

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-73-1-26>

УДК 519.6

Тетяна СОРОКОПУД

Національний авіаційний університет

<https://orcid.org/0000-0002-1625-7754>

e-mail: [tdomkiv@gmail.com](mailto:tdomkiv@gmail.com)

Олексій ПИСАРЧУК

Національний авіаційний університет

<https://orcid.org/0000-0001-5271-0248>

e-mail: [platinumpa2212@gmail.com](mailto:platinumpa2212@gmail.com)

## БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА МОДЕЛЬ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЙ ЗА СУКУПНІСТЮ ОЗНАК

*В роботі наведено детальний опис розробленої багатокритеріальної моделі ідентифікації нештатних ситуацій за сукупністю ознак на об'єктах критичної інфраструктури.*

*Об'єкти критичної інфраструктури завжди були і особливо зараз, під час війни, є місцями підвищеної небезпеки. Звичайно, на кожному об'єкті наявні камери відеоспостереження, різноманітні датчики ідентифікації нештатних ситуацій, але не існує поки єдиної системи, яка б автоматично оповіщувала про наявну небезпеку, а згодом, навчившись, дозволяла спрогнозувати можливість настання критичної ситуації (КС). Отже, створення універсальної багатокритеріальної моделі, яка б дозволяла не лише розпізнати критичну ситуацію, а і прийняти рішення щодо її ліквідації є актуальним для підприємств критичних галузей.*

*Ключові слова: розпізнавання, багатокритеріальна модель, сукупність ознак*

Tetiana SOROKOPUD, Oleksii PYSARCHUK

National Aviation University

## MULTI-CRITERION MODEL OF IDENTIFICATION OF EMERGENCY SITUATIONS ACCORDING TO A SET OF SIGNS

*The paper provides a detailed description of the developed multi-criteria model for identifying abnormal situations based on a set of signs at critical infrastructure facilities.*

*Objects of critical infrastructure have always been and especially now, during war, are places of increased danger. Of course, every object has video surveillance cameras, various sensors for identifying abnormal situations, but there is still no single system that would automatically notify about an existing danger, and later, after learning, allow predicting the possibility of a critical situation (CS). Therefore, the creation of a universal multi-criteria model, which would allow not only to recognize a critical situation, but also to make a decision regarding its elimination, is relevant for enterprises of critical industries.*

*This work described the developed multi-criteria model for identifying abnormal situations based on a set of signs. This method is not critical to the correspondence of the composition of the features of the image and the object of identification for the realization of the recognition process, which distinguishes it among similar methods. To confirm the functionality of the model and the possibility of its application on critical infrastructure objects, it is necessary to test this method on real data.*

*Keywords: recognition, multi-criteria model, set of features*

### Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

У роботах [1], [2], [3] відображено методи розпізнавання лише конкретних нештатних ситуацій, так, у роботі [1] реалізовано виявлення та ідентифікації позаштатних ситуацій з використанням лазерного далекоміра, але даний спосіб дієвий лише на відкритій місцевості, що не вирішує проблеми ідентифікації на самому об'єкті критичної інфраструктури. У роботі [2] основна ідея побудови алгоритму полягає в тому, що оптимально підібрана комбінація різних підходів, кожен з яких дозволяє з високою точністю визначати конкретну ознаку полум'я, повинна з високою ймовірністю визначати наявність полум'я на відеокдрах, що одержані з камери датчика. Тобто, дана робота націлена більше на роботу з полум'ям та не бере до уваги інші нештатні ситуації. У роботі [3] описано методи для ідентифікації металевих предметів. Але так само, як і в роботі [2] відсутня націленість на інші фактори критичних ситуацій, які можуть виникати на об'єктах критичної інфраструктури.

### Формулювання цілей статті

Метою роботи є: розробка багатокритеріальної моделі ідентифікації абсолютно різних нештатних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури.

### Виклад основного матеріалу

Для створення універсальної багатокритеріальної моделі необхідно було виділити верхню і нижню межу критичної ситуації та на основі отриманих показників було створено робоче поле, яке і показує критичну ситуацію та дозволяє зробити висновки щодо часу та місця її виникнення.

Нижче показано структурну схему багатокритеріальної моделі ідентифікації критичної ситуації на об'єктах критичної інфраструктури.

