

**ЖАРИКОВА МАРИНА**

Херсонський національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0001-6144-480X>e-mail: [marina.jarikova@gmail.com](mailto:marina.jarikova@gmail.com)**САКОВИЧ БОГДАН**

Херсонський національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0002-8863-0343>e-mail: [3674150@gmail.com](mailto:3674150@gmail.com)

## ДІАГНОСТИКА СИТУАЦІЇ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ МНОЖИННИХ РИЗИКІВ

*В роботі наведено результати досліджень зі створення методу діагностики ситуації, що базується на визначенні множини об'єктів, що знаходяться під критичним ризиком, множини активних ситуацій, а також множини сил і засобів для проведення операцій із реагування.*

*Ключові слова: метод, ризик, небезпека, ситуація, рунівний процес, об'єкт, піски.*

ZHARIKOVA MARYNA, SAKOVYCH BOHDAN

Kherson National Technical University

### SITUATION DIAGNOSIS BASED ON MULTI-HAZARD RISK ASSESSMENT

*The Oleshky Sands, Europe's largest sands, were formed by glacial movement near the Dnipro River. Previously a landfill site, the area is now a semi-desert with diverse flora. Grazing sheep in the 18th century led to wind erosion and sand movement. An underground lake exists, but extraction is discouraged due to potential environmental impact. The article proposes a method for diagnosing situations in natural and man-made systems to support real-time decision-making in the context of disasters and multi-disasters. The paper proposes a method of situation diagnosis in natural and man-made systems to support real-time decision-making in conditions of disasters and multi-disasters. The situation diagnosis method is based on identifying the areas that contain valuable objects with an assessment of the value above a certain critical level, that are at maximum risk. The proposed method of diagnosing the situation is based on the disposition of the set of valuable objects at critical risk, the set of active disasters, and the set of manpower and resources for response operations. The result of applying the method is a categorization of the situations which allows decision-makers to quickly make adequate decisions in real time. The method identifies areas with critical assets at maximum risk, enabling adequate decisions to minimise these risks. It categorises situations into classes based on the severity of the risk and the feasibility of rescue operations. For instance, non-critical situations allow enough time for deploying methods to mitigate destructive processes, whereas highly critical situations may render rescue operations unattainable. This method is designed for use in real-time decision support systems, offering a comprehensive approach to managing spatially distributed multi-hazard risks.*

*Keywords: method, risk, danger, situation, rune process, object, sands.*

### Постановка проблеми

Піщані поверхні, такі як піски та узбережжя, дуже чутливі до вітрової ерозії та руху. У Херсонській області це Олешківські піски, також відомі як Нижньодніпровські піски, які розташовані майже за 30 км на схід від Херсона і є найбільшими в усій Європі - близько 15 км завдовжки з дюнами заввишки п'ять метрів. Вважається, що вони утворилися внаслідок руху континентального льоду поблизу Дніпра, що прийшов із півночі вздовж Дніпра і приніс з собою багато ґрунту, що залишився після танення льодовиків. Цей ґрунт утворив бар'єри та дамби, які відокремлювали льодовикові озера від нижнього русла річки [1].

Кілька десятиліть тому в Олешківських пісках був полігон, тому існує ризик наявності прихованих вибухонебезпечних предметів. На щастя, відвідувачам заборонено заходити на ці території, але ми не будемо розглядати такі ризики, принаймні зараз, тому повернемося до раніше згаданих тем.

Спочатку пісків тут взагалі не повинно було бути. Однак наприкінці XVIII століття тут почали випасати овець, які знищили траву, тим самим звільнивши піски і дозволивши їм рухатися і зміщуватися через вітрову ерозію [1, 2]. Олешківські піски можна описати як напівпустелю з точки зору температури та кількості опадів. Тут ростуть деякі дерева, такі як сосна і береза; агрус, волошка коротковолосиста, чебрець, деревій дрібноквітковий, сосна - звичайна і кримська, а також яблуня, глід і береза білобородата. Є також підземне озеро на глибині майже 300-400 метрів, але вчені визначили, що воду з нього краще не брати, оскільки його рівень може знизитися, а ліси не зможуть запобігти переміщенню піску і засоленню. Рослинності в пісках мало, тому повітря там нагрівається і вологість знижується. Кліматичні умови такі, що влітку піски можуть нагріватися більше шестидесяти градусів за Цельсієм. Унаслідок цього краплі дощу миттєво випаровуються, а частота опадів тут нижча, ніж у будь-якій іншій місцевості регіону [2].

