

## Сценарне моделювання критичних змін еколого-економічного стану тимчасово окупованих територій, як фактору національної безпеки України, на основі супутникових даних

### Based on satellite data scenario modeling of critical changes in the ecological and economic state of temporarily occupied territories as a factor of national security of Ukraine

1. **Номер державної реєстрації:** 0122U001437

2. **Науковий керівник** (вчений ступінь, звання) (укр., англ.)

Новіков Олексій Миколайович, д.т.н., проф.

Novikov Oleksii, D.Sc., prof.

3. **Суть розробки, основні результати.** (укр., англ.).

В ході виконання НДР створено інформаційну систему моніторингу змін наземного покриття територій на основі супутникових даних. Систему інтегровано до складу Інформаційно-аналітичного ситуаційного центру КПП ім. Ігоря Сікорського.

Розроблено комплекс методів та моделей, на підставі яких проводиться оцінка ступеню трансформації типів наземного покриття, ідентифікуються критичні зміни, проводиться їхня класифікація за видом трансформації. Методи, які використовуються для ідентифікації трансформацій:

- порівняння знімків за різні часові проміжки із мануальною фіксацією змін;
- метод алгебри карт та метод оверлею, де першочергово проводиться класифікація знімків за типами наземного покриття, а вже потім проводиться алгебраїчне порівняння сталості покриття;
- моделі глибинного навчання для класифікації типів наземного покриття, ідентифікації цільових об'єктів тощо.

Система моніторингу критичних змін наземного покриття виконує збір та аналіз геопросторових даних щодо обраної території. Вона працює на двох типах джерел даних:

- композити супутника Sentinel-2, Landsat-8 та ін. – система за допомогою навчених моделей машинного навчання класифікує типи покриттів території;
- відкриті бази геопросторових даних, показники яких використовуються для аналізу та моніторингу змін покриттів.

Користувач обирає цільову територію, бажані типи покриттів для досліджень, а також ступінь зміни, яку він, як експерт, вважає критичною. Моніторинг відбувається в режимі реального часу появи нових даних щодо території, на періодичність впливає: захмарненість території, моменти фіксації території на відповідних супутниках, величина території тощо.

На підставі зібраних супутникових даних та відкритих даних із каталогізованих джерел був проведений ретроспективний аналіз трансформації типів наземного покриття територій 10 областей України, міста Києва та Севастополя, з метою виявлення критичних змін, які впливають на еколого-економічний стан та можуть становити загрозу національній безпеці України. На підставі аналізу отримано геопросторові шари ідентифікованих ділянок із значним ступенем трансформації та наявністю критичних змін. Були окремо попарно проаналізовані критичні трансформації між кожним роком із окремою увагою на критичних трансформаціях, які були викликані діями повномасштабної війни.

Побудовано геопросторові сценарні моделі критичних змін еколого-економічного стану досліджуваних територій, зокрема розроблено:

- моделі зміни водного покриття внаслідок руйнувань гідро-технічних споруд, представлено методи оцінки еколого-економічних наслідків;
- моделі і методи для оцінки та прогнозування стану полів тимчасово-окупованих територій;
- моделі для аналізу белігеративних ландшафтів як нових утворень на території України.

An information system for monitoring changes in the land cover of the territories based on satellite data was created. The system is integrated into the Information and Analytical Situation Center of the Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute.

A complex of methods and models has been developed, based on which the degree of transformation of land cover types is evaluated, critical changes are identified, and their classification by type of transformation is carried out. Methods used to identify transformations:

- comparison of images at different time intervals with manual fixation of changes;
- the method of map algebra and the overlay method, where the classification of images according to the types of land cover is performed first, and then an algebraic comparison of the permanence of the cover is carried out;
- deep learning models for classification of land cover types, identification of target objects, etc.

The system for monitoring critical land cover changes collects and analyzes geospatial data on the selected territory. It works on two types of data sources:

- composites of the Sentinel-2, Landsat-8, etc. satellites. – the system uses trained machine learning models to classify the types of land cover;
- open databases of geospatial data, the indicators of which are used for the analysis and monitoring of land cover changes.

The user selects the target area, the desired land cover types for research, and the degree of change that he, as an expert, considers critical. Monitoring takes place in real time as new data on the territory appear, the periodicity is affected by: cloudiness of the territory, moments of fixation of the territory on the relevant satellites, the size of the territory, etc.

On the basis of collected satellite data and open data from cataloged sources, a retrospective analysis of the transformation of land cover types of the territories of 10 regions of Ukraine, the city of Kyiv and Sevastopol was carried out in order to identify critical changes that affect the ecological and economic state and may pose a threat to the national security of Ukraine. Based on the analysis, geospatial layers of identified areas with a significant degree of transformation and the presence of critical changes were obtained. Critical transformations between each year were separately analyzed pairwise, with a separate focus on critical transformations that were caused by acts of full-scale war.

Geospatial scenario models of critical changes in the ecological and economic state of the studied territories were built, in particular, the following were developed:

- models of changes in the water cover due to the destruction of hydro-technical structures, methods of assessing ecological and economic consequences are presented;
- models and methods for assessing and forecasting the state of the fields of the temporarily occupied territories;
- models for the analysis of belligerent landscapes as new formations on the territory of Ukraine.

