих супутникових даних використовувалось програмне забезпечення (ПЗ) Google Earth. Для цього було створено відповідні файли у форматі KML (Keyhole Markup Language), що відповідають міжнародним стандартам консорціуму OGC (Open Geospatial Consortium) [7].



Рис. 4. Дані супутника Radarsat-2



Рис. 7. Карта русла ріки Дніпро, отримана 13 квітня 2010 р. на основі даних супутника EO-1

Для кількісного аналізу інтеграції різнорідних даних та верифікації розробленого методу побудовано гістограми значень коефіцієнта зворотного розсіювання для різних типів підстилаючої поверхні (рис. 3). З гістограми рис. 3 видно, що тип «*відкрита вода*» можна досить легко відокремити від інших типів. Експерименти показують, що точність картографування затоплених тери-

торій (тобто точність вірно класифікованих пікселів на класи «*вода*» та «*суша*») складає не менше 98 % для радіолокаційних зображень супутника Envisat/SASR у режимі Wide Swath Mode та не менше 95 % для зображень супутників Radarsat-1/2 [3, 5, 6]. Водночас ідентифікація територій з підтопленою рослинністю з використанням лише одного радіолокаційного зображення майже неможлива. Для цього необхідно мати декілька різночасових зображень та застосовувати методи аналізу змін [8].

Крос-верифікація методу полягає у порівнянні отриманих карт затоплень на основі радіолокаційних та оптичних супутникових даних. При цьому використовувалися такі дані:

- + радіолокаційні: Radarsat-2, режим Ultra Fine Mode, просторове розрізнення — 3 м, дата зйомки — 17 лютого 2009 р. (рис. 4);
- + оптичні: Landsat-5/TM, просторове розрізнення — 30 м, дата зйомки — 17 лютого 2009 р. (рис. 5, див. кольорову вклейку);

На основі цих даних було побудовано карти затоплених територій. Порівняльний аналіз показує збіг 95 % пікселів, що відповідає результатам, отриманим для даних Radarsat-1/2.

## 2. МОНІТОРИНГ ПОВЕНЕЙ В УКРАЇНІ У 2010 році

Для моніторингу повеней в Україні 2010 р. отримано радіолокаційні та оптичні супутникові дані. Радіолокаційні супутникові дані Envisat/ASAR використовувалися для моніторингу снігового покриву. Зокрема, було розроблено методи ідентифікації снігового покриву за радіолокаційними супутниковими даними. Супутникові дані поділені на такі класи: вода/лід/сніг; ліс; населені пункти/інфраструктура/рельєф місцевості; сніговий покрив. В свою чергу, оптичні супутникові дані EO-1/ALI використано для ідентифікації водних об'єктів та русла річок (зокрема, р. Дніпро для території Києва, рис. 6, див. кольорову вклейку). Ця інформація використовувалася для верифікації гідрологічних моделей при моделювання розливу річок. На рис. 7 представлено інформацію про водні поверхні, яка отримана 13 квітня 2010 р. на

