

УДК 004.9

DOI [https://doi.org/10.15589/znp2024.2\(495\).13](https://doi.org/10.15589/znp2024.2(495).13)

DEVELOPMENT OF MODELS AND METHODS OF INFORMATION TECHNOLOGY FOR MONITORING SPATIALLY DISTRIBUTED EMERGENCIES IN NATURAL GEOSYSTEMS

РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
МОНІТОРИНГУ ПРОСТОРОВО-РОЗПОДІЛЕНИХ НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ В ГЕОСИСТЕМАХ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРУ**Vitor V. Prachik**

victorprachyk@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4820-6830

Olena M. Liashenko

olenakntu@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5429-8389

В. В. Прачик,

аспірант

О. М. Ляшенко,

канд. техн. наук, доцент

*Kherson National Technical University, Khmelnytskyi**Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький*

Abstract. The purpose of the work is to develop models and methods of information technology for monitoring spatially distributed emergencies in natural geosystems. The paper describes the main functional tasks of IT monitoring of emergencies and the main tasks of satellite monitoring of emergencies. Methods of recognizing high-resolution satellite images based on computer vision technology are described.

Method. In the development of IT monitoring of emergencies, image segmentation methods, image reconstruction and reconstruction methods, gradient method, contrast method or spatial differentiation method were used.

Results. An analysis of the main trends in the development of IT monitoring of emergencies was carried out. The basic functionality and principles of such IT are defined. Current trends in the construction, development and application of such IT have been identified.

Scientific novelty. The actual scientific and practical problem consisting in theoretical and methodological substantiation of approaches and principles of construction of IT monitoring of emergencies has been solved. The model of allocation of external borders of forest fires on satellite images on the basis of methods of computer vision, including detection of sources of fire and smoke, the method of segmentation of images is improved, which consists in allocation on the image of areas, each of which corresponds to a certain feature, the binary segmentation method is improved, which consists in allocation of areas of pixels belonging to one class.

Practical significance. It consists in the possibility of applying theoretical and methodological approaches and conclusions obtained within the framework of work for the development and implementation of IT monitoring of emergencies.

The results obtained are a certain contribution to the development of the mathematical apparatus for analyzing and recognizing images in satellite images, the theory of pattern recognition and object classification.

The target nature, focus on specific tasks of monitoring emergencies, the completeness of the developments determined the practical significance of the research results and recommendations for their use.

Key words: monitoring emergencies; segmentation method; computer vision; gradient method.

Анотація. Метою роботи є розроблення моделей та методів інформаційної технології моніторингу просторово-розподілених надзвичайних ситуацій в геосистемах природного характеру. В роботі описано основні функціональні завдання ІТ моніторингу НС та основні завдання супутникового моніторингу НС. Описано методи розпізнавання супутникових знімків високої роздільної здатності на основі технології комп'ютерного зору.

Методика. При розробці ІТ моніторингу НС були використані методи сегментації зображень, методи відновлення та реконструкції зображень, градієнтний метод, метод контрастування або метод просторового диференціювання.

Результати. Проведено аналіз основних тенденцій розвитку ІТ моніторингу НС. Визначено основні функціональні можливості та принципи роботи таких ІТ. Виявлено сучасні тенденції побудови, розвитку та застосування таких ІТ.

Наукова новизна. Вирішено актуальне науково-практичне завдання, що полягає в теоретико-методологічному обґрунтуванні підходів та принципів побудови ІТ моніторингу НС. Побудовано модель виділення зовнішніх кордонів лісових пожеж на супутникових зображеннях на основі методів комп'ютерного зору, включаючи виявлення джерел вогню та диму, вдосконалено метод сегментації зображень, що полягає у виділенні на зображенні областей, кожна з яких відповідає певній ознаці, вдосконалено метод бінарної сегментації, який полягає у виділенні області пікселів, що належать до одного класу.

Практична значимість. Полягає в можливості застосування теоретико-методологічних підходів і висновків, отриманих в межах роботи для розробки та впровадження ІТ моніторингу НС.

