

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-74-30>

УДК 519.6

СОРОКОПУД Тетяна

Національний авіаційний університет

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

e-mail: tdomkiv@gmail.com

ПИСАРЧУК Олексій

Національний авіаційний університет

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

e-mail: platinumpa2212@gmail.com

ОЦІНКА ЯКОСТІ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЙ

В роботі наведено результати апробації багатокритеріальної моделі ідентифікації нештатних ситуацій за сукупністю ознак на об'єктах критичної інфраструктури.

Основним фактором якості побудованої моделі є оцінка результативності її показників, щодо виявлення та вирішення задачі ідентифікації нештатних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури.

Отримані результати демонструють, що запропонована модель за показниками ефективності може бути впроваджена в діючі об'єкти критичної інфраструктури.

Ключові слова: розпізнавання, багатокритеріальна модель, оцінка ефективності

SOROKOPUD Tetiana, PYSARCHUK Oleksii

National Aviation University

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THE EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF THE MULTI-CRITERION MODEL OF THE IDENTIFICATION OF EMERGENCY SITUATIONS

The task of evaluating the quality of the model refers to the analysis of complex processes. Performance evaluation is carried out in the following sequence: determination of factors, indicators and criteria; formation of a decision-making model; interpretation of the obtained result. However, for each specific task, it is necessary to form its own unique list of factors, indicators and performance criteria, followed by the determination of the decision-making model.

The purpose of the work is: to assess the quality of the application of the multi-criteria model of identification of abnormal situations at critical infrastructure facilities.

In, a multi-criteria model for identifying abnormal situations based on a set of features was described. This model is based on the object of identification and the image of a critical situation, as well as a set of their signs. Next, to solve the problem of identification of an abnormal situation using a multi-criteria model, it is necessary to normalize the set of signs and form a generalized sign of the object of identification and the image of an abnormal situation. Having received the generalized features, the model builds a working field for solving the recognition problem, namely: it determines the degree of correspondence between the image and the object of identification, and also makes a decision about the time and place of occurrence of a critical situation at critical infrastructure facilities. The paper presents the results of testing the multi-criteria model for identifying abnormal situations based on a set of signs at critical infrastructure facilities.

The main factor of the quality of the built model is the assessment of the effectiveness of its indicators, in terms of identifying and solving the problem of identifying abnormal situations at critical infrastructure facilities.

The obtained results demonstrate that the proposed model can be implemented in operational critical infrastructure facilities based on performance indicators.

Key words: recognition, multi-criteria model, performance evaluation

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Завдання оцінювання якості моделі відноситься до аналізу складних процесів [1]. Оцінювання ефективності здійснюється в послідовності: визначення факторів, показників та критеріїв; формування моделі вироблення рішення; інтерпретація отриманого результату[2]. Однак для кожного конкретного завдання необхідно формувати свій унікальний перелік факторів, показників та критеріїв ефективності з подальшим визначенням моделі вироблення рішення.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: оцінка якості застосування багатокритеріальної моделі ідентифікації нештатних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури.

Виклад основного матеріалу

У [3] було описано багатокритеріальну модель ідентифікації нештатних ситуацій за сукупністю ознак. Дана модель бере за основу об'єкт ідентифікації та образ критичної ситуації, а також сукупність їх ознак. Далі, для вирішення задачі ідентифікації нештатної ситуації за допомогою багатокритеріальної моделі необхідно виконати нормування сукупності ознак та сформуванню узагальнену ознаку об'єкту ідентифікації та образу нештатної ситуації. Отримавши узагальнені ознаки модель будує робоче поле для вирішення задачі розпізнавання, а саме: визначає міри відповідності образу та об'єкту ідентифікації, а також приймає рішення про час та місце виникнення критичної ситуації на об'єктах критичної інфраструктури.

Основним фактором якості побудованої моделі є оцінка результативності її показників, щодо виявлення та вирішення задачі ідентифікації нештатних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури.