Ці показники - лише крапля в морі небезпек та ймовірності ризиків. Надважливо проаналізувати ризик від різних небезпек, їх взаємодію та каскадні ефекти в даній місцевості. Це дозволить діагностувати ситуацію для прийняття рішень. У статті запропоновано метод діагностики ситуації в природних і техногенних системах для підтримки ухвалення рішень у реальному часі в умовах ризиків. Метод діагностики ситуації ґрунтується на виявленні зон, що містять цінні (важливі) об'єкти з оцінкою вартості вище певного критичного рівня, що піддаються максимальному ризику. Запропонований метод діагностики ситуації базується на визначенні множини цінних об'єктів, що знаходяться під критичним ризиком, множини активних ситуацій, а також множини сил і засобів для проведення операцій із реагування. Результатом застосування



можуть призвести до серйозних наслідків. Хоча такими наслідками часто можна керувати за допомогою встановлених процедур, антропогенні процеси часто все одно призводять до природних небезпек. Таким чином, у контексті цієї статті техногенні небезпеки сприймаються дослідниками як ненавмисні.

Існує багато взаємозв'язків між прикладами небезпек і руйнівних процесів, описаних у трьох групах: природні небезпеки, антропогенні процеси та техногенні катастрофи, про які йшлося вище, а також між конкретними наборами взаємодіючих небезпек. Саме тут автори використовують термін «взаємодія» для позначення впливу однієї небезпеки або процесу на іншу небезпеку або процес і виділяють тригерні зв'язки (наприклад, землетрус, що спричинив зсув; відбір ґрунтових вод, що спричинив просідання ґрунту); збільшення співвідношення ймовірностей (наприклад, пожежа збільшує ймовірність зсувів; просідання ґрунту або збільшення ймовірності повені). Вчені виділили три різні типи взаємозв'язку між конкретними природними загрозами, антропогенними процесами і техногенними небезпеками або катастрофами. На додаток до парних взаємозв'язків, коли одна первинна небезпека спричиняє вторинну природну небезпеку, ці взаємодії можуть бути об'єднані, щоб сформувати мережу взаємодій небезпек.

**Метою роботи є:** розробка підходу до діагностики ситуації на основі аналізу просторово розподіленого мультинебезпечного ризику. Така діагностика надає особам, які ухвалюють рішення, інформацію про просторовий розподіл ризику, розподіл сил і засобів для проведення операцій із реагування, на основі якої ситуація відноситься до певного класу, що відображає ступінь її критичності.

#### Діагностика ситуації

Певна частина території  $\Omega$  в умовах ризику  $R$  в момент часу  $t$  характеризується інтегральною динамічною просторово-розподіленою оцінкою мультиризиком:

$$R^t_{\Omega} = \{R_i(t) \forall o_i \in O^*(t)\}$$

Наше завдання полягає в тому, щоб поставити у відповідність певному класу ситуацій набір характеристик  $S = \{S_0, S_1, \dots, S_n\}$ . Для цього необхідно задати множину класів можливих ситуацій  $S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_n = S$ . Нехай  $p_i, i = 1, \dots, n$  - множина можливостей їх настання, а  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$  - множина характеристик, пов'язаних з класами ситуацій  $\mathcal{S}$ . До множини характеристик входить інтегральна оцінка ризику для кожного класу ситуацій  $R_{\Omega} \in X$ .

