

Оптимизация процессов мониторинга показателей исследуемых проблем

К. В. Гусев*, А. С. Леонтьев

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва, Российская Федерация
Адрес: 119454, Российская Федерация, г. Москва, пр. Вернадского, д. 78

* k_gusev@mirea.ru

Аннотация

В данной работе рассмотрены вопросы по организации информационной поддержки мониторинга множества показателей анализируемой проблемы при решении меняющегося множества задач для обеспечения необходимой актуальности и полноты используемой информации. Дана постановка оптимизационной задачи для выбора характеристических матриц вероятностей вхождения показателей рабочего комплекта в множество тем исследуемой проблемы при организации мониторинга, которые обеспечивают максимальную актуальность используемой информации. Отмечено, что данная оптимизационная задача сводится к задаче комбинаторного вида чрезвычайно большой размерности. Это диктует необходимость разработки эвристических алгоритмов решения данной оптимизационной задачи. Предложен эвристический алгоритм решения оптимизационной задачи, позволяющий на единой унифицированной основе структурировать возникающие проблемы, учесть влияние новых возмущающих воздействий, изменить оценочные критерии важности решаемых задач и при организации мониторинга показателей исследуемой проблемы обеспечить рациональную информационную поддержку в процессе анализа различных сценариев развития анализируемых проблем при подготовке и принятии управленческих решений.

Ключевые слова: проблема, показатели проблемы, мониторинг, точки Пуанкаре, декомпозиция, актуальность информации, приоритетность задач, оптимизационная задача

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Гусев К. В., Леонтьев А. С. Оптимизация процессов мониторинга показателей исследуемых проблем // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2023. Т. 19, № 2. С. 419-429.

© Гусев К. В., Леонтьев А. С., 2023



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



A Systematic Analytical Approach to the Organization of Processes for Monitoring Indicators of the Studied Problems

K. V. Gusev*, A. S. Leontyev

MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russian Federation

Address: 78 Vernadsky Ave., 119454 Moscow, Russian Federation

* k_gusev@mirea.ru

Abstract

In this paper, a systematic analytical approach is considered to organize information support for monitoring a set of indicators of the analyzed problem when solving a changing set of tasks of the problem under study to ensure the necessary relevance and completeness of the information used. A generalized statement of the problem being solved, an algorithm for compressing the space of indicators characterizing the analyzed problem, its decomposition into a set of tasks (topics), the definition of a set of indicators of the working set describing the problem under study are considered. Formulas for the intensity of the indication of the parameters of the working set and the assessment of their relevance are given. At the same time, the priorities of the tasks (topics) into which the analyzed problem is decomposed, the intensity of the loss of relevance of the indicators of the working set and the characteristic matrices of the probabilities of the indicators of the working set being included in the set of topics under consideration when organizing monitoring are taken into account. The formulation of an optimization problem is given for the selection of characteristic matrices of probabilities of the indicators of the working set entering into the set of topics of the problem under study in the organization of monitoring, which ensure the maximum relevance of the information used. It is noted that this optimization problem is reduced to a combinatorial problem of extremely large dimension. This dictates the need to develop heuristic algorithms for solving this optimization problem. The use of the proposed approach makes it possible to structure emerging problems on a single unified basis, take into account the impact of new disturbing influences, change the evaluation criteria for the importance of the tasks being solved, and when organizing monitoring of indicators of the problem under study, provide rational information support in the process of analyzing various scenarios for the development of the analyzed problems in the preparation and adoption of management decisions.

Keywords: problem, problem indicators, monitoring, Poincare points, decomposition, relevance of information, priority of tasks, optimization task

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For citation: Gusev K.V., Leontyev A.S. A Systematic Analytical Approach to the Organization of Processes for Monitoring Indicators of the Studied Problems. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2023;19(2):419-429.



Введение

Необходимым условием повышения качества функционирования распределенных систем, используемых для информационно-аналитической поддержки лиц, принимающих решения при анализе возникающих проблем, является разработка общей методологии организации информационной поддержки и разработка методов анализа эффективности реализуемых информационных технологий¹ [1--6]. Разработка математических моделей, описывающих основные этапы и схемы подготовки информационно-аналитических материалов (ИАМ), позволяет на основе многовариантного анализа различных вариантов технологий подготовки ИАМ автоматизировать технологии информационной поддержки выработки управленческих решений при рассмотрении возникающих проблем в условиях кризисных ситуаций² [7--13].