Отримані результати є певним внеском у розвиток математичного апарату аналізу та розпізнавання зображень на супутникових знімках, теорії розпізнавання образів та класифікації об'єктів.

Цільовий характер, спрямованість на конкретні завдання моніторингу НС в геосистемах природного характеру, завершеність розробок зумовили практичну значущість результатів дослідження і рекомендацій щодо їхнього використання.

Ключові слова: моніторинг НС; метод сегментації; комп'ютерний зір; градієнтний метод.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

В останні десятиліття в Україні намітилася стала тенденція зростання кількості надзвичайних ситуацій (НС) в геосистемах природного характеру (ГПХ).

В роботі під ГПХ розуміється однорідний природно-територіальний комплекс, що має однаковий геологічний фундамент, один тип рельєфу, однаковий клімат і що складається з властивого лише даному ландшафту набору динамічно пов'язаних урочищ.

Для аналізу сучасного стану впливу НС природного характеру, що викликані лісовими пожежами в ГПХ України, в якості прикладу було обрано Івано-Франківщину, зокрема її лісову геосистему.

Івано-Франківщина належить до однієї з найбільш лісистих областей України. Землі лісового фонду області займають площу коло 626 тис. га, лісистість становить близько 45 %. Найбільш поширеними породами є смерека (58.4 %) та бук лісовий (20.5 %). Ялина є основною лісоутворювальною породою лісів Івано-Франківської області України (202 тис. га.), яку можна віднести до особливо пожежонебезпечних порід.

Таким чином, розроблення моделей, методів та інформаційної технології (ІТ) моніторингу просторово-розподілених НС, до яких можна віднести лісові пожежі, в ГПХ є актуальною науково-прикладною задачею.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В роботі [1] наведено класифікацію систем виявлення та моніторингу пожеж, зокрема лісових, за способом збору даних про пожежі. В Українському гідрометеорологічному інституті ДСНС України та НАН України розроблено методику геокодування даних щодо викидів тепла, які надходять зі штучних супутників Землі, з метою отримання відомостей про географічні об'єкти, на території яких зафіксовано ці викиди, а також оригінальну методику виявлення лісових та інших потенційно небезпечних пожеж. На основі цих методик створено картографічно-аналітичну систему моніторингу викидів тепла та виявлення

потенційно небезпечних пожеж, яка успішно пройшла випробування і використовується в оперативній діяльності ДСНС України.

В роботі [2] проведено дослідження методів спектрального аналізу зображень для детектування лісових пожеж з використанням технологій обчислювального інтелекту. Для проведення спектрального аналізу були використані супутникові знімки лісових пожеж з відкритого джерела NASA Earth Observatory. Для створення трьохвимірної моделі вогню було використано інструмент Volume Segmenter пакету MATLAB, за допомогою якого було виділено трьохвимірну зону вогню. За допомогою інструменту Color Thresholder пакету MATLAB було сегментовано кольорове зображення вогню, встановлено порогові значення для кольорних каналів на основі різних кольорних просторів та створено бінарну маску сегментації для кольорового зображення.

В роботі [3] було представлено новий підхід до моніторингу та виявлення лісових пожеж, який полягає у використанні агрегації даних у бездротовій сенсорній мережі. Запропонований підхід може забезпечити більш швидку та ефективну реакцію на лісові пожежі, економію споживання енергії WSN, що було підтверджено та оцінено в масштабних експериментах з моделюванням.

В роботі [4] представлена апаратна конструкція та програмна реалізація системи моніторингу на основі технології ZigBee та технології зв'язку 4G. В роботі використано Zigbee модуль CC2530 SOC для того, щоб отримати дані та надіслати їх у мережу 4G, за допомогою якої дані передаються на сервер віддаленого моніторингу. За допомогою мультисенсорного та багаторівневого об'єднання даних система здійснює раннє попередження лісових пожеж відповідно до їх класифікації.

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Нині, в Україні практично відсутній огляд сучасних теоретико-методологічних підходів до розроблення моделей, методів та інформаційної технології

моніторингу просторово-розподілених НС в ГПХ, а також шляхів подальшого розвитку таких ІТ.

