



Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"

National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute"



Сучасні Інформаційні системи

Advanced Information Systems

Sučasnì ìnformacìjnì sistemi

Том 7, № 3

Volume 7, No. 3

**Щоквартальний
науково-технічний журнал**

**Quarterly
scientific and technical journal**

Заснований у березні 2017 року

Founded in March 2017

У журналі публікуються результати досліджень з експлуатації та розробки сучасних інформаційних систем у різних проблемних галузях. Журнал призначений для наукових працівників, викладачів, докторантів, аспірантів, а також студентів старших курсів відповідних спеціальностей.

The journal publishes the research study from the usage and development of advanced information systems in various problem areas. The journal is intended for researchers, lecturers, doctoral students, postgraduate students, and for senior students of the corresponding specialties.

Засновник і видавець:

Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"

Founder and publisher:

National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute"

Кафедра:

Комп'ютерна інженерія та програмування,
вул. Кирпичова, 2, 61002, м. Харків, Україна

Department:

Computer Engineering and Programming,
61002, Ukraine, Kharkiv, Kyrpychova str., 2

Телефон: +38 (057) 707-61-65

Phone: +38 (057) 707-61-65

E-mail редколегії:

Heorhii.Kuchuk@khpі.edu.ua

E-mail of the editorial board:

Heorhii.Kuchuk@khpі.edu.ua

Інформаційний сайт:

<http://ais.khpi.edu.ua>

Information site:

<http://ais.khpi.edu.ua>

*Затверджений до друку Вченою Радою Національного технічного університету
"Харківський політехнічний інститут" (протокол від 15 вересня 2023 року № 7).*

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 22522-12422Р від 13.01.2017 р.

Включений до "Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії" до категорії Б – наказом Міністерства освіти і науки України від 07.05.2019 № 612 (додаток 7, п. 33)

Харків • 2023

З М І С Т

МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

<i>Александров Є. Є., Александрова Т. Є., Костяник І. В., Моргул Я. Ю.</i> Вибір множини допустимих значень варіюваних параметрів стабілізатора складного динамічного об'єкта (eng.)	5
<i>Левченко Л. О., Біляєв М. М., Біляєва В. В., Аушева Н. М., Тихенко О. М.</i> Методологія моделювання поширення радіоактивних речовин у випадку аварійного викиду на атомній електростанції (eng.)	13

МЕТОДИ СИНТЕЗУ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

<i>Васильченко О. Г., Сальніков Д. В., Караман Д. Г.</i> Прискорення аналізу булевих мереж регуляції генів за допомогою FPGA (eng.)	18
<i>Гадецька С. В., Дубницький В. Ю., Кушнерук Ю. І., Ходирєв О. І.</i> EXCEL-орієнтовані процедури визначення ентропії функції розподілу та її відносної параметричної чутливості (еластичності) в умовах двосторонніх обмежень на область значень неперервної випадкової величини	26

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

<i>Раскін Л. Г., Карпенко В. В., Іванчихін Ю. В., Соколов Д. Д.</i> Діагностика стану систем в умовах малої вибірки вихідних даних (eng.)	39
<i>Шишацький А. В., Стасюк Т. О., Одарущенко О. Б., Березанська К. С., Дем'яненко Г. В.</i> Методика оцінки стану ієрархічних об'єктів на основі біоінспірованих алгоритмів (eng.)	44

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

<i>Мельниченко А. В., Здор К. А.</i> Ефективність використання додаткових виходів у сіамських нейронних мережах (eng.)	49
<i>Чалий С. Ф., Лещинський В. О.</i> Можливісна контрфактуальна модель каузальної залежності по одній вхідній змінній в задачі побудови пояснень (eng.)	54

МЕТОДИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

<i>Подорожняк А. О., Любченко Н. Ю., Олійник В. М., Рог В. Є.</i> Дослідження застосування алгоритмів фільтрації спаму та виявлення спамерів у соціальних мережах та месенджерах (eng.)	60
--	----