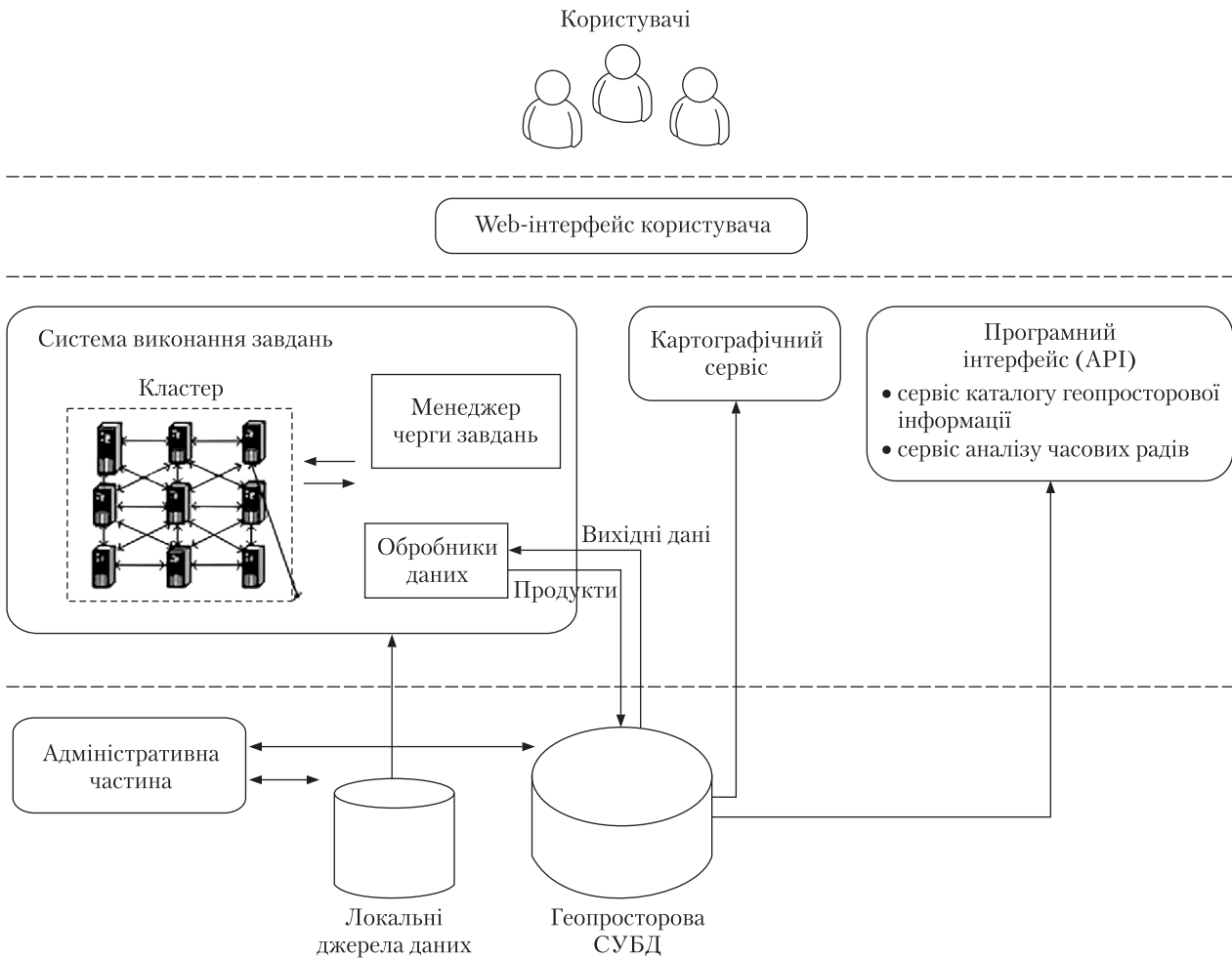


Рис. 8. Архітектура системи моніторингу надзвичайних ситуацій

основі супутникових даних EO-1. Розроблені сервіси надано Міністерству з питань надзвичайних ситуацій України, РНБО України та УкрГМЦ, а також в регіональний центр підтримки програми UN-SPIDER в Україні.

### 3. ІНФОРМАЦІЙНИЙ РЕСУРС ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЕРЖАВНИМИ ОРГАНАМИ ТА МІЖНАРОДНИМИ ОРГАНІЗАЦІЯМИ

#### 3.1 Архітектура системи

Основна мета створення інформаційного ресурсу полягає у формуванні системи, яка повинна надавати інформаційні продукти моніторингу надзвичайних ситуацій на регулярній

основі з залученням даних ДЗЗ. Визначальними перевагами такої системи є:

- ✦ динамічне формування контенту системи;
- ✦ зручні засоби візуалізації геопросторової інформації та роботи із системою;
- ✦ використання міжнародних стандартів щодо обміну та надання інформації.

Архітектуру розробленої системи представлено на рис. 8. Система складається з таких рівнів: рівень роботи користувача; рівень бізнес-логіки, який забезпечує основну функціональність по обробці та наданню даних та продуктів обробки; рівень даних. Діаграму послідовностей використання системи (у термінах UML) представлено на рис. 9.

### 3.2. Компоненти системи

На основі функціональної декомпозиції системи виділено такі її компоненти [9]:

- + підсистема взаємодії із користувачами (Web-портал);
- + серверна підсистема, яка забезпечує обробку запитів та відповідає про виконання завдань;
- + підсистема керування вмістом (адміністративна частина);
- + підсистема підтримки баз даних (БД) із відповідними програмними інтерфейсами для доступу до даних.