Таким чином, розроблення моделей та методів розпізнавання пожеж на супутникових зображеннях на основі методів комп'ютерного зору, включаючи виявлення джерел вогню та диму в межах інформаційної технології моніторингу просторово-розподілених НС в ГПХ є актуальною науково-прикладною задачею.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою статті є розроблення моделей та методів інформаційної технології моніторингу просторово-розподілених НС в ГПХ із застосуванням сучасних теоретико-методологічних підходів в цій галузі.

МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводилось з використанням методів комп'ютерного зору, зокрема методу сегментації зображень, методів відновлення та реконструкції зображень, методів частотної фільтрації, методів розпізнавання супутникових знімків високої роздільної здатності. Об'єктом дослідження є моделі та методи розпізнавання лісових пожеж з використанням супутникових знімків. Предметом дослідження є сучасні тенденції побудови, розвитку та застосування інформаційної технології моніторингу просторово-розподілених НС в ГПХ.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Інформаційна технологія – процес, що використовує сукупність моделей та методів збору, обробки та передачі даних (первинної інформації) для отримання інформації нової якості про стан об'єкта, процесу чи явища (інформаційного продукту).

Мета інформаційної технології – виробництво інформації для її аналізу людиною та прийняття на її основі рішення щодо виконання будь-якої дії.

Інформаційна технологія моніторингу просторово-розподілених НС в ГПХ складається із взаємозв'язаних інформаційних процесів – комплексу процедур збору та реєстрації супутникової інформації, підготовки інформаційних масивів, обробки, накопичення і зберігання даних, передачі даних від джерел виникнення до місця обробки, а результатів – до споживачів інформації для прийняття управлінських рішень.

Інформаційна технологія базується на методах розпізнавання супутникових знімків високої роздільної здатності, методах комп'ютерного зору та дозволяє здійснювати оцінку та запобігати можливим ризикам виникнення та розповсюдження пожеж.

Основною сферою практичного застосування ІТ моніторингу є інформаційне обслуговування органів управління за умов виникнення пожеж в лісових геосистемах.

До основних функціональних завдань ІТ моніторингу НС можна віднести такі: проведення

систематичних спостережень та іншого контролю, збирання та зберігання даних про стан лісових геосистем; оцінка впливу пожеж, рекреації, шкідників та хвороб лісу на лісові геосистеми, виявлення обсягу пошкодження лісів; створення та ведення БД, а також забезпечення інформаційного обміну даними; аналіз інформації, оцінка стану лісових геосистем та впливу на них факторів забруднення, прогнозування змін та інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень з питань охорони лісових геосистем, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки; забезпечення достовірності інформації, що надається органам державної влади та органам місцевого самоврядування, громадським та міжнародним організаціям.

Моніторинг пожежної небезпеки у лісах (лісопожежний моніторинг) – система безперервних спостережень щодо оцінки ймовірності виникнення лісових пожеж, їх виявлення та розвитку. Лісопожежний моніторинг є невід'ємною частиною моніторингу лісових геосистем. Здійснення лісопожежного моніторингу необхідне для своєчасної розробки та проведення заходів щодо запобігання лісовим пожежам та зниження збитків від них.

Нині в лісових геосистемах України широко використовуються такі види лісопожежного моніторингу: супутниковий моніторинг, авіаційний моніторинг, наземний моніторинг. В роботі буде розглянуто методи супутникового моніторингу.

Основними завданнями супутникового моніторингу лісових пожеж є:

- 1) виявлення великих пожеж шляхом вивчення супутникових знімків;
- 2) спостереження за розвитком лісових пожеж із космосу в динаміці;
- 3) оцінка пройденої вогнем площі;
- 4) оцінка пошкоджень насадженням від пожеж (у тому числі виявлення загиблих насаджень);
- 5) зіставлення даних космічних, авіаційних та наземних спостережень, що включає зворотний зв'язок із наземними та авіапожежними службами.