Далі буде описано роботу моделі для одного з об'єктів критичної інфраструктури та спираючись на отримані результати сформовано висновки щодо якості розпізнавання та можливості її удосконалення.

Для визначення дієвості запропонованого підходу та враховуючи те, що в даній роботі йде мова про виявлення нештатної ситуації на об'єктах критичної інфраструктури, необхідним було побудова інтегрованої оцінки для верхньої та нижньої межі настання критичної ситуації.

Під верхню межу розуміється відсоток настання критичної ситуації 100%, нижня межа - відсоток критичної ситуації 0,1%.

Першочергово, на кожному з етапів мають бути матрично задано дані, взяті з датчиків, що розташовані на об'єктах критичної інфраструктури.

Таблиця 1.

Початкові дані з датчиків

	Час 1	Час 2	Час 3	Час 4	Час 5	Час 6	Час 7	S_E	S_O
F1	100	100	100	100	100	100	100	30	100
F2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,1	1,5
F3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5
F4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,3
F5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,05	0,2
F6	500	500	500	500	500	500	500	1000	500
F7	30	30	30	30	30	30	30	45	30
F8	225	225	225	225	225	225	225	200	225
F9	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,3
F10	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F11	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	1000	5000

Нормовані значення, що характеризують ознаки образу та об'єкта ідентифікації, отримано шляхом обчислення виразів:

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

або

$$K_j = \frac{K_i}{Sum} \rightarrow min \quad (2)$$

Результати нормування подано в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати нормування

	Час 1	Час 2	Час 3	Час 4	Час 5	Час 6	Час 7	S_E	S_O
F1	0,08823529	0,08823529	0,08823529	0,08823529	0,08823529	0,08823529	0,08823529	0,294117647	0,08823529
F2	0,04347826	0,04347826	0,04347826	0,04347826	0,04347826	0,04347826	0,04347826	0,652173913	0,04347826
F3	0,10526316	0,10526316	0,10526316	0,10526316	0,10526316	0,10526316	0,10526316	0,157894737	0,10526316
F4	0,09090909	0,09090909	0,09090909	0,09090909	0,09090909	0,09090909	0,09090909	0,272727273	0,09090909
F5	0,08333333	0,08333333	0,08333333	0,08333333	0,08333333	0,08333333	0,08333333	0,333333333	0,08333333
F6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
F7	0,10526316	0,10526316	0,10526316	0,10526316	0,10526316	0,10526316	0,10526316	0,157894737	0,10526316
F8	0,10958904	0,10958904	0,10958904	0,10958904	0,10958904	0,10958904	0,10958904	0,123287671	0,10958904
F9	0,09090909	0,09090909	0,09090909	0,09090909	0,09090909	0,09090909	0,09090909	0,272727273	0,09090909
F10	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,111111111	0,11111111
F11	0,07692308	0,07692308	0,07692308	0,07692308	0,07692308	0,07692308	0,07692308	0,384615385	0,07692308

Значення, що характеризуватимуть узагальнені ознаки для об'єкта ідентифікації і образу розраховуються за даними таблиці 2, згідно з виразом

$$I = \sum_{i,j}^n (1 - K_{ij})^{-1} \quad (3)$$

що дає змогу отримати дані у вигляді $P_E, P_1, P_2, \dots, P_m$
Інтегрована оцінка для верхньої межі має такий вигляд:

Таблиця 3

Інтегрована оцінка для верхньої межі

	Час 1	Час 2	Час 3	Час 4	Час 5	Час 6	Час 7	S_E	S_O
I	12,11095332	12,11095332	12,11095332	12,11095332	12,11095332	12,11095332	12,11095332	16,05729167	12,11095332

Відношення інтегрованої оцінки об'єкта ідентифікації до інтегрованої оцінки образу критичної ситуації обчислюється за виразом:

$$V = \frac{W_i}{W_o} \quad (4)$$

Для верхньої межі критичної ситуації відношення інтегрованих оцінок дорівнює 1. Це говорить про те, що в даному випадку критична ситуація виникла на всіх датчиках та за весь період часу.

