

Список використаних джерел

1. Дехтяренко Ю. Ф., Лихогруд М. Г., Манцевич Ю. М., Палеха Ю. М. Методичні основи грошової оцінки земель в Україні : навч.-метод. посіб. Київ : Профі, 2007. 624 с.
2. Економіко-математичне моделювання : навч. посіб. / В. В. Вітлінський та ін. ; за заг. ред. В. В. Вітлінського. Київ : КНЕУ, 2008. 536 с.
3. Про експертну грошову оцінку земельних ділянок : Постанова Кабінету Міністрів України від 11.10.2002 р. № 1531. Дата оновлення: 10.11.2012 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1531-2002-%D0%BF#Text>
4. Про оцінку земель України : Закон України від 11.12.2003 р. № 1378-IV. *Відомості Верховної Ради України*. 2004. № 15. Ст. 229.

УДК 528.94:631.4:504.5

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ҐРУНТІВ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ

Люсак А.В., канд. техн. наук, доцент

Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне

e-mail: a.v.lysak@nuwm.edu.ua

Війна, що триває в Україні з 2014 року і загострилася повномасштабним вторгненням у 2022 році, докорінно змінила середовище ведення моніторингу ґрунтів. Ґрунти – ключовий невідновний ресурс країни – зазнали механічних руйнувань, зміни структури генетичних горизонтів, втрати гумусу, ущільнення, засмічення уламками, а також забруднення важкими металами, пально-мастильними матеріалами, боєприпасами та токсичними продуктами вибухів. [2, с. 21].

Військові дії значно впливають на довкілля: руйнування інфраструктури, місцеві пожежі, розриви снарядів, залишки палива й мастил, що спричиняють локальні та транскордонні забруднення ґрунтів. Оцінка та моніторинг стану ґрунтового покриву в таких умовах ускладнюється обмеженим доступом, високою динамічністю змін і потребою швидкого прийняття рішень щодо захисних та відновлювальних заходів. Геоінформаційні системи (ГІС) та технології дистанційного зондування (ДЗЗ) дають змогу отримувати просторово-часову інформацію, необхідну для оцінки ризиків, пріоритизації інспекцій і планування відновлення [1, 2].

Саме тому геоінформаційне забезпечення стало основним механізмом часткового заміщення польових досліджень завдяки збору інформації за ДЗЗ (Sentinel, Copernicus,

Landsat), створенню цифрових шарів руйнувань ґрунтів на рівні громад, інтеперабельності із земельним і містобудівним кадастрами, хмарному резервуванню та етичному застосуванню штучного інтелекту при контролі якості геоконтурів. [4, с. 10]

В таких умовах важливо розробити концептуальну, а потім і практичну, модель геоінформаційного забезпечення системи моніторингу ґрунтів, яка враховує умови війни та потреби повоєнного відновлення: оперативність, безпеку доступу, гібридні джерела даних, методи автоматизованого виявлення змін і механізми підтримки прийняття рішень.

Розробка систем моніторингу ґрунтів заснована на поєднанні класичних підходів ґрунтознавства з сучасними ГІС/ДЗЗ-методами [3, 4]. Longley та співавтори описали основні компоненти ГІС та їх застосування у просторовому аналізі [5]. Розвиток оперативного екологічного моніторингу у кризових ситуаціях описано у роботах, що стосуються екологічних ризиків при аваріях та надзвичайних ситуаціях [6]. Для питань, пов'язаних із забрудненням важкими металами та їх міграцією у ґрунтах, актуальні дослідження у галузі геохімії ґрунтів та транспортних процесів у схилах [7, 8].

Нормативно-методична база моніторингу та геоінформаційного забезпечення включає стандарти на картографічну продукцію, методики відбору та аналізу ґрунтових проб, а також правила щодо збирання та обробки просторових даних [9].

Як приклад, можемо розглянути басейн річки (умовної) - територія, яка містить як урбанізовані, так і сільськогосподарські території, має схилі комплекси й зазнала впливу бойових дій (ураження інфраструктури, пожежі, місця зберігання техніки).

Для проектування системи моніторингу доцільно використати такі джерела даних:

- **Дистанційні дані:** оптичні (Sentinel-2, Landsat 8/9), радіолокаційні (Sentinel-1), теплові та мультиспектральні знімки для картографування свіжих порушень поверхні та зміни рослинності [2; 10].
- **Польові дані:** геоприв'язані вибірки ґрунту з лабораторними аналізами на важкі метали (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni), рН, органічну речовину; інструментальні виміри (електропровідність, гамма-спектрометрія).
- **Датчики та IoT:** крайові станції для моніторингу вологості, температури, електропровідності ґрунту у критичних ділянках.
- **Картографічні шари:** цифрова модель рельєфу (ЦМР), ландшафтно-екологічні карти, кадастрові дані, мережі доріг й інфраструктури.

Пропонована архітектура може складатися з наступних модулів:

- **Збір даних (Data Ingestion)** – автоматизовані процеси отримання супутникових знімків, імпорт польових таблиць, прийом даних IoT.