TABLE OF CONTENTS

INFORMATION SYSTEMS MODELING

<i>Yevgen Aleksandrov, Tetiana Aleksandrova, Iryna Kostianyk, Yaroslav Morgun</i> Selection of the set of allowable values of the variable parameters of the stabilizer of a complex dynamic object	5
<i>Larysa Levchenko, Mykola Biliaiev, Viktoriia Biliaieva, Nataliia Ausheva, Oksana Tykhenko</i> Methodology for modeling the spread of radioactive substances in case of an emergency release at a nuclear power plant	13

METHODS OF INFORMATION SYSTEMS SYNTHESIS

<i>Oleg Vasylychenkov, Dmytro Salnikov, Dmytro Karaman</i> Acceleration of boolean gene regulatory networks analysis using FPGA	18
<i>Svitlana Gadetska, Valeriy Dubnitskiy, Yuri Kushneruk, Alexander Khodyrev</i> EXCEL-oriented procedures for determining the entropy of a distribution function and its relative parametric sensitivity (elasticity) under the conditions of two-sided restrictions on the range of values of a continuous random variable (ukr)	26

INFORMATION SYSTEMS RESEARCH

<i>Lev Raskin, Viacheslav Karpenko, Yuriy Ivanchykhin, Dmitro Sokolov</i> Diagnosis of systems under conditions of small initial data sampling	39
<i>Andrii Shyshatskyi, Tetiana Stasiuk, Elena Odarushchenko, Karina Berezanska, Hanna Demianenko</i> Method of assessing the state of hierarchical objects based on bio-inspired algorithms	44

INTELLIGENT INFORMATION SYSTEMS

<i>Artem Melnychenko, Kostyantyn Zdor</i> Efficiency of supplementary outputs in siamese neural networks	49
<i>Serhii Chalyi, Volodymyr Leshchynskyi</i> Probabilistic counterfactual causal model for a single input variable in explainability task	54

METHODS OF INFORMATION SYSTEMS PROTECTION

<i>Andrii Podorozhniak, Nataliia Liubchenko, Vasyl Oliinyk, Viktoriia Roh</i> Research application of the spam filtering and spammer detection algorithms on social media and messengers	60
---	----

Петровська І. Ю., Кучук Г. А.

Адаптивний метод розподілу ресурсів
для обробки даних і підвищення
безпеки хмарного середовища (eng.) 67

ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Гасанов А. Г., Гашимов Е. Г.,

Зульфугаров Б. С.

Порівняльний аналіз ефективності різних типів
накопичувачів енергії (eng.) 74

Пащенко Р. Е., Марюшко М. В.

Оцінка стану різних сільськогосподарських
культур з використанням фрактального аналізу 81

Алфавітний покажчик 89

Inna Petrovska, Heorhii Kuchuk

Adaptive resource allocation method
for data processing and security
in cloud environment 67

APPLIED PROBLEMS OF INFORMATION SYSTEMS OPERATION

Arif Hasanov, Elshan Hashimov,

Bakir Zulfugarov

Comparative analysis of the efficiency
of various energy storages 74

Ruslan Pashchenko, Maksym Mariushko

Estimation the state of different agricultural
cultures with use fractal analysis (ukr) 81

Alphabetical index 89

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей
відповідальність несе автор.

Географія статей цього номера



Азербайджан
Azerbaijan



Україна
Ukraine

Організації авторів

Національний університет оборони, Баку, Азербайджан
Азербайджанський технічний університет, Баку,
Азербайджан
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації
імені Героїв Крут, Полтава, Україна
Дніпровський національний університет імені
О. Гончара, Дніпро, Україна
Київський національний університет імені Тараса
Шевченка, Київ, Україна
Науково-дослідний інститут воєнної розвідки, Київ, Україна
Науково-дослідний центр Збройних Сил "Державний
Океанаріум", Одеса, Україна
Національний авіаційний університет, Київ, Україна
Національний технічний університет «Харківський
політехнічний інститут», Харків, Україна
Полтавський державний аграрний університет, Полтава,
Україна
Харківський національний університет внутрішніх справ,
Харків, Україна
Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна,
Харків, Україна
Національний технічний університет України «КПІ імені
Ігоря Сікорського», Київ, Україна
Український державний університет науки і технологій,
Дніпро, Україна
Харківський національний університет радіоелектроніки,
Харків, Україна
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет, Харків, Україна
Харківський національний університет Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