При розробці клієнтської Web-системи та адміністративної підсистеми використовувались JavaScript-бібліотеки OpenLayers і Prototype. Використання технології AJAX дозволяє динамічно змінювати частини web-сторінки, при цьому сама сторінка не перезавантажується. Система працює в браузерах Internet Explorer 6 і вище, Firefox, Google Chrome, Safari та Opera. В панелі управління користувачького інтерфейсу розміщено розділи «Супутник» та «Тип НС» для вибору наявних супутникових даних та продуктів їх обробки і різних видів надзвичайних ситуацій (НС); розділи «Дата» та «Пе-

риод» для пошуку відповідно по даті або за період; розділ «Груповий пошук» для пошуку по географічному регіону (рис. 10).

Як web-сервер системи було використано безкоштовний, масштабований, неблокуючий web-сервер Tornado для підтримки режиму реального часу. Програмний інтерфейс API (Application Programming Interface) взаємодії з сервером побудовано на основі стандартного протоколу HTTP (HyperText Transfer Protocol). Для виклику методів інтерфейсу використовується GET-запит до сервера, а для передачі результатів виклику методу (тобто обробки запитів) – формат JSON. Програмний інтерфейс реалізовано на мові програмування Python в межах програмного каркасу Django. Перевагами даного каркасу є його висока надійність, здатність працювати у режимі високого навантаження, зручність та простота створення сервісів.

Для зберігання геопросторових даних, зокрема супутникових знімків та продуктів їх обробки, використовували геопросторову реляційну СУБД (система управління бази даних). В результаті аналізу існуючих рішень обрана така модель зберігання даних, за якою в реля-