Нехай  $s^*$  - поточна ситуація, а  $X^*$  - вектор характеристик для ситуації  $s^*$ . Внаслідок поганої видимості деякі характеристики  $X^*$  можуть бути нечіткими або неточними. Нехай кожна характеристика  $x \in X, i = 1, \dots, m$  має діапазон можливих значень  $E \cup e, i = 1, \dots, m, e^*$ , який називається величиною невизначеності. Характеристики з вектора  $X$  можуть бути описані інтервалами з використанням наближеного підходу, інтервалами з функціями належності з використанням інтервальної нечіткої множини, а деякі можуть бути порожніми.

Задача діагностики полягає у визначенні можливого класу ситуацій  $S^* \in S$ , що можуть пояснити набір невизначених характеристик  $X^*$  для поточної ситуації  $s^*$ , і є задачею розпізнавання образів [7]. Кожній ситуації відповідає певна точка або околиця точки в декартовому просторі ознак. Кожна нерозпізнана ситуація, що має характеристики, повинна бути відображена на множину класів можливих ситуацій  $S = \{S_0, S_1, \dots, S_n\}$ . Внаслідок невизначеності в оцінках деяких характеристик не завжди можливо встановити точну відповідність.

Обстановку при руйнівних процесах слід оцінювати, виходячи з розташування важливих об'єктів, що перебувають в умовах максимального ризику, а також місця зосередження способів і методів, призначених для ліквідації надзвичайних ситуацій природного характеру. Сукупність територій, на яких розташовані сили і засоби для проведення операцій з ліквідації наслідків процесів:  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ . Таким чином, для діагностики ситуації розвитку руйнівних процесів на момент часу необхідно вказати:

- 1) множину об'єктів, що знаходяться під критичним ризиком:  $O^*(t) = \{o_1, o_2, \dots, o_k\}$ ;
- 2) множину руйнівних процесів:  $F(t) = \{F_1(t), F_2(t), \dots, F_i(t)\}$ ;
- 3) множина сил та засобів для проведення операцій реагування:  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ .

Для діагностики ситуації на даний момент для кожного об'єкта  $o \in O^*(t)$  необхідно оцінити мінімальний час  $t$ , за який контур руйнівних процесів з множини  $F(t)$  досягне цього об'єкта, а також мінімальний час, необхідний для переміщення сил і засобів з найближчої локації. Кожному об'єкту відповідають дві множини: множина інтервалів часу, за які контури руйнівних процесів досягнуть цього важливого об'єкта  $T_{o_iF} = \{t_{o_iF_1}, t_{o_iF_2}, \dots, t_{o_iF_n}\}$  та множина інтервалів часу, необхідних для доставки засобів і методів із місць їх розташування:  $T_{o_iP} = \{t_{o_iP_1}, t_{o_iP_2}, \dots, t_{o_iP_n}\}$ .

Перша множина є динамічною. Після задання для кожного об'єкта цих двох множин, нам потрібно знайти найменше значення кожної з них. Далі кожному цінному об'єкту буде відповідати пара:  $t_{o_iF} = \min(T_{o_iF}), t_{o_iP} = \min(T_{o_iP})$ . Ситуація з руйнівними процесами в даний момент часу  $t$  задається набором наступних пар:  $S_t = \left\{ \left( T_{o_iF}(t), T_{o_iP}(t) \right) \mid \forall o_i \in O^*(t) \right\}$ .

Виділимо наступні класи ситуацій за руйнівних процесів:

- 1) клас некритичних ситуацій, коли є достатньо часу для розгортання способів та методів ліквідації РП  $S_1: (\forall o_i \in O^*(t))(t_{o_iF} > t_{o_iP})$ ;
- 2) клас критичних ситуацій, коли завдання порятунку об'єктів є важкодосяжним, а, отже, необхідно в першу чергу спрямувати сили і засоби на будь-який із них, для якого справедлива нерівність

$S_2: (\exists o_i \in O^*(t))(t_{o_iF} \leq t_{o_iP});$

3) клас особливо критичних ситуацій, коли завдання порятунку об'єктів може бути недосяжним:

$S_3: (\forall o_i \in O^*(t))(t_{o_iF} > t_{o_iP}).$

Для представлення інформації на певний момент часу побудовано поверхню ризику, що відображає нормалізовану оцінку рівня ризику для кожної клітинки. Поверхня відображає опуклі області з максимальним ризиком (Рисунок 2).