Authors affiliation

National Defense University, Baku, Azerbaijan
Azerbaijan Technical University, Baku,
Azerbaijan
Military Institute of Telecommunications and Information
Technologies, Poltava, Ukraine
Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro,
Ukraine
Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv,
Ukraine
Defence Intelligence Research Institute, Kyiv, Ukraine
Scientific and research center of the Armed Forces
"State Oceanarium", Odesa, Ukraine
National Aviation University, Kyiv, Ukraine
National Technical University "Kharkiv Polytechnic
Institute", Kharkiv, Ukraine
Poltava State Agrarian University,
Poltava, Ukraine
Kharkiv National University of Internal Affairs, Kharkiv,
Ukraine
V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv,
Ukraine
National Technical University "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
Ukrainian State University of Science and
Technologies, Dnipro, Ukraine
Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine
Kharkiv National Automobile and Highway University,
Kharkiv, Ukraine
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine

Andrii Shyshatskyi¹, Tetiana Stasiuk², Elena Odarushchenko³, Karina Berezanska⁴, Hanna Demianenko⁵

¹Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv, Ukraine

²Sergeant Military College of Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Poltava, Ukraine

³Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

⁴Defence Intelligence Research Institute, Kyiv, Ukraine

⁵Scientific and research center of the Armed Forces "State Oceanarium", Odesa, Ukraine

METHOD OF ASSESSING THE STATE OF HIERARCHICAL OBJECTS BASED ON BIO-INSPIRED ALGORITHMS

Annotation. Relevance. Nowadays, no state in the world is able to work on the creation and implementation of artificial intelligence in isolation from others. Artificial intelligence technologies are actively used to solve both general and highly specialized tasks in various spheres of society. In the process of assessing (identifying) the state of complex and objects of analysis and management, there is a high degree of a priori uncertainty regarding their state and a small amount of initial data describing them. At the same time, despite the huge amount of information, the degree of non-linearity, illogicality and noisy data is increasing. That is why the issue of improving the efficiency of assessing the condition of complex and objects is an important and urgent issue. **The object of research** is the objects of analysis. **The subject of the research** is the identification and forecasting of the analysis objects state with the help of bio-inspired algorithms. In the research, the evaluation and forecasting method was developed using fuzzy cognitive maps and the genetic algorithm. **The novelty of the proposed method** consists in: taking into account the degree of uncertainty about the object state while calculating the correction factor; adding a correction factor for data noise as a result of distortion of information about the object state; reduction of computing costs while assessing the objects state; creation of a multi-level and interconnected description of hierarchical objects; adjusting the description of the object as a result of changing its current state using a genetic algorithm; the possibility of performing calculations with the original data, which are different in nature and units of measurement. It is advisable to implement the mentioned method in specialized software, which is used to analyze the state of complex technical systems and make decisions.

Keywords: objects of analysis; bio-inspired algorithms; complex technical systems; fuzzy cognitive maps; uncertainty.

Introduction

Nowadays, no state in the world is able to work on the creation and implementation of artificial intelligence (AI) in isolation from others. The NATO Strategy on artificial intelligence, adopted in October 2021 with the aim of accelerating the implementation of AI, interprets AI as an opportunity to achieve technological superiority, but at the same time as a source of threats, and sets the following aims:

- acceleration and active promotion of AI implementation;

- protection and monitoring of AI technologies and innovative capabilities, taking into account security policy considerations, such as the practical application of the principles of responsible use;

- detection and protection against threats of malicious use of AI.

AI has become widely used in solving various tasks in [1–3]:

- ecology and agriculture;
- telecommunication industry, production and energy industry;

- medicine, scientific activity and education;
- sphere of security and defense of Ukraine, etc.

AI is used to increase the efficiency of data processing, processing of large data sets and decision making support [3–5].

At the same time, despite the huge amount of information, the degree of non-linearity, illogicality and noisy data is increasing.