- **Сховище просторових даних (Spatial Data Repository)** – просторові бази даних (PostGIS або еквівалент), версії даних, метадані.
- **Обробка та аналіз (Processing & Analytics)** – впорядкована послідовність робочих процесів (workflow) для попередньої обробки (атмосферна корекція, фільтрація радіолу, класифікація), алгоритми виявлення змін (change detection), моделі просторової інтерполяції (Kriging, IDW) та ризик-аналізу.
- **Валідація та контроль якості (QA/QC)** – порівняння супутникових індикаторів із польовими вимірами, статистичні оцінки похибок.
- **Інтерфейс користувача (Web/GIS Client)** – візуалізація шарів, інструменти для створення звітів, механізми доступу з розмежуванням прав.
- **Модуль підтримки прийняття рішень (DSS)** – сценарії пріоритизації ділянок, розрахунок зон втручання, рекомендації щодо заходів рекультивації.
- **Безпека та збереження (Security & Backup)** – шифрування, контроль доступу, **offline-режими для роботи в умовах обмеженого зв'язку.**

Впорядкована послідовність завдань, кроків і дій, що використовуються для досягнення мети (Workflow), в цьому випадку виглядатиме наступним чином:

1. Автоматичний завантажувач супутникових знімків щотижня / при надходженні нових матеріалів.
2. Попередня обробка знімків, обчислення індексів (NDVI, NBR).
3. Автоматичний модуль виявлення змін – отримання шарів «свіжі порушення» та «потенційні зони забруднення».
4. Планування польових робіт: система визначає пріоритетні точки відбору проб на основі індексу ризику.
5. Завантаження результатів лабораторних аналізів у ГІС-базу; виконання просторової інтерполяції.
6. Оновлення карт ризику та генерація звіту з рекомендаціями (сценарії: локальна рекультивація, ізоляція, детоксикація).
7. Публікація результатів для зацікавлених сторін (влада, громади) через веб-портал з обмеженим доступом.

Перевагами запропонованого підходу є:

- **Гнучкість:** поєднання супутникових даних та польових вимірів дозволяє працювати навіть за ускладненого доступу на місцевість.
- **Оперативність:** автоматизовані процедури виявляють «гарячі» ділянки для першочергового реагування.

- Прозорість та реплікованість: відкриті стандарти даних та метадані сприяють координації між установами.

Недоліками слід вважати:

- Обмежений доступ до деяких ділянок (безпека) знижує кількість валідаційних проб.
- Хмарність та інші атмосферні явища можуть ускладнювати оптичний моніторинг (компенсується радарними даними).
- Потреба в навчанні персоналу для роботи з ГІС-інструментами та інтерпретації результатів.

Потрібно також враховувати ризики витоку чутливої інформації (позиції інфраструктури, військові об'єкти).

Запропонована система має механізми доступу й відокремлення даних. Також слід розробити систему взаємодії з місцевими громадами, а саме залучення для прийняття рішень та інформування про ризики.

Пілотний проєкт на обмеженій території для перевірки робочих процесів повинен:

- Забезпечити інтеграцію з національними/регіональними кадастровими та екологічними базами даних.
- Містити обов'язкову вимогу налагодження регулярної освіти для фахівців. Університети мають стати основними центрами збору та аналізу даних. Форми участі: польові практики з відбору проб ґрунтів; дешифрування супутникових знімків; розроблення ГІС-шарів; моделювання ризиків у середовищі ArcGIS та QGIS.
- Запровадити політику кібербезпеки та класифікацію даних.
- Розробити шаблони звітів для органів місцевого самоврядування та міжнародних донорів (звітність щодо потреб у відновленні).

Отже, геоінформаційне забезпечення системи моніторингу ґрунтів у військових та повоєнних умовах є критично необхідним інструментом для оперативної оцінки екологічних ризиків та планування відновлювальних заходів. Поєднання супутникового моніторингу, геоприв'язаних польових вимірів та аналітичних ГІС-інструментів дозволяє створити працездатну платформу, яка забезпечує: виявлення та пріоритизацію проблемних ділянок, підґрунтя для прийняття рішень відносно рекультивациі, прозорість та координацію дій між зацікавленими сторонами. Подальші роботи мають бути спрямовані на тестування підходу в реальних умовах, оптимізацію моделей інтерполяції та розробку практичних протоколів відбору проб у небезпечних умовах.

Список використаних джерел

1 Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W. *Geographic Information Systems and Science*. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2005.

2. ESA. *Sentinel-2 User Handbook*. European Space Agency, 2015.
3. Smith K., Jones A. *Soil contamination and remediation: principles and practice*. London: Academic Press, 2012.
4. Oliver M.A., Webster R. *Kriging: A method of interpolation for geographical information systems*. In: *Geostatistics for Environmental Scientists*. Springer, 2014.
5. Goodchild M.F. *GIS and environmental monitoring*. *Environmental Modelling & Software*, 2007; 22(4): 345–351.
6. United Nations Environment Programme (UNEP). *Post-Conflict Environmental Assessment: Framework and methods*. UNEP, 2010.
7. Kabata-Pendias A. *Trace Elements in Soils and Plants*. 4th ed. CRC Press, 2011.
8. Alloway B.J. *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. 3rd ed. Springer, 2013.
9. ДСТУ 8302:2015. Система документального забезпечення управління. Вимоги щодо оформлення бібліографічних посилань та списку використаних джерел. Київ: Держспоживстандарт України, 2015.
10. Jensen J.R. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. 2nd ed. Prentice Hall, 2007.

УДК 332.3:631.6

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ В МЕЖАХ ТЕРИТОРІЙ ОРГАНІЗАЦІЙ ВОДОКОРИСТУВАЧІВ

Ліщинський А.Г., канд. техн. наук, доцент

e-mail: a.g.lischinskiy@nuwm.edu.ua

Шульган Р.Б., канд. техн. наук, доцент

e-mail: r.b.shulhan@nuwm.edu.ua

Ніколайчук К.М., канд. техн. наук, доцент

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

e-mail: k.m.nikolaichuk@nuwm.edu.ua

Постановка проблеми. Україна володіє значним меліоративним фондом, який складають землі в межах меліоративних систем, як зрошувальних, так і осушувальних. Більшість таких систем була побудована у другій половині минулого століття і на сьогодні потребує комплексної реконструкції, оскільки впродовж кількох останніх десятиліть