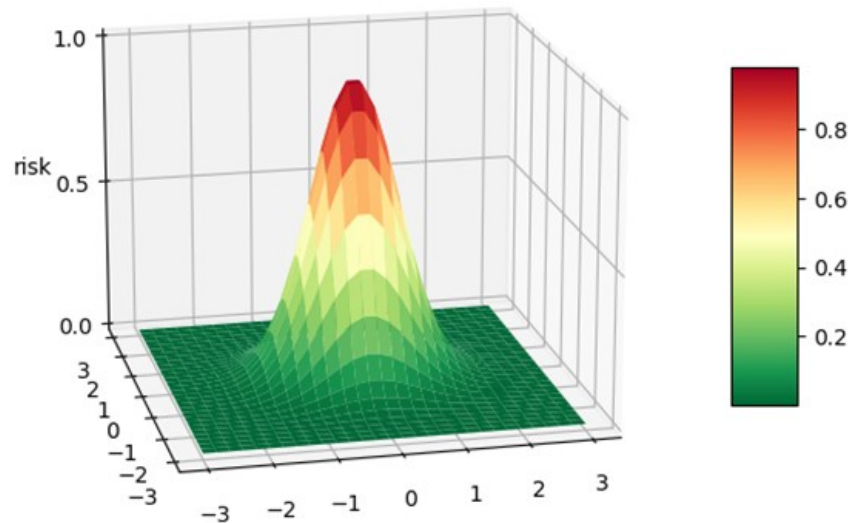


Рис. 2. Поверхня оцінки інтенсивності ризику

Така поверхня може бути побудована в динаміці для дискретних послідовних моментів часу як для активних ситуацій, що фактично поширюються в часі, так і для потенційних. Це дозволить ухвалювати рішення на всіх етапах циклу управління ситуаціями - від реагування до довгострокової адаптації та розбудови стійкості.

### Висновки

У цій статті визначено ключові поняття ситуаційної діагностики на основі аналізу просторово розподілених мультинебезпечних ризиків. Вирішення проблеми діагностики ситуації в природних і техногенних системах є надзвичайно важливим для підтримки прийняття рішень у реальному часі за багатьох ризиків. Ситуацію необхідно діагностувати, щоб ухвалювати адекватні рішення для мінімізації ризиків. Для діагностики необхідно виявити області, які містять критичні об'єкти з оцінкою вартості вище певного критичного рівня, що піддаються максимальному ризику.

Запропонований метод діагностики ситуації ґрунтується на визначенні множини важливих об'єктів, що знаходяться під критичним ризиком, множини активних ситуацій та множини сил і засобів для проведення операцій з реагування. Метод дозволяє розділити ситуацію на різні класи, такі як клас некритичних ситуацій, коли є достатньо часу для розгортання способів і методів ліквідації наслідків руйнівних процесів, клас критичних ситуацій, коли завдання з порятунку об'єктів є важкодосяжним, клас особливо критичних ситуацій, коли завдання з порятунку об'єктів може бути недосяжним тощо.

Метод призначений для використання в системах підтримки прийняття рішень у реальному часі.