Crisis phenomena, the current political and economic situation in the world cause global changes in all spheres of human activity, which significantly complicates the forecasting of time series based only on historical data.

In the development and future changes of time series, there is a reflexivity between events, their participants and the actually predicted process (time series), between the researcher and the researched process [2].

The theory of reflexivity in the economic world suggests that the situation that has arisen affects the behavior of the process participants themselves, their thinking and behavior affect the development of the situation in which they are participants [3].

It is clear that using only one time series forecasting tool, no matter how powerful it is, it is impossible to reflect and take into account the situation and events that affect the researched process, since the neural network works with historical data. A practical way out of the situation is the development of such methods that could operate both with cause-and-effect relationships between events, the predicted process and with the numerical values of the time series and its historical data.

Therefore, it is advisable to develop a hybrid forecasting system capable of handling both qualitative and quantitative data.

Analysis of changes in the forms and methods of armed conflicts in recent decades [1–5] and trends in the development of information systems of various

functional purposes [6–10] convincingly indicate the need to change approaches to:

- collecting information from various sources;
- analysis of various data types;
- information presentation forms;
- order of storage and access to various data types;
- integration of disparate sources of information into a single information space.

Taking into account the above, **the aim of this research** is to develop a method of assessment and forecasting using fuzzy cognitive maps.

Presentation of the main material

The method of assessment and forecasting using fuzzy cognitive maps consists of the following interrelated procedures.

1. *Entering initial data about the object state.*
2. *Initialization of the initial object state model.*
3. *Introduction of correction coefficients for noise and a priori uncertainty about the object state using expressions [2].*

As a rule, due to the lack of a priori information about the coefficients and the order of the differential equation, the use of the binary representation of the optimization variables becomes difficult and ineffective in the sense of finding a solution. However, when there is information about the degree of data noise and the degree of uncertainty about the object state, it becomes possible to increase the accuracy of constructing fuzzy cognitive maps.

4. *A construction of a fuzzy cognitive map of the object state.*

According to the accepted transition from a vector (an individual) to a differential equation, the vector, taking into account the peculiarities of the chosen presentation of the solution, contains information about the order, structure and coefficients of the differential equation, which must be taken into account to improve the operation of the algorithm [11–15].

In order to build a cognitive map that reflects the dynamic properties of the situation, it is necessary to determine the scale of factor values and their increase.

To construct a factor scale, a set of linguistic values of the factor is defined and structured. While determining the linguistic values, the absolute values of the factor are used, not its evaluations of the type "large", "medium", "small".

With this definition of the linguistic values of the situation factors, an objective standard of its meaning is set – a reference point. The assignment of an objective benchmark of the value of the factor facilitates the work of experts regarding the influence of factors and reduces expert errors.

The task of the forecast is reduced to the maxtriangular composition of the matrix of weights and the vector of initial increases of features.

This algorithm works for positive definite matrices, while in this case the elements of the adjacency matrix and increment vectors can take on negative and positive values.

The following adjacency matrix transformation rule is used

$$W = |w_{ij}sl|_{n \times n}$$

with positive and negative elements to a positive definite dual matrix $W = |w'_{ij}sl|_{2n \times 2n}$:

if $(w_{ij}sl) > 0$, then

$$w'_{i(2j-1)}s(2l-1) = w_{ij}sl, w'_i(2j)s(2l) = w_{ij}sl; \quad (1)$$

if $(w_{ij}sl) < 0$, then

$$\begin{aligned} w'_{i(2j)}s(2l) = \\ = -w_{ij}sl, w'_i(2j)s(2l-1) = -w_{ij}sl. \end{aligned} \quad (2)$$

The initial vector of increments $P(t)$ and the vector of predictive values of features $P(t+1)$ in this case should have a dimension of $2n$. The rule for obtaining the initial growth vector $P'(t)$ of dimension $2n$ from the initial vector $P(t)$ of dimension n is the following:

if $p_{ij}(t) > 0$, then

$$p'_i(2j-1)(t) = p_{ij}(t), p'_i(2j)(t) = 0; \quad (3)$$

if $p_{ij}(t) < 0$, then

$$p'_i(2j)(t) = p_{ij}(t), p'_i(2j-1)(t) = 0. \quad (4)$$

In vector

$$P'(t) = (p_{11-}, p_{11+}, \dots, p_{nm-}, p_{nm+})$$

the value of the attribute f_{ij} characterizes two elements: the element with the index $2j$ characterizes the positive p_{ij+} and with an index $2j-1$ – negative; p_{ij-} – increase of the f_{ij} .