Оперативне розв'язання задач супутникового моніторингу лісових пожеж здійснюється за матеріалами мультиспектральних космічних зйомок, отриманих із супутника Landsat 8. Landsat 8 отримує дані, використовуючи два різних сенсори – Operational Land Imager (OLI) та Thermal Infrared Sensor (TIRS), які збирають дані в дев'яти короткохвильових діапазонах та двох довгохвильових теплових діапазонах.

Для виявлення зовнішнього контуру лісової пожежі було застосовано метод сегментації шляхом виділення меж об'єктів [5, 6].

Найбільш поширеним методом виділення меж об'єктів є градієнтний метод, метод контрастування або метод просторового диференціювання.

Гradient зображення $f(x, y)$ у точці (x, y) визначається як двовимірний вектор [5, 6]:

$$G[f(x, y)] = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{df}{dx} \\ \frac{df}{dy} \end{bmatrix} \quad (1)$$

який вказує напрямок максимальної зміни функції f у точці (x, y) .

Особливий інтерес ця величина представляє при виявленні контуру деякого об'єкта, що спостерігається на довільному фоні. Для цифрового зображення це можна зробити кількома шляхами. Один із підходів полягає у використанні різниці між сусідніми пікселями [5, 6]:

$$\begin{aligned} G_x &= \frac{df}{dx} = f(x, y) - f(x-1, y) \\ G_{xy} &= \frac{df}{dy} = f(x, y) - f(x, y-1) \end{aligned} \quad (2)$$

Одним із способів отримання дискретного зображення є застосування наступних співвідношень [5, 6]:

$$\begin{aligned} g(x, y) &= G[f(x, y)] \\ g(x, y) &= \begin{cases} 1, G[f(x, y)] > T \\ 0, G[f(x, y)] \leq T \end{cases}, \end{aligned} \quad (3)$$

де T – невід'ємна гранична величина. В цьому випадку мають значення лише піксели кромки, градієнти яких перевищують величину T . Таким чином, використання виразу (3) може розглядатися як процес виділення лише тих пікселів, які характеризуються значним (визначеним величиною T) перепадом інтенсивності.

Таким чином, градієнтні методи визначають пікселі, що лежать на межі між об'єктом та фоном.

Для практичної реалізації завдання сегментації лісових пожеж було обрано бібліотеку алгоритмів комп'ютерного зору, обробки зображень та чисельних алгоритмів загального призначення з відкритим кодом OpenCV та мову програмування java.

За допомогою статичного методу `grabCut()` із класу `Imgproc` бібліотеки OpenCV було відокремлено об'єкт від фону [7, 8].

Формати методу [7, 8]:

```
import org.opencv.imgproc.Imgproc;
public static void grabCut(Mat img, Mat mask, Rect rect, Mat bgdModel, Mat fgdModel, int iterCount)
public static void grabCut(Mat img, Mat mask, Rect rect, Mat bgdModel, Mat fgdModel, int iterCount, int mode)
```

Опишемо далі параметри методу [7, 8]:

1) `img` – вхідне зображення;
2) `mask` – це зображення маски, де вказується, які області є фоном, переднім планом чи ймовірним фоном/переднім планом тощо. Це здійснюється за допомогою таких прапорців: `cv.GC_BGD`, `cv.GC_FGD`, `cv.GC_PR_BGD`, `cv.GC_PR_FGD`;

3) `rect` – це координати прямокутника, який включає об'єкт переднього плану у форматі (x, y, w, h) ;

4) `bgdModel`, `fgdModel` – це масиви, які використовуються алгоритмом всередині. В роботі було створено два нульові масиви типу `np.float64` розміром (1,65);

5) `iterCount` – кількість ітерацій, які повинен виконати алгоритм;

6) в параметрі `mode` можна вказати такі режими (константи з класу `Imgproc`): `GC_INIT_WITH_RECT` – стан і маска ініціалізується за допомогою прямокутної області, вказаної в параметрі `rect`; `GC_INIT_WITH_MASK` – стан ініціалізується за допомогою маски, вказаної у параметрі `mask`; `GC_EVAL` – повторне виконання.