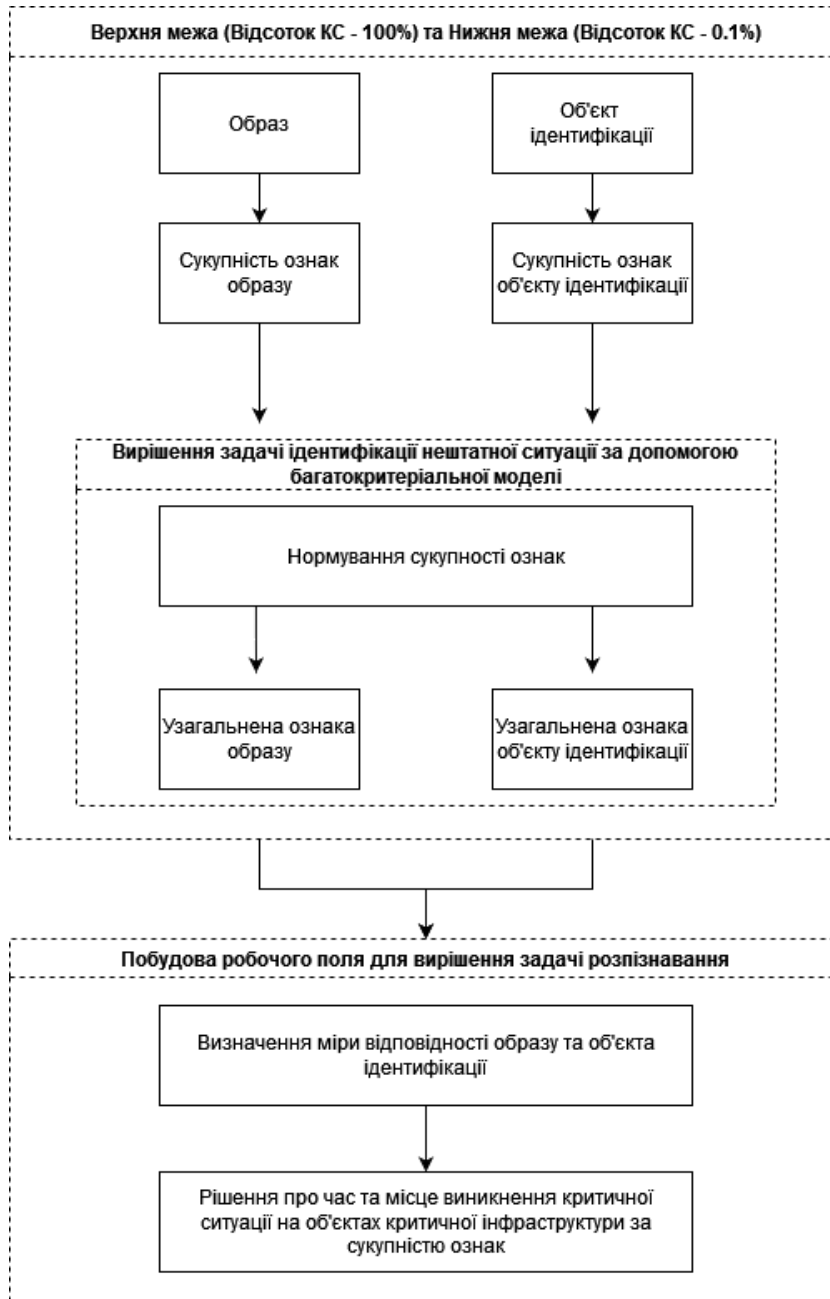


Рис. 1. Структурна схема багатокритеріальної моделі ідентифікації критичної ситуації на об'єктах критичної інфраструктури

На кожному етапі, перш за все, задається образ відносно якого здійснюється ідентифікація конкретного датчика. Під образом розуміється еталон конкретного датчика. Об'єктом ідентифікації є виявлення місця та часу на якому сталася КС.

Далі, для образу та об'єкту ідентифікації встановлюється множина ознак якими є значення показників датчиків у певний період часу.

Порівнюючи узагальнену ознаку об'єкту ідентифікації з еталоном можливо встановити міру відповідності між ними та визначити лінгвістичне рішення про розпізнавання критичної ситуації на об'єкті.