### Література

1. Hansen K. Oleshky Sands / K. Hansen // NASA Earth Observatory – 2019. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://earthobservatory.nasa.gov/images/145801/oleshky-sands>
2. Bogdanets V. Land cover dynamics of Oleshky Sands: time-series analysis 1987-2017 / V. Bogdanets // Land Management, Cadastre and Land Monitoring, №4. – 2017. – DOI: 10.31548/zemleustriy2017.04.071
3. Олешківські піски // Discover Kherson. - 2015. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://discoverkherson.com.ua/oleshki>
4. Gill J. C. Reviewing and visualizing the interactions of natural hazards / J. C. Gill, B. D. Malamud // Rev. Geophys. №52. - 2014. - P. 680–722. – DOI:10.1002/2013RG000445
5. Gill J. C. Reviewing and visualizing the interactions of natural hazards / J. C. Gill, B. D. Malamud // Manuscript under review for journal Earth System Dynamics. - 2016. - DOI:10.5194/esd-2015-94
6. Aksha S. K. A geospatial analysis of multi-hazard risk in Dharan, Nepal / S. K. Aksha, L. M. Resler, L. Juran, L. W. Carstensen Jr. // Geomatics, Natural Hazards and Risk. - 2020. - Volume 11, №1, - P. 88-111. - DOI: 10.1080/19475705.2019.1710580
7. Zharikova M. The methodological basis of geoinformation technology of decision support in combined natural and man-made systems in destructive processes conditions / M. Zharikova // DSc Thesis, KNTU, Kherson, 503. – 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу :

[https://www.uad.edu.ua/uploads/2018/vchenarada/zharikova\\_dis.pdf](https://www.uad.edu.ua/uploads/2018/vchenarada/zharikova_dis.pdf)

8. Zharikova M. Event-Based Approach to Multi-Hazard Risk Assessment / M. Zharikova, V. Sherstjuk, O. Boskin, I. Dorovska // CEUR Workshop Proceedings. - P. 255-265. - Volume 2805. - 2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ceur-ws.org/Vol-2805/paper19.pdf>

9. Zharikova M. Event-based Spatially-distributed Multi-hazard Risk Analysis / M. Zharikova, V. Sherstjuk // IEEE 15th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2020 - Proceedings, №2, - 2020. - P. 273–276. - DOI: 10.1109/CSIT49958.2020.9321990

### References

1. Hansen K. Oleshky Sands / K. Hansen // NASA Earth Observatory – 2019. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/145801/oleshky-sands>

2. Bogdanets V. Land cover dynamics of Oleshky Sands: time-series analysis 1987-2017 / V. Bogdanets // Land Management, Cadastre and Land Monitoring, №4. – 2017. – DOI: 10.31548/zemleustriy2017.04.071

3. Oleshkivski pisky // Discover Kherson. - 2015. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <https://discoverkherson.com.ua/oleshki>

4. Gill J. C. Reviewing and visualizing the interactions of natural hazards / J. C. Gill, B. D. Malamud // Rev. Geophys. №52. - 2014. - P. 680–722. – DOI:10.1002/2013RG000445

5. Gill J. C. Reviewing and visualizing the interactions of natural hazards / J. C. Gill, B. D. Malamud // Manuscript under review for journal Earth System Dynamics. - 2016. - DOI:10.5194/esd-2015-94

6. Aksha S. K. A geospatial analysis of multi-hazard risk in Dharan, Nepal / S. K. Aksha, L. M. Resler, L. Juran, L. W. Carstensen Jr. // Geomatics, Natural Hazards and Risk, Volume 11, №1, - 2020. - P. 88-111. - DOI: 10.1080/19475705.2019.1710580

7. Zharikova M. The methodological basis of geoinformation technology of decision support in combined natural and man-made systems in destructive processes conditions / M. Zharikova // DSc Thesis, KNTU, Kherson, 503. – 2018. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: [https://www.uad.edu.ua/uploads/2018/vchenarada/zharikova\\_dis.pdf](https://www.uad.edu.ua/uploads/2018/vchenarada/zharikova_dis.pdf)

8. Zharikova M. Event-Based Approach to Multi-Hazard Risk Assessment / M. Zharikova, V. Sherstjuk, O. Boskin, I. Dorovska // CEUR Workshop Proceedings, Volume 2805, P. 255-265. - 2020. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <https://ceur-ws.org/Vol-2805/paper19.pdf>

9. Zharikova M. Event-based Spatially-distributed Multi-hazard Risk Analysis / M. Zharikova, V. Sherstjuk // IEEE 15th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2020 Proceedings. - №2, - 2020. - P. 273–276. - DOI: 10.1109/CSIT49958.2020.9321990