Then the double vector of increments $P'(t+1)$ for a positive definite matrix W' is determined using the following equation:

$$P'(t+1) = P'(t) \circ W', \quad (5)$$

where to calculate the element of the vector $P'(t+1)$, we use the rule:

$$p'_{ij}(t+1) = \max_{sl} (p'_{ij}sl(t) * w'_{ij}sl), \quad (6)$$

Elements of vectors of increments of feature values obtained at successive moments of time $P'(t+1), \dots, P'(t+n)$, after transposition they are presented in the form of a block matrix:

$$P_t = |P'(t+1)T, \dots, P'(t+n)T|. \quad (7)$$

The rows of this matrix are the value of the increase of one feature at successive time points, the columns are the values of the increase of all the features at the time point corresponding to the selected column. Matrix P_t is called the growth matrix and is used during the operation of algorithms for explaining forecasts of the development of the situation [16–18].

5. Forecasting the dynamics of changes in the object state

Given a set of factors of the situation

$$F = \{f_j\}, j = 1, \dots, m; \quad Z_j = \{z_{jk}\}$$

is the ordered set of linguistic values of the i -th factor, k is the number of the linguistic value and the scales of all X_i factors are determined.

The cognitive map (F, W) is determined expertly, where F is a set of vertices – factors of the situation, $W = |w_{ij}|$ is the adjacency matrix and the initial state of the situation as a vector of values of all factors of the situation:

$$X(0) = (x_{10}, \dots, x_{m0}).$$

The initial vector of the increase in the factors of the situation $P(t) = (p_1, \dots, p_m)$ is defined.

It is necessary to find the state vectors of the situation $X(t), X(t+1), \dots, X(t+n)$ and vectors of increasing the state of the situation $P(t), P(t+1), \dots, P(t+n)$ at successive discrete points in time $t, t+1, \dots, t+n$, where t is the number of the step (clock) of the simulation.

The forecast of the development of the situation is determined using the matrix equation:

$$P(t+1) = P(t) \circ W,$$

where $(\circ)$ is the *max-product* rule:

$$p_i(t+1) = \max_j (p_j(t) w_{ij}).$$

Vector element of the forecast of the development of the situation $p_i(t+1) \in P(t+1)$ represented by a couple: $\langle p_i(t+1), c_i(t+1) \rangle$, where $p_i(t+1)$ is the value of the increase factor, $c_i(t+1)$ is the consonance of the factor value. Cognitive consonance about the factor value is used to characterize the subject's confidence in the results of the simulation. At $c_i(t) \approx 1$ confidence of the subject in increasing the factor $p_i(t)$ is maximum, and at $c_i(t) \approx 0$ is minimal

The state of the situation at successive moments of time will be determined by the pair:

$$\langle X(t+1), C(t+1) \rangle,$$

where $X(t+1) = X(t) + P(t+1)$ is the vector of the state of the situation (an element of this vector $x_i(t+1) = x_i(t) + p_i(t+1)$, cognitive consonance of meaning $c_i(t+1) \in C(t+1)$).

A plausible forecast of the development of the situation in this case will be determined by a pair

$$\langle X(m), C(m) \rangle,$$

where $X(m) = (x_1(m), \dots, x_m(m))$ is a vector of the

situation factors values at the moment $t = m$; $C(m) = (c_1(m), \dots, c_m(m))$ is the consonance vector of the values of the factors of the situation at the moment $t = m$.

6. Learning a fuzzy cognitive map using a genetic algorithm

We suppose there is a set of $3N$ lines of historical data (further – training material) about the state of concepts in the system. From the point of view of the task of forecasting based on concept increments, concept increments from the i -th iteration to $k(i+1)$ iterations constitute the initial vector of increments. In this case, the fuzzy cognitive map should show that with a similar initial increment vector, the values of the concepts will change in such a way that the results of their increase will lead to the values at $(i+2)$ iterations.