Далі подано інфологічну модель показників та критеріїв виникнення КС

Таблиця 1

Інфологічна модель показників та критеріїв виникнення КС

Показники	Значення	Показник КС	Критерій
$F_1$	$DF_1 = 30 \dots 300 \text{ ppm}$	$>70 \text{ ppm}$	$F_1 \rightarrow \max$
$F_2$	$DF_2 = 0 \dots 1$	$>0.4$	$F_2 \rightarrow \max$
$F_3$	$DF_3 = 0, 1$	1	$F_3 \rightarrow \max$
$F_4$	$DF_4 = 0 \dots 1$	$>0.3$	$F_4 \rightarrow \max$
$F_5$	$DF_5 = 0 \dots 1$	$>0.2$	$F_5 \rightarrow \max$
$F_6$	$DF_6 = 3 \dots 1000 \text{ кГц}$	$<500$	$F_6 \rightarrow \min$
$F_7$	$DF_7 = 34 \dots 44 \text{ }^\circ\text{C}$	$<36.6$	$F_7 \rightarrow \min$
$F_8$	$DF_8 = 0 \dots 380 \text{ В}$	$>225$	$F_8 \rightarrow \max$
$F_9$	$DF_9 = 0 \dots 1$	$>0.3$	$F_9 \rightarrow \max$
$F_{10}$	$DF_{10} = 0, 1$	1	$F_{10} \rightarrow \max$
$F_{11}$	$DF_{11} = 0,01 \dots 5000 \text{ мг/м}^3$	5000	$F_{11} \rightarrow \max$

Сукупність ознак еталона задається множиною

$$S_E = \{K_i\}, i = 1 \dots N, \quad (1)$$

де  $K_i$  – безпосередньо ознаки еталона, якими є дані датчиків, які розташовані на об'єктах критичної інфраструктури;

$N$  – кількість ознак еталона.

Залежно від типу розв'язуваної задачі ідентифікації еталон може бути єдиним або їх може бути декілька.

Сукупність об'єктів ідентифікації із відповідними ознаками являтимуть собою множини

$$F_1\{K_j\}, F_2\{K_j\}, \dots, F_m\{K_j\}, j = 1 \dots N_1, N_2, \dots, N_k \quad (2)$$

де  $N_1, N_2, \dots, N_k$  – кількість ознак  $m$ -го об'єкта ідентифікації.

Залежно від типу розв'язуваної задачі множини ознак образу та об'єкта ідентифікації можна розглядати як критеріальні вимоги. Тоді множини (1), (2) трансформуються до вигляду критеріальних вимог

$$S_E = \{K_1 \rightarrow \text{extr}, \dots, K_i \rightarrow \text{extr}, \dots, K_N \rightarrow \text{extr}, \quad (3)$$

$$F_1 = \{K_1 \rightarrow \text{extr}, \dots, K_j \rightarrow \text{extr}, \dots, K_{N_1} \rightarrow \text{extr},$$

$$F_2 = \{K_1 \rightarrow \text{extr}, \dots, K_j \rightarrow \text{extr}, \dots, K_{N_2} \rightarrow \text{extr}, \quad (4)$$

$$F_m = \{K_1 \rightarrow \text{extr}, \dots, K_j \rightarrow \text{extr}, \dots, K_{N_k} \rightarrow \text{extr}.$$

На підставі множини ознак формується таблиця, яка містить інформацію про образ та об'єкт ідентифікації. Нижче показана таблиця порівняльних ознак, в якій зібрано дані з датчиків.

Таблиця 2.

Порівняльні ознаки

№ з/п	Датчики	Ознаки образу та об'єкта ідентифікації					Еталон	Образ КС
		$K_1$	$K_2$	$K_3$	...	$K_{N, N_1, N_2, \dots, N_k}$		
1	$F_1$	$K_{11}$	$K_{12}$	$K_{13}$	...	$K_{1N}$	$K_{E1}$	$K_{O1}$
2	$F_2$	$K_{21}$	$K_{22}$	$K_{23}$	...	$K_{2N_1}$	$K_{E2}$	$K_{O2}$
3	$F_3$	$K_{31}$	$K_{32}$	$K_{33}$	...	$K_{3N_2}$	$K_{E3}$	$K_{O3}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
$m$	$F_m$	$K_{m1}$	$K_{m2}$	$K_{m3}$	...	$K_{mN_k}$	$K_{Em}$	$K_{Om}$

Отже, задачу ідентифікації критичної ситуації, формалізовану таким чином, можна розглядати як багатокритеріальну модель ідентифікації нештатної ситуації на об'єктах критичної інфраструктури.

Для формування узагальненої ознаки образу та об'єкта ідентифікації використовуватиметься згортка, яка має вигляд:

$$P(K_0) = \sum_{i=1}^n \gamma_{oi} (1 - K_{0i})^{-1} \rightarrow \min \quad (5)$$

де:  $i = 1 \dots k$  – кількість включених в згортку частинних критеріїв;  $\gamma_{oi}$  – нормований ваговий коефіцієнт;  $K_{0i}$  – нормативний частинний критерій

Нормування вагових коефіцієнтів реалізується за виразом

$$K_j = \frac{1/K_i}{\text{Sum}} \rightarrow \max \quad (6)$$

або

$$K_j = \frac{K_i}{\text{Sum}} \rightarrow \min \quad (7)$$

де

$$\text{Sum} = \left( \sum_i K_i + K_E + K_O \right)^{-1} \quad (8)$$

Ознаки образу та об'єкта ідентифікації нормуються в межах кожної порівняльної характеристики відносно суми їх значень, а для випадку критеріальних вимог (3), (4) – з урахуванням напряму екстремізації.