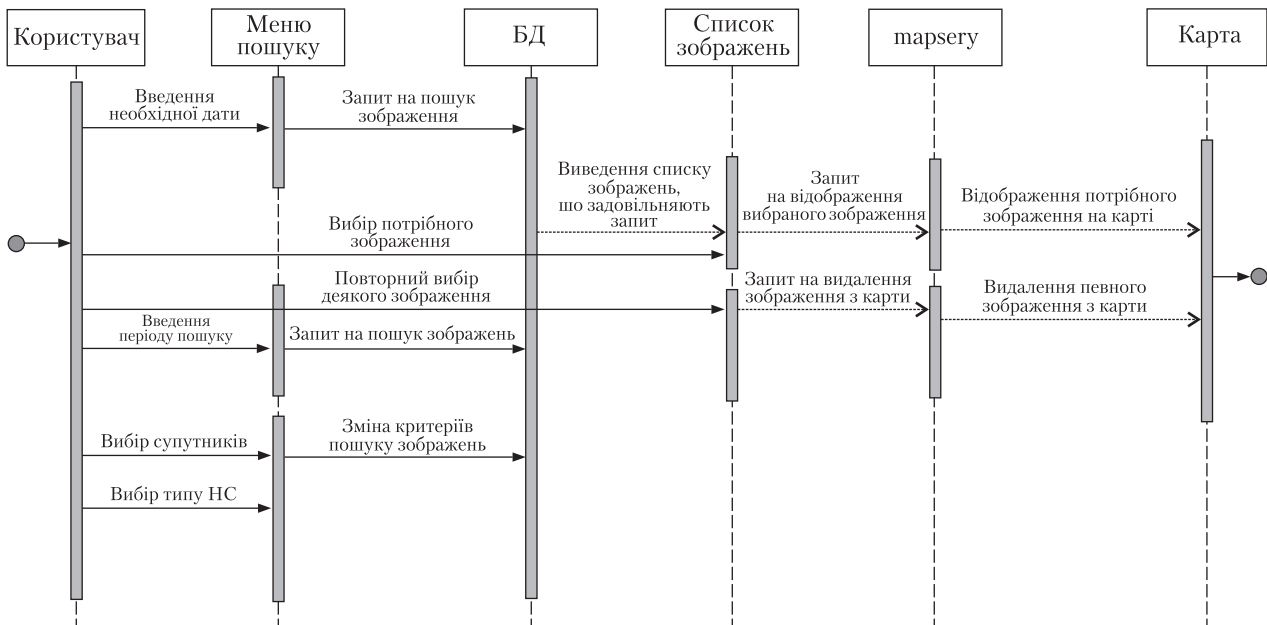


Рис. 9. Діаграма послідовностей використання системи

ційній БД зберігаються лише метадані та посилання на дані, а власне супутникові дані зберігаються в окремому мережевому сховищі даних. У порівнянні з моделлю зберігання усіх даних під управлінням СУБД обрана модель має недоліки, пов'язані з гарантуванням цілісності БД. На жаль, на сьогодні рішення, що передбачають зберігання самих геопросторових даних у БД з підтримкою необхідних операцій над даними (вибірки підмножини даних, змінення просторового розрізнення, перепроєктування тощо) знаходяться на стадії розробки. З огляду на ці обставини реальних альтернатив окремого зберігання метаданих та даних, на наш погляд, не існує. Для зберігання даних обрана реляційна СУБД PostgreSQL, оскільки крім типової функціональності вона дає можливість ефективно зберігати геопросторові векторні дані та має розширення для зберігання слабкоструктурованих даних. Для зберігання географічної області покриття знімків та продуктів, а також координат наземних об'єктів було використано розширення PostGIS для реляційної СУБД PostgreSQL. Розширення PostGIS включає підтримку просторових індексів R-Tree/GiST і функції обробки геопросторових даних. Геопросторові об'єкти, що підтримуються PostGIS, є надмножиною так званих *простих об'єктів* (Simple Features), визначених консорціумом OGC. В рамках даної роботи використано об'єкти PostGIS Point для зберігання координат наземних станцій та Polygon для представлення області, яку займає кожен шар даних, а також для зберігання границь наземних об'єктів (наприклад, областей та районів). Для реалізації програмних інтерфейсів для доступу до БД використано CGI-додатки на мові програмування Python. Ці додатки забезпечують функціональність по додаванню/видаленню шарів, пошуку шарів за іменем, датою зйомки, подією, супутником тощо.

Візуалізація геопросторових даних в системі моніторингу побудована згідно з міжнародними стандартами OGC, зокрема, Web Map Service (WMS) та KML. WMS — це стандарт

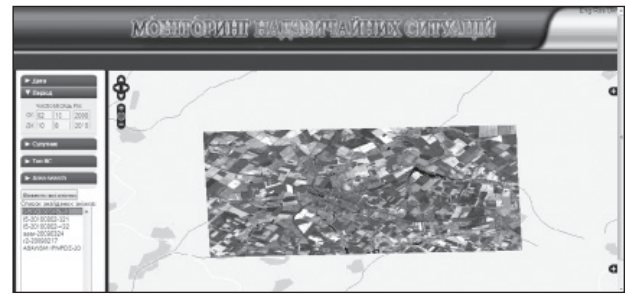


Рис. 10. Інформаційний ресурс для моніторингу НС

інтерфейсу запитів геоприв'язаних картографічних зображень з однієї або кількох розподілених баз геопросторових даних. Запити передаються за протоколом HTTP. Запит WMS визначає географічні шари і області, що становлять інтерес для обробки, цільову систему координат (проекцію). У відповідь на запит видається зображення у форматах JPEG, PNG тощо, які можуть відображатися в браузері. Інтерфейс також підтримує можливість накладання картографічних шарів з декількох серверів. Розроблений сервіс WMS функціонує на основі ПЗ MapServer ([www.mapserver.org](http://www.mapserver.org)), що є одним з найпопулярніших середовищ створення картографічних web-сервісів з відкритим кодом. Серед переваг ПЗ MapServer можна виділити такі: потужні інструменти конфігурації, роботи з геопросторовими системами управління базами даних (СУБД), підтримку великої кількості растрових і векторних форматів даних тощо. Mapserver підтримує специфікацію WMS версії 1.1.1, що є однією з найбільш вживаних.