Аналогічними є розрахунки для нижньої межі (відсоток критичної ситуації – 0,1%).

Інтегрована оцінка для нижньої межі має наступний вигляд:

Таблиця 4

Інтегрована оцінка для нижньої межі

	Час 1	Час 2	Час 3	Час 4	Час 5	Час 6	Час 7	S_E	S_O
I	12,4945816	12,4945816	12,4945816	12,4945816	12,4945816	12,4945816	12,4945816	14,32375034	12,13281704

Міра відповідності об'єкта ідентифікації образу обчислена за допомогою виразу

$$W_1 = 1 - \frac{P_1}{P_{1_Верхнямежа}}, W_2 = 1 - \frac{P_2}{P_{2_Верхнямежа}}, \dots, W_m = 1 - \frac{P_m}{P_{m_Верхнямежа}} \quad (5)$$

Та має вигляд:

Таблиця 5

Міра відповідності об'єкта ідентифікації образу

	Час 1	Час 2	Час 3	Час 4	Час 5	Час 6	Час 7	S_E	S_O
W	0,221874905	0,221874905	0,221874905	0,221874905	0,221874905	0,221874905	0,221874905		0,244404518

Для нижньої межі критичної ситуації відношення інтегрованих оцінок дорівнює 0,907818347. Це говорить про те, що в даному випадку критична ситуація не виникає на жодному з датчиків.

Далі, для ідентифікації критичної ситуації необхідно побудувати робоче поле. Для проведення експерименту було взято дані з датчиків, але в один проміжок часу задано дані, які відповідають критичній ситуації.

Таблиця 6

Робоче поле

	Час 1	Час 2	Час 3	Час 4	Час 5	Час 6	Час 7	S_E	S_O
F1	1	1	1	1	1	1	100	30	100
F2	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	1,5	0,1	1,5
F3	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	1	1,5
F4	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,1	0,3
F5	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,05	0,2
F6	5	5	5	5	5	5	5	1000	500
F7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	45	30
F8	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	200	225
F9	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,1	0,3
F10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1	1
F11	50	50	50	50	50	50	50	1000	5000

Інтегрована оцінка для робочого поля має такий вигляд:

Таблиця 7

Інтегрована оцінка для робочого поля

	Час 1	Час 2	Час 3	Час 4	Час 5	Час 6	Час 7	S_E	S_O
I	12,55808512	12,55808512	12,55808512	12,55808512	12,55808512	12,55808512	12,17005043	14,32805127	12,13327473

Міра відповідності об'єкта ідентифікації образу має вигляд:

Таблиця 8

Міра відповідності об'єкта ідентифікації образу

	Час 1	Час 2	Час 3	Час 4	Час 5	Час 6	Час 7	S_E	S_O
W	0,217920096	0,217920096	0,217920096	0,217920096	0,217920096	0,217920096	0,242085734		0,244404518

Для робочого поля відношення інтегрованих оцінок можна відобразити у вигляді наступної таблиці.

Таблиця 9

Відношення інтегрованих оцінок

	Час 1	Час 2	Час 3	Час 4	Час 5	Час 6	Час 7
V	0,891740938	0,891740938	0,891740938	0,891740938	0,891740938	0,891740938	0,990628046

Обчислення Δ виконується за формулою:

$$\Delta_1 = P_{1_Верхнямежа} - P_{1_Нижнямежа}, \dots, \Delta_m = P_{m_Верхнямежа} - P_{m_Нижнямежа} \quad (6)$$

Тобто, за формулою (6) Δ має значення 0,092181653 для кожного з об'єктів ідентифікації.

Межа спрацювання обчислюється за формулою:

$$M_i = V_i + (\Delta_i \cdot 60\%) \quad (7)$$

Та в даному випадку, для робочого поля, межа спрацювання дорівнює 0,95492037.