Нормування узагальнених критеріїв реалізовано за формулою:

$$K_0 = K / \max K \quad (9)$$

$$\max K = \sum_{i=1}^n \gamma_{io} (1 - [\max K_i - \Delta])^{-1} \quad (10)$$

де  $K$  – узагальнені критичні ситуації;  $\max K_i$  – найгірше з можливих значень частинного показника

$\Delta$  - коефіцієнт запасу (0,1-0,3)

Результатом застосування згортки (5) є сукупність узагальнених ознак для образу та об'єкта ідентифікації

$$P_E, P_1, P_2, \dots, P_m \quad (11)$$

Числові значення міри відповідності об'єкта ідентифікації образу розраховуються як відношення узагальнених оцінок (11) за виразами

$$W_1 = 1 - \frac{P_1}{P_E}, W_2 = 1 - \frac{P_2}{P_E}, \dots, W_m = 1 - \frac{P_m}{P_E} \quad (12)$$

З урахуванням зазначеного інтегрована оцінка ймовірності настання критичної ситуації має вигляд:

$$I = \sum_{i,j}^n (1 - K_{ij})^{-1} \quad (13)$$

Надалі, інтегрована оцінка приводиться до єдиної шкали зміни, від 0 (найкраща оцінка) до 1 (найгірша оцінка). Це досягається шляхом нормування до абстрактної найкращої оцінки для певного регіону відповідно до виразу

$$I_o = \frac{\max I}{I}, \max I = \sum_{i=1}^{15} (1 - [\min K_i + \Delta])^{-1} \quad (14)$$

Інтерпретація рішення

Таблиця 3

**Інтерпретація рішення про наявність КС**

Інтегрована оцінка ефективності $I_{\alpha}$	Лінгвістична категорія ефективності
0,95 ... 1,0	Критичні показники КС
0,85 ... 0,94	Ймовірність КС
0 ... 0,84	Відсутність критичної ситуації

Загалом, шкалу інтегрованої оцінки ефективності можна змінювати, підлаштовуючи значення під конкретну задачу.

Слід зауважити, що розв'язати задачу ідентифікації критичної ситуації за описаною моделлю можливо і за умови відсутності даних датчика у певний період часу.

Це враховується на рівні розрахунку узагальнених ознак за згортою (1.5) та нормувань (1.7) шляхом зміни лише діапазонів підсумовувань у цих виразах, або через заповнення відсутніх даних значеннями, що характеризують найгірші варіанти відповідних параметрів.

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі**

В даній роботі було описано розроблену багатокритеріальну модель ідентифікації нештатних ситуацій за сукупністю ознак. Даний метод не критичний до відповідності за складом ознак образу й об'єкта ідентифікації для реалізації процесу розпізнавання, що і вирізняє його серед аналогічних методів. Для підтвердження працездатності моделі та можливості її застосування на об'єктах критичної інфраструктури необхідно протестувати даний метод на реальних даних.

**Література**

1. Дуднік А.С. Дослідження лазерного віддалеміра з сенсорним мережним інтерфейсом [Текст] /А.С. Дуднік // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2018. – Вип. № 4/2 (42). – С.35 -40. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.141190>
2. M. Denisov, S.Donetz, A.Kalach. Detection Algorithm Ignition Source With Video// Civil Security Technology, Vol. 12, 2015
3. Абрамович А.О. Удосконалення вихрострумowego методу контролю для ідентифікації металевих предметів//Дисертація, 2021. Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/40088/1/Abramovych\\_dys.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/40088/1/Abramovych_dys.pdf)

**References**

1. Dudnik A.S. Study of a laser rangefinder with a sensor network interface [Text] /A.S. Dudnik // Technological audit and production reserves. – 2018. – Issue No. 4/2 (42). – P.35-40. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.141190>
2. M. Denisov, S.Donetz, A.Kalach. Detection Algorithm Ignition Source With Video// Civil Security Technology, Vol. 12, 2015
3. Abramovych A.O. Improvement of the eddy current control method for identification of metal objects//Dissertation, 2021. Access mode: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/40088/1/Abramovych\\_dys.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/40088/1/Abramovych_dys.pdf)