Let $A_i(t)$ be the value of the concept at time t . From the specification of the training material given above, we will consider the three lines: $A_i(t), A_i(t+1), A_i(t+2)$.

Let's define

$$x_i = \frac{A_i(t+1) - A_i(t)}{A_i(t)}, y_i = \frac{A_i(t+2) - A_i(t)}{A_i(t)},$$

x are the initial increment vectors, y are the resulting increase vectors.

A genetic algorithm is proposed to solve the learning task. A one-dimensional array of values is distinguished as a chromosome, in which a two-dimensional array of weights of a fuzzy cognitive map is laid out. Each value in this array is called a gene. Let's define the main steps of the algorithm:

1. For all non-zero weight values of the original map, a new non-zero weight value set by a small random is determined. The initial non-zero weight values are determined by the expert (the non-zero value can be any, its only purpose is to indicate that, in the opinion of the expert, there is a causal relationship between the two selected concepts).

2. Step 1 is repeated *Population Size* times. Therefore, the initial population of random solutions is formed.

3. A *fitness function* is determined for each chromosome (the type of fitness function is described below).

4. The pool of parents is determined by the "roulette" method.

5. "Elite individuals" are added to the pool of parents. Elite individuals in genetic algorithms mean individuals that showed the best value of the fitness function in the last several generations (one individual per generation).

6. Chromosomes that have entered the pool of parents cross over. Crossing of chromosomes A and B occurs as follows. The crossing limit is randomly determined. We denote the A_{l+} part of chromosome A , which consists of genes located starting from l , and A_{l-} is the part of the chromosome that is located before l . Then, in the result of crossing will be two chromosomes: $A_{l-}B_{l+}$ and $B_{l-}A_{l+}$. The probability of crossing is determined in advance. If crossover does not occur, both parental chromosomes pass unchanged into the offspring population.

7. A new population is formed from the offspring obtained in step 6 (its size exactly matches the size of the population at the previous stage of the algorithm).

8. Mutations occur in the offspring population. In mutation, a random gene is selected and replaced with a new random value. The probability of mutation is predetermined. If there is no mutation, the chromosome is transformed into the next iteration of the algorithm unchanged.

9. The following generation parameters are determined: an elite individual (an individual with the best value of the adaptability degree) to preserve its gene pool; the average value of the fitness of the population (only relevant for evaluating the convergence of the algorithm); the value of adaptation of an elite individual.

10 If the fitness value of the elite individual is greater than the predetermined maximum fitness value, the algorithm stops and the selected chromosome is decomposed into the adjacency matrix of the fuzzy cognitive map (training is considered complete). Otherwise, the transition to step 3 takes place.

The end.

The conclusion from the article

1. In the research, the method of assessment and forecasting was developed using fuzzy cognitive maps.

2. The novelty of the proposed method consists in: taking into account while calculating the correction factor for the degree of uncertainty about the object state;

adding a correction factor for data noise as a result of distortion of information about the object state;

the reduction of computing costs while assessing the object state;

the creation of a multi-level and interconnected description of hierarchical objects;

adjusting the description of the object as a result of changing its current state using a genetic algorithm;

the possibility of carrying out calculations with initial data that are different in nature and units of measurement.

3. It is advisable to implement the specified method in specialized software, which is used to analyze the state of complex technical systems and make management decisions.

