

попередніх етапів управління ризиками і в автоматизованому режимі давати відповіді оперативному персоналу станцій в складних транспортних ситуаціях, що стосуються організації та реалізації перевізного процесу [3].

[1] Пайнтер К., Даллас Т. Ризик-менеджмент в проектах: [пер. з англ.]. — Київ: Видавничий дім "БУКВИ", 2019. — 408 с.

[2] Abdelhamid, T. E., & Bukhres, O. A. Risk Analysis and Management for Critical Asset Protection. — Boca Raton, CRC Press, 2009. 518 p.

[3] Кульова Д.О. Формування автоматизованої технології перевезення небезпечних вантажів на основі ризик-орієнтованих підходів: дис. ... д-ра філос. Харків, 2020. 192 с.

**UDC 004.89**

### **DETERMINATION OF CONTROLLING INFLUENCES OF THE INTELLIGENT CONTROL SYSTEM BASED ON MULTISENSOR DATA INTEGRATION**

*N.M. Lazarieva<sup>1</sup>, O.O. Lazarieva<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Ukrainian State University of Railway Transport,*

<sup>2</sup>*V. N. Karazin Kharkiv National University*

The ability of modern intelligent technologies to model the control capabilities of a human operator, such as identifying situations, making decisions and determining the necessary control influence, requires the construction of a knowledge base that adequately describes the dependence of the output signal on the current situation. The basis for generating a control signal is the completeness and reliability of input information.

To control real dynamic objects, in particular, technological processes in transport, it is necessary to accurately define the variables that give a complete description of the dynamics of the control object and the environment. However, a complete definition cannot be achieved due to the incomplete description of the process and influencing factors, the inaccuracy of the measured data or the impossibility of obtaining them due to the complexity of the process. The influence of such random factors as road conditions, wear and tear of structural elements of vehicles, wind gusts cannot be measured and taken into account, which leads to a error of control signal.

Computer modeling of the response surface [1] shows a significant influence of the environmental condition on the output control signal for certain inputs. A 3D graph of the dependence of the output value is shown in Figure 1.

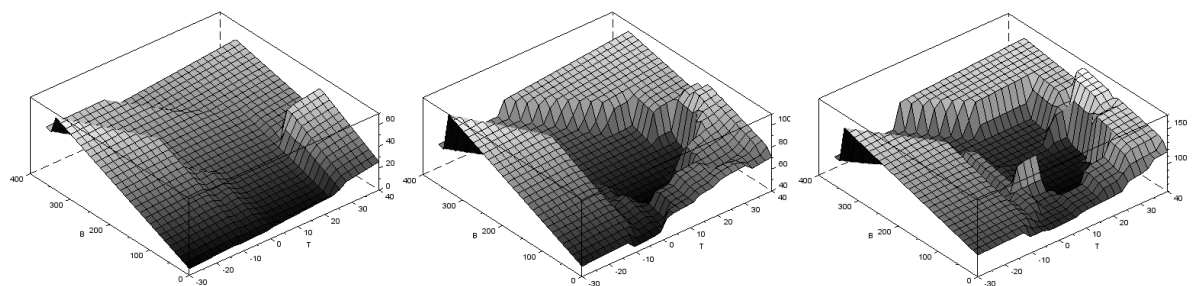


Fig. 1. Dependence of the response function on the state of the environment

To reduce the uncertainty of data about the state and dynamics of the object, it is necessary to form consistent and reliable information by processing the maximum available amount: from heterogeneous sensors, sensory devices and linguistic data that have a direct or indirect influence on the dynamics of the process. Multisensory integration of numerical data and linguistic information coming from different sources allows to combine information about the characteristics of the object and the state of the environment to reduce uncertainty and predict the dynamics of changes. Integration takes place programmatically using special algorithms, creating so-called soft sensors.

Modern implementation of virtual soft sensors is performed by fuzzy logic and neural networks. To calculate the values of the fuzzy system control signal, the relationship between the input data is determined using classical fuzzy logic operations. The aim is to synthesize sequential algorithms of local modules for processing input data and to build a procedure for combining them at the inputs of a fuzzy control system. The obtained data are the basis for the classification of the state of the object and generation of the control signal.

At the instant of time  $t$ , the state of the object is a point in the space of possible states given by the vector  $\vec{q}_t = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ . The size of the space is determined by the number of possible configurations of the input variables. The separation of the current situations, which are formed in real time, is determined by the control rules for the transition from a possible state to a desired one. At the same time, the existence of a certain number of classes of comparable configurations of input variables in the space of possible states for which control is equivalent is assumed.

The construction of a fuzzy control model is reduced to the search for the mapping of the input  $n$ -dimensional vector of the state of the object and the environment  $\vec{q}_t = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  into the control influence  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$  in the space of the output control signals [2], which can be described by Sugeno fuzzy knowledge base in the form of rules  $R^{(k)}$ :

$$R^{(k)} : IF (x_1 IS A_1^k AND \dots x_n IS A_n^k) THEN y = f^{(k)}(x_1, \dots, x_n), i = 1, \dots, n,$$

where the outputs are a linear function of the input variables:

$$f^k(x_1, \dots, x_n) = c_0^k + c_1^k x_1 + \dots + c_m^k x_m, j = 1, \dots, m.$$

This requires the processing of input information, the separation of certain

groups of sensor data coming to the input of the intelligent system, based on the correlation of these values to determine the real state of the object and the need for control.

Thus, the logic of the control process is able to take into account the maximum amount of information when making a decision to minimize error, providing indicators of accuracy and control efficiency that are not inferior to a human operator due to the absence of errors.

[1] Лазарева Н.М. Моделювання поверхні відгуку за нечіткою базою Сугено. IV Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Сучасні інформаційні технології та системи в управлінні» (20-21 квітня 2023 р.) м. Київ – Ярослав.

[2] Lazarieva N. Modeling of multi-factory dependences in complex control systems by Sugeno fuzzy knowledge base. ISSN 2710 – 1673 Artificial Intelligence 2023 № 1. <https://doi.org/10.15407/jai2023.01.138>.

УДК 656.259

## ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ПАКЕТІВ ПРИ АНАЛІЗІ РЕЙКОВИХ КІЛ

## APPLICATION OF MATHEMATICAL PACKAGES IN THE ANALYSIS OF RAIL CIRCLES

*О.В. Лазарєв, В.А. Кучеренко*

*Український державний університет залізничного транспорту*

*O. V. Lazariiev, V. A. Kucherenko*

*Ukrainian State University of Railway Transport*

Сучасний навчальний процес важко реалізувати без використання комп'ютерів. Необхідним інструментом при освоєнні спеціальних дисциплін є математичне моделювання. Сучасні математичні пакети дають можливість використовувати різноманітні інструментальні програмні засоби та середовища, такі як MathCad, MATLAB, Scilab та багато інших, що суттєво спрощують процес моделювання.

Для розрахунку рейкових кіл довгий час використовувалась програма MathCad, що має простий інтерфейс, обчислення на рівні візуального запису виразів у загальноживаній математичній формі. Однак зараз цей застосунок є платним, що обмежує його використання серед студентів. До того ж математичні можливості MathCad поступаються іншим сучасним програмам.