#### **4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.**

Згуровський М.З., Єфремов К.В., Гапон С.В., Пишнограєв І.О., Боровик К.В. Система показників для оцінки критичних змін еколого-економічного стану тимчасово окупованих територій // Україна. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір (подано на реєстрацію: вх. № 436857, дата одержання заявки 12.01.2024)

Згуровський М.З., Єфремов К.В., Гапон С.В., Пишнограєв І.О. Сценарії затоплення навколишніх територій при прориві дамби Каховської ГЕС // Україна. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір (подано на реєстрацію: вх. № 436823, дата одержання заявки 12.01.2024)

Гапон С.В., Боровик К.В. Тренувальний сет полігонів для навчання моделі ідентифікації меж сільськогосподарських полів // Україна. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір (подано на реєстрацію: вх. №436842, дата одержання заявки 12.01.2024)

#### **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

На відміну від аналізу ситуації при виконанні моніторингу дистанційними засобами техно-екосистем в створеному інструментарії застосовуються як окремі нейромережеві моделі, так і методи інтеграції нейронних мереж в середовище ГІС, що дає змогу

моделювати як трансформації окремих типів наземного покриття, так й ідентифікувати форми та контури об'єктів, що зазнали змін. Це значно підвищує точність вихідних геопросторових шарів та кінцевих сценарних моделей.

На відміну від аналогічних робіт, досліджуються не тільки урбанізовані території, але й аграрні та природоохоронні зони з використанням даних радарного знімання, що надає можливість змоделювати невеликі за площею території всіх типах наземного покриття. Крім того, створена система спрямована на ідентифікацію трансформації змін типів наземного покриття, її використання дозволило дослідити ряд критичних загроз еколого-економічного характеру з використанням методів дистанційного зондування землі, інтелектуального аналізу даних, глибинного навчання та сценарного моделювання, що розширює можливості запропонованих підходів. В ході виконання роботи проведено не тільки класифікацію типів наземного покриття, а зроблений повний аналіз та моделювання викликаних активними військовими діями структурних змін території.

В цілому дослідження актуалізує часовий проміжок проведення робіт та використовує ширший інструментарій опрацювання супутникових даних щодо шляхів екологічного розуміння динаміки поверхні Землі. Використання методів сценарного моделювання та аналізу великих обсягів даних відрізняє дане дослідження від робіт щодо вивчення соціально-економіко-екологічних трансформацій для менеджменту в екосистемах.

**6. Економічна привабливість для просування на ринок** (*вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники*).

Інформаційна система моніторингу змін наземного покриття територій на основі супутникових даних може використовуватися як незалежна система, так і в складі систем підтримки прийняття рішень, ситуаційних центрів різного цільового призначення, для розв'язання завдань стратегічного управління в сфері економіки, суспільних відносин, національної безпеки і оборони. Її інтеграція з програмно-технічними засобами ІАСЦ породжує спектр нових послуг подвійного призначення, серед яких надання доступу до інфраструктури Центру для розв'язання завдань моніторингу, прогнозування, передбачення та/або сценарного моделювання критичних змін еколого-економічного стану територій на основі супутникових даних, в яких зацікавлені суб'єкти забезпечення національної безпеки України.

**7. Потенційні користувачі** (*галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації*).

Керівництво територіальних громад, районів та областей України, Міністерство цифрової трансформації України, безпековий сектор.

**8. Стан готовності розробки** (*лабораторний або промисловий зразок, технічна документація, бізнес-план, готова до впровадження тощо із зазначенням технологічного рівня готовності (TRL)*).

Промисловий зразок.

**9. Існуючі результати впровадження.**

Елементи платформи використовуються у безпековому секторі.

**10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.**

ННЦ «Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку»

Тел. (044) 204 80 14

[mail@wdc.org.ua](mailto:mail@wdc.org.ua)

11. Фото (обов'язково) або кілька слайдів презентації з фото розробки в електронному вигляді (рекламного характеру).



Зміни наземного покриття між 2021 та 2022 роками



Спеціалізований дашборд для аналізу результатів системи моніторингу

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання (*вагомі:*

*монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації*).

M. Zgurovsky, K. Yefremov, S. Gapon, I. Pyshnograiev. Research of food security problems of the war-torn regions of Ukraine using geomatics methods. Системні дослідження та інформаційні технології, 2023, No 1. <https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2023.1.01>

Michael Zgurovsky and Ivan Pyshnograiev. Study of security trends of the global society based on intelligent data analysis. Системні дослідження та інформаційні технології. № 3. 2022. DOI: <https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2022.3.01>

M. Zgurovsky, K. Yefremov, S. Gapon and I. Pyshnograiev, "Modeling of Potential Flooding Zones with Geomatics Tools," 2022 IEEE 3rd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC), 2022, pp. 1-4, doi: <https://doi.org/10.1109/SAIC57818.2022.9923016>

13. Надати ключові слова до розробки

**СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ, НАЗЕМНИЙ ПОКРИВ, МОНІТОРИНГ, ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ, СЦЕНАРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ.**