Отримані результати доцільно відобразити на графіку, який і покаже якість розпізнавання критичної ситуації.

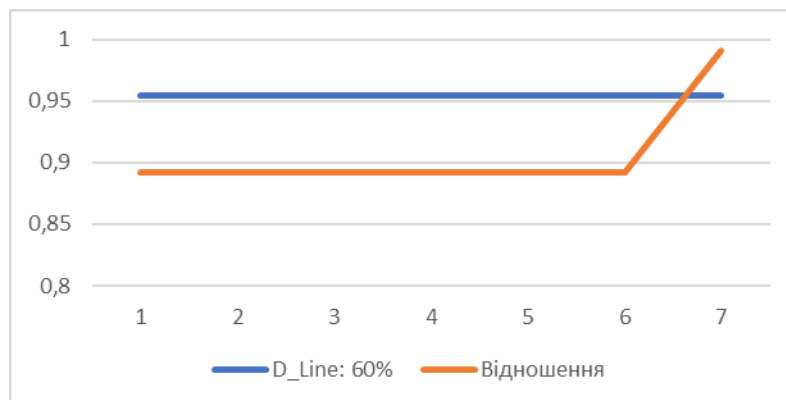


Рис. 1. Результати розпізнавання

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В даній роботі було покроково описано апробацію розробленої багатокритеріальної моделі ідентифікації нештатних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури. Аналізуючи отримані дані, можна з легкістю визначити якість роботи моделі та порівняти отримані результати з вхідними даними та зробити висновки щодо часу настання критичної ситуації та датчику, на якому дана ситуація виникла. Дану модель було протестовано на декількох об'єктах критичної інфраструктури та отримані дані зведено в єдину систему, яка відображає не тільки час та місце виникнення критичної ситуації, а й об'єкт критичної інфраструктури на якому це сталося.

Література

1. Писарчук О. О. Методика багатокритеріальної оцінки ефективності процесів функціонування та використання складних інформаційних систем / О. О. Писарчук // Захист інформації : зб. наук. праць НАУ. – 2009. – Вип. 16. – С. 284–289.

2. Писарчук О.О., Гуменюк М.О., Тимчук С.В. Математична модель ситуаційного синтезу автоматизованої системи збирання і оброблення інформації від технічних засобів моніторингу// Системні дослідження та інформаційні технології. – 2017. – С. 19-28
3. Сорокопуд Т., Писарчук О. Багатокритеріальна модель ідентифікації нештатних ситуацій за сукупністю ознак. – 2023р.
4. СОРОКОПУД, Т., & ПИСАРЧУК, О. (2023). БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА МОДЕЛЬ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЙ ЗА СУКУПНІСТЮ ОЗНАК. *MEASURING AND COMPUTING DEVICES IN TECHNOLOGICAL PROCESSES*, (1), 193–197. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-73-1-26>

References

1. O. O. Pysarchuk. Methodology of multi-criteria evaluation of the effectiveness of the processes of operation and use of complex information systems / O. O. Pysarchuk // Protection of information: coll. of science works of NAU. – 2009. – Issue 16. – pp. 284–289.
2. Pysarchuk O.O., Humenyuk M.O., Tymchuk S.V. Mathematical model of situational synthesis of the automated system of collecting and processing information from technical means of monitoring// System research and information technologies. – 2017. – P. 19-28
3. Sorokopud T., Pysarchuk O. Multi-criteria model of identification of abnormal situations based on a set of signs. – 2023
4. СОРОКОПУД Т., & ПИСАРЧУК О. (2023). MULTI-CRITERION MODEL OF IDENTIFICATION OF EMERGENCY SITUATIONS ACCORDING TO A SET OF SIGNS. *MEASURING AND COMPUTING DEVICES IN TECHNOLOGICAL PROCESSES*, (1), 193–197. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-73-1-26>