За допомогою статичного методу `kmeans()` із класу `Core` бібліотеки OpenCV було виконано кластеризацію, використовуючи алгоритм К-середніх [7, 8].

Формати методу [7, 8]:

```
import org.opencv.core.Core;
import org.opencv.core.TermCriteria;
public static double kmeans(Mat data, int K, Mat bestLabels, TermCriteria criteria, int attempts, int flags)
public static double kmeans(Mat data, int K, Mat bestLabels, TermCriteria criteria, int attempts, int flags, Mat centers)
```

У першому параметрі вказується матриця з вихідними даними (глибина `CV_32F`). У параметрі `K` вказується потрібна кількість кластерів у результаті виконання операції. Індеси знайдених кластерів будуть записані в матрицю `bestLabels` (глибина `CV_32S`). Параметр `criteria` задає критерії завершення ітерацій як об'єкт класу `TermCriteria`. Кількість повторів вказується у параметрі `attempts`. У матрицю `centers` будуть записані центри кластерів. Кількість елементів у цій матриці збігається з кількістю кластерів, зазначених у параметрі `K` [7, 8].

Приклад супутникового знімку Landsat 8 подано на рис.1. Присутність вогнища горіння визначається наявністю у видимій частині спектра на супутниковому знімку основної ознаки лісових пожеж – димового шлейфу.

Приклад сегментації зображення за допомогою методу `kmeans()` подано на рис. 2.

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Розроблено моделі та методи в межах ІТ моніторингу лісових геосистем в умовах виникнення природних пожеж. Система показників та структура інформаційних потоків ІТ заснована на даних супутникового лісопожежного моніторингу.

Оперативне вирішення завдань моніторингу лісових пожеж здійснюється за матеріалами супутникових зображень високої роздільної здатності. Оцінка лісової пожежі, складання схем лісової пожежі, визначення місць наземних пожежних команд, визначення



Рис. 1. Приклад супутникового знімку Landsat 8. Виявлення лісової пожежі у Івано-Франківському лісгоспі України



Рис. 2. Приклад сегментації зображення за допомогою методу `kmeans()`. Виявлення зовнішнього контуру лісової пожежі у Івано-Франківському лісгоспі України

тактики гасіння лісової пожежі (враховуючи наземну обстановку, напрям і силу вітру, розповсюдження диму, лінії електропередач, штучні та природні перешкоди, орієнтири природні та штучні) із подальшою передачею даних до інформаційної системи здійснюється ДСНС України.

Таким чином, ІТ здійснює інформаційне обслуговування органів управління за умов виникнення природних пожеж та забезпечує виконання наступних функціональних завдань: раннє виявлення лісових пожеж, оцінка впливу пожеж на лісові геосистеми; виявлення обсягу uszkodження лісів; аналіз інформації, прогнозування змін та інформаційно-аналітичну підтримку прийняття рішень з питань охорони лісових екосистем, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки; створення та

ведення БД, а також забезпечення інформаційного обміну даними; забезпечення достовірності інформації, що надається органам державної влади та органам місцевого самоврядування, громадським та міжнародним організаціям.

ВИСНОВКИ

Результатами, які можна кваліфікувати як такі, що дістали подальшого розвитку або поглиблення, є: розроблення моделі розпізнавання пожеж на супутникових зображеннях на основі методів комп'ютерного зору, включаючи виявлення джерел вогню та диму; вдосконалення методу семантичної сегментації зображень, що полягає у виділенні на зображенні областей, кожна з яких відповідає певній ознаці; вдосконалення методу бінарної сегментації, який полягає у виділенні області пікселів, що належать до одного класу.