REFERENCES

1. Dudnyk, V., Sinenko, Yu., Matsyk, M., Demchenko, Ye., Zhyvotovskiy, R., Repilo, Iu., Zabolotnyi, O., Simonenko, A., Pozdniakov, P. and Shyshatskiy, A. (2020), "Development of a method for training artificial neural networks for intelligent decision support systems", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 3, No. 2 (105), pp. 37–47, doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301>.
2. Sova, O., Shyshatskiy, A., Salnikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O. and Hrokholskiy, Y. (2021), "Development of a method for assessment and forecasting of the radio electronic environment", *EUREKA: Physics and Engineering*, Vol. (4), pp. 30–40, doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001940>.
3. Pievtsov, H., Turinskiy, O., Zhyvotovskiy, R., Sova, O., Zvieriev, O., Lanetskii, B. and Shyshatskiy, A. (2020), "Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation", *EUREKA: Physics and Engineering*, Vol. (4), pp. 78–89, doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>.
4. Zuiev, P., Zhyvotovskiy, R., Zvieriev, O., Hatsenko, S., Kuprii, V., Nakonechnyi, O., Adamenko, M., Shyshatskiy, A., Neroznak, Y. and Velychko, V. (2020), "Development of complex methodology of processing heterogeneous data in intelligent decision support systems", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 4, No. 9 (106), pp. 14–23, doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>.
5. Shyshatskiy, A., Zvieriev, O., Salnikova, O., Demchenko, Ye., Trotsko, O. and Neroznak, Ye. (2020), "Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System", *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, Vol. 9, No. 4, pp. 5583–5590, doi: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/206942020>.
6. Yeromina, N., Kurban, V., Mykus, S., Peredrii, O., Voloshchenko, O., Kosenko, V., Kuzavkov, V., Babeliuk, O., Derevianko, M. and Kovalov, H. (2021), "The Creation of the Database for Mobile Robots Navigation under the Conditions of Flexible Change of Flight Assignment", *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Vol. 11, No. 05., pp. 37–41, doi: https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05.
7. Ramaji, I. J. and Memari, A. M. (2018), "Interpretation of structural analytical models from the coordination view in building information models", *Automation in Construction*, No. 90, pp. 117–133, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>.
8. Pérez-González, C. J., Colebrook, M., Roda-García, J. L. and Rosa-Remedios, C. B. (2019), "Developing a data analytics platform to support decision making in emergency and security management", *Expert Systems with Applications*, No. 120, pp. 167–184, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023>.
9. Chen, H. (2018). "Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process", *Procedia Computer Science*, No. 131, pp. 952–958, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233>.
10. Chan, H. K., Sun, X. and Chung, S.-H. (2019), "When should fuzzy analytic hierarchy process be used instead of analytic hierarchy process?", *Decision Support Systems*, pp. 1–37, doi: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114>.
11. Osman, A. M. S. (2019), "A novel big data analytics framework for smart cities", *Future Generation Computer Systems*, Vol. 91., pp. 620–633, doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046>.
12. Gödri, I., Kardos, C., Pfeiffer, A. and Váncza, J. (2019), "Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems", *CIRP Annals*, Vol. 68, No. 1, pp. 471–474, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>.
13. Harding, J. L. (2013), "Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges", *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-2/W1, pp. 59–63, doi: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-2-W1-59-2013>.
14. Gorelova, G. V. (2013), "A cognitive approach to the simulation of complex systems", *Izvestia Law U. Technical Sciences*, No. 3, pp. 239–250, doi: <https://doi.org/10.3182/20080706-5-KR-1001.00275>.

15. Orouskhani, M., Orouskhani, Y., Mansouri, M. and Teshnehlal, M. (2013), "A novel cat swarm optimization algorithm for unconstrained optimization problems", *International Journal "Information Technology and Computer Science"*, No. 11, pp. 32–41, doi: <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2013.11.04>.
16. Shyshatskiy, A.V., Bashkirov, O.M. and Kostina, O.M. (2015), "Development of integrated systems and data for Armed Forces", *Arms and military equipment*, No 1(5), pp. 35–40. available at: <http://journals.uran.ua/index.php/2414-0651/issue/view/1%285%29%202015>.
17. Kalantaievskaya, S., Pietvsov, H., Kuvshynov, O., Shyshatskiy, A., Yarosh, S., Gatsenko, S., Zubrytskiy, H., Zhyvotovskiy, R., Petruk, S. and Zuiko, V. (2018), "Method of integral estimation of channel state in the multiantenna radio communication systems", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 5, No 9 (95), pp. 60–76. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.144085>.
18. Zhuk, O.G., Shyshatskiy, A.V., Zhuk, P.V. and Zhyvotovskiy, R.M. (2017), "Methodological substances of management of the radio-resource managing systems of military radio communication", *Information Processing Systems*, Vol. 5 (151), pp. 16–25, doi: <https://doi.org/10.30748/soi.2017.151.02>.