## ВИСНОВКИ

Передбачено та обговорено створення системи прогнозування розвитку паводкової ситуації та інформаційного ресурсу для підтримки прийняття рішень державними органами та міжнародними організаціями (UN-SPIDER). Зокрема, для оцінки ризику паводкової ситуації в період від 1 січня до 30 квітня 2010 р. отримано близько 30 супутникових зображень Envisat/ASAR, що покривають різні регіони Украї-

ни. Супутникові дані поділяються на такі класи: вода/лід/сніг; ліс; населені пункти/інфраструктура/рельєф місцевості; сніговий покрив. Крім того, з огляду на великий ризик паводку у м. Києві навесні 2010 р. через новостворений регіональний центр підтримки програми ООН UN-SPIDER американському космічному агентству NASA замовлено та безкоштовно отримано три оптичні зображення супутника EO-1 (Earth Observing 1) з просторовим розрізненням 15 м. На цих знімках відображено актуальну інформацію щодо русла р. Дніпро та новостворених об'єктів, в тому числі дамб, що дає можливість більш точно проводити гідрологічне моделювання та картографувати затоплені регіони. Слід відзначити, що використання сучасних інформаційних технологій дало можливість надати користувачам геоінформаційні продукти протягом 12 год після отримання даних та протягом 24 год з моменту планування супутникової зйомки.

Створено систему, яка надає інформаційні продукти щодо моніторингу надзвичайних ситуацій на регулярній основі з залученням даних ДЗЗ. Основними перевагами системи є можливість динамічного формування контенту системи, забезпечення зручних засобів візуалізації геопросторової інформації та роботи із системою, використання міжнародних стандартів щодо обміну та надання інформації.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Zeil P. Validation of geo-information products for crisis management // Second international workshop. — JRC Ispra, 12-13 October 2010.
2. Куссиль Н.М., Скакун С.В., Шелестов А.Ю. Геоінформаційна інфраструктура моніторингу навколишнього середовища та надзвичайних ситуацій // Наука та інновації. — 2010. — Т. 6, № 4. — С. 13–20.
3. Скакун С.В. Геоінформаційний сервіс моніторингу паводків за супутниковими даними // Наука та інновації. — 2010. — Т. 6, № 4. — С. 21–28.
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 (Kras-

simir Markov, Vitalii Velychko editors). — ITHEA, Sofia, Bulgaria, 2010. — P. 64–92.

5. Skakun S. A Neural Network Approach to Flood Mapping Using Satellite Imagery // Computing and Informatics. — 2010. — Vol. 29, No. 3 — P. 1001–1012.
6. Kussul N., Shelestov A., Skakun S. Flood Monitoring on the Basis of SAR Data // In F. Kogan, A. Powell, O. Fedorov (Eds.) «Use of Satellite and In-Situ Data to Improve Sustainability». — NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, Dordrecht, The Netherlands, 2011. — P. 19–29.
7. OGCKML. — <http://www.opengeospatial.org/standards/kml>.
8. Solbo S., Solheim I. Towards operational flood mapping with satellite SAR // Proc. 2004 Envisat & ERS symposium, Salzburg, Austria, 2004.
9. Куссиль Н.Н., Шелестов А.Ю. Grid-системы для задач исследования Земли. Архитектура, модели и технологии. — К.: Наук. думка, 2008. — 452 с.

С.В. Скакун

#### WEB-СИСТЕМА РЕГІОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА ПОДДЕРЖКИ ПРОГРАММИ UN-SPIDER В УКРАЇНІ

Представлены результаты выполнения научно-технического проекта НАН Украины. Проектом предусмотрено создание информационного ресурса мониторинга чрезвычайных ситуаций и внедрение системы оценки риска наводнений в Украине с использованием спутниковых, наземных и модельных данных на базе регионального центра поддержки программы ООН по использованию космической информации для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и экстренного реагирования (UN-SPIDER).

*Ключевые слова:* информационные технологии, обработка геопространственных данных, распределенная система, мониторинг чрезвычайных ситуаций.

S.V. Skakun

#### A WEB SYSTEM FOR UN-SPIDER REGIONAL SUPPORT OFFICE

The results of the National Academy of Sciences of Ukraine science and technology project are presented. An information resource for disaster monitoring was developed and a system for flood risk assessment in Ukraine was implemented for regional support office of the United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response

*Key words:* information technology, geospatial data processing, disaster monitoring.

Надійшла до редакції 10.02.11