REFERENCES

- [1] Oreshchenko, A.V., Osadchij, V.I., Savenec', M.V., & Balabuh, V.O. (2020). Viyavlennya i monitoring potencijno nebezpechnih pozhezh na teritorii Ukraini za danimi suputnikovogo skanuvannya [Detection and monitoring of potentially dangerous fires on the territory of Ukraine based on satellite scanning data]. *Visnik Nacional'noi akademii nauk Ukraini* [Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine], 11, 33–44 [in Ukrainian].
- [2] Golovina, N.V., & Lyashenko, O.M. (2012). Doslidzhennya metodiv spektral'nogo analizu zobrazen' dlya detektuvannya lisovih pozhezh z vikoristannyam tekhnologij obchislyval'nogo intelektu [Research of methods of spectral analysis of images for forest fire detection using computing intelligence technologies]. *Visnik HNTU* [KhNTU Bulletin], 4(79), 74–84 [in Ukrainian].
- [3] Liu, Y., Liu, Y., Xu, H. and Teo, K. L. (2018). Forest fire monitoring, detection and decision making systems by wireless sensor network. *Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, Shenyang, China, 5482–5486, doi: 10.1109/CCDC.2018.8408086.
- [4] Zhifu Gaoa, Linsheng Huang. (2015). A Forest Fire Monitoring and Early Warning System Based on the Technology of Multi-sensor and Multilevel Data Fusion. *2nd International Conference on Electrical, Computer Engineering and Electronics (ICECEE 2015)*, 627–632.
- [5] Richard Szeliski. (2022). Computer Vision: Algorithms and Applications (Texts in Computer Science). *Springer*, 947.
- [6] Kvetnij, R.N., Bogach, I.V., Bojko, O.R., Sofina, O.YU., SHushura, O.M. (2012). Komp'yuterne modelyuvannya sistem ta procesiv. Metodi obrobki: navchal'nij posibnik za zag. red. R.N. Kvetnogo [Computer modeling of systems and processes. Methods of processing: a tutorial on the general ed. R.N. Kvetnogo]. Vinnicya: VNTU [Vinnytsia: VNTU], 193 [in Ukrainian].
- [7] Daniel Lélis Baggio. (2015). OpenCV 3.0 Computer Vision with Java. *Packt Publishing*, 174.
- [8] Nicolas Modrzyk. (2018). Java Image Processing Recipes: With OpenCV and JVM. [Apress, 366.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Орещенко, А.В., Осадчий, В.І., Савенець, М.В., Балабух, В.О. (2020). Виявлення і моніторинг потенційно небезпечних пожеж на території України за даними супутникового сканування. Вісник Національної академії наук України, № 11, С. 33–44.
- [2] Головіна, Н.В., Ляшенко, О.М. (2021). Дослідження методів спектрального аналізу зображень для детектування лісових пожеж з використанням технологій обчислювального інтелекту. Вісник ХНТУ, №4(79), С.74–84.
- [3] Liu Y., Liu Y., Xu H. and Teo K. L. (2018). Forest fire monitoring, detection and decision making systems by wireless sensor network. *Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, Shenyang, China, pp. 5482–5486. doi: 10.1109/CCDC.2018.8408086.
- [4] Zhifu Gaoa, Linsheng Huang. (2015). A Forest Fire Monitoring and Early Warning System Based on the Technology of Multi-sensor and Multilevel Data Fusion. *2nd International Conference on Electrical, Computer Engineering and Electronics (ICECEE 2015)*, pp. 627–632.
- [5] Richard Szeliski. (2022). Computer Vision: Algorithms and Applications (Texts in Computer Science). *Springer*, P.947.
- [6] Кветний, Р.Н., Богач, І.В., Бойко, О.Р., Софіна, О.Ю., Шушур, О.М. (2012). Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обробки: навчальний посібник за заг. ред. Р.Н. Кветного. Вінниця: ВНТУ, 193 с.
- [7] Daniel Lélis Baggio. (2015). OpenCV 3.0 Computer Vision with Java. *Packt Publishing*, P.174.
- [8] Nicolas Modrzyk. (2018). Java Image Processing Recipes: With OpenCV and JVM. [Apress, P.366.

© Прачик В. В., Ляшенко О. М.

Дата надходження статті до редакції: 26.04.2024

Дата затвердження статті до друку: 28.05.2024