Надійшла (received) 08.06.2023

Прийнята до друку (accepted for publication) 06.09.2023

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / ABOUT THE AUTHORS

Шишацький Андрій Володимирович – кандидат технічних наук, старший дослідник, студент навчально-наукового інституту публічного управління та державної служби, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна;

Andrii Shyshatskiy – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, student of the educational and scientific institute of public administration and civil service, Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv, Ukraine;
e-mail: ierikon13@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6731-6390>.

Стасюк Тетяна Олександрівна – викладач циклової комісії, Військовий коледж сержантського складу Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Полтава, Україна;

Tetiana Stasiuk – cycle commission teacher, Sergeant Military College of Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Poltava, Ukraine;
e-mail: nusha8@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8434-1853>.

Одарущенко Олена Борисівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних систем та технологій, Полтавський державний аграрний університет, Полтава, Україна;

Elena Odarushchenko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Information Systems and Technologies Department, Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine;
e-mail: elena.odarushchenko@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2293-2576>.

Березанська Каріна Сергіївна – молодший науковий співробітник науково-дослідного відділу, Науково-дослідний інститут воєнної розвідки, Київ, Україна;

Karina Berezanska – Junior Researcher of the research department, Defence Intelligence Research Institute, Kyiv, Ukraine;
e-mail: karine201707@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1156-0827>.

Дем'яненко Ганна Вадимівна – старший науковий співробітник науково-дослідного відділу, Науково-дослідний центр Збройних Сил "Державний океанаріум", Одеса, Україна;

Hanna Demianenko – Senior Researcher of the research department, Scientific and research center of the Armed Forces "State Oceanarium", Odesa, Ukraine;
e-mail: alex240970@meta.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5408-1721>.

Методика оцінки стану ієрархічних об'єктів на основі біоінспірованих алгоритмів

А. В. Шишацький, Т. О. Стасюк, О. Б. Одарущенко, К. С. Березанська, Г. В. Дем'яненко

Анотація. Актуальність. На сьогодні жодна держава у світі не спроможна ізолювати від інших працювати над створенням і впровадженням штучного інтелекту. Технології штучного інтелекту активно застосовуються для вирішення як загальних та вузькоспеціалізованих завдань в різних галузях діяльності суспільства. В процесі оцінювання (ідентифікації) стану складних та об'єктів аналізу та управління є високий ступінь апріорної невизначеності стосовно їх стану та малий обсяг вихідних даних, що їх описують. Разом з тим, незважаючи на величезну кількість інформації, зростає ступінь нелінійності, нелогічності та зашумленості даних. Саме тому питання підвищення оперативності оцінювання стану складних та об'єктів є важливим та актуальним питанням. **Об'єктом дослідження** є об'єкти аналізу. **Предметом дослідження** є ідентифікація та прогнозування стану об'єктів аналізу за допомогою біоінспірованих алгоритмів. В дослідженні проведено розробку методики оцінки та прогнозування з використанням нечітких когнітивних карт та генетичного алгоритму, що використовується. **Новизна запропонованої методики** полягає у: врахуванні при розрахунках корегувального коефіцієнту на ступінь невизначеності про стан об'єкту; додавання корегувального коефіцієнту на зашумленість даних в результаті викривлення інформації про стан об'єкту; зменшенні обчислювальних витрат при оцінюванні стану об'єктів; створення багаторівневого та взаємопов'язаного опису ієрархічних об'єктів; корегуванні опису об'єкту в результаті зміни його поточного стану за допомогою генетичного алгоритму; можливості проведення розрахунків з вихідними даними, що є різні за природою та одиницями вимірювання. Зазначену методику доцільно реалізувати у спеціалізованому програмному забезпеченні, яке використовується для аналізу стану складних технічних систем та прийняття рішень.

Ключові слова: об'єкти аналізу; біоінспіровані алгоритми; складні технічні системи; нечіткі когнітивні карти; невизначеність.