Данная публикация является логическим продолжением работ [14, 15], где рассмотрены математические модели организации мониторинга параметров, характеризующих исследуемые проблемы, и дана общая постановка оптимизационной задачи по рациональной организации процессов мониторинга показателей, обеспечивающих необходимую актуальность информации.

В данной работе предложен эвристический алгоритм решения поставленной оптимизационной задачи, позволяющий на единой унифицированной основе структурировать возникающие проблемы, учесть влияние новых возмущающих воздействий, изменить оценочные критерии важности решаемых задач и при организации мониторинга показателей исследуемой проблемы обеспечить рациональную информационную поддержку в процессе анализа различных сценариев развития анализируемых проблем при подготовке и принятии управленческих решений. Получены расчетные соотношения, позволяющие провести многовариантный анализ основных типовых технологий мониторинга множества показателей, характеризующих исследуемые проблемы, и выявить узкие места таких технологий.

Обобщенная постановка задачи

В работах [14, 15] рассмотрена динамика решения некоторой задачи. Задача характеризуется множеством показателей $\{V_j(t)\} j=1, \dots, N$, зависящих от времени.

Идентификация показателей и решение задачи осуществляется в некоторых дискретных точках $(t_1, t_2, \dots, t_k, \dots)$ временной оси. Эти точки $(t_1, t_2, \dots, t_k, \dots)$ называются точками Пуанкаре³. Сравнение множества показателей $\{V_j(t_k)\}$ в различных точках Пуанкаре позволяет судить о динамике по различным сечени-

ям показателей $\{V_j(t_k)\}$ и сходимости проблемы по заданной группе показателей к некоторому устойчивому состоянию.

В точках Пуанкаре рассматриваемая проблема декомпозируется на множество задач (тем): $\{T_i\} i=1, \dots, M$.

Причем на некоторых квазиинвариантных интервалах времени, на которых не появляются новые события, декомпозиция проблемы на множество задач $\{T_i\}$ в точках Пуанкаре, принадлежащих этому интервалу, остается неизменной. Меняются только показатели рабочего комплекта $\{V_{jPK}(t_k)\}$, разбитие их на приоритетные классы и функции принадлежности показателей к различным темам.

Декомпозиция исследуемой проблемы

В точках Пуанкаре исследуемая проблема декомпозируется на множество задач (тем): $\{T_i\} i = \overline{1, M}$.

На квазиинвариантных интервалах времени, на которых не появляются новые события, существенным образом влияющие на анализируемую проблему, декомпозиция проблемы на множество задач $\{T_i\}$ в точках Пуанкаре, принадлежащих этому интервалу, остается неизменной.

Определение приоритетности (важности) тем исследуемой проблемы $\overline{P}_n = (P_1, P_2, \dots, P_M)$, $(\sum_{i=1}^M P_i = 1)$ осуществляется с помощью следующей процедуры⁴:

1. Определяется относительная важность путем качественных попарных сравнений.
2. Осуществляется оцифровка проблемы: на основе качественных сравнений по 9-балльной шкале оцифровки формируется матрица попарных сравнений

$$\|W_{ij}\|, i = \overline{1, M}, j = \overline{1, M}.$$

3. Находится собственный вектор \overline{P} матрицы $\|W_{ij}\|$, соответствующий максимальному собственному значению:

$$\overline{P} * \|W_{ij}\| = \lambda_{max} \overline{P}.$$

4. Осуществляется нормализация собственного вектора \overline{P} :

$$\overline{P}_n = (P_1, P_2, \dots, P_M), (\sum_{i=1}^M P_i = 1).$$

Проводится на основе статистических данных оценка среднего интервала времени индикации параметров всего множества тем f_{Σ} .

¹ Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике. Модели многокритериального анализа деятельности инновационных организаций. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 360 с. EDN: WJCAZB; Иванов А. П., Малинецкий Г. Г. Методология и методы решения глобальных проблем современности // Синергетика. Труды семинара. Т. 2. М.: МГУ, 1999. С. 54-70; Петрова О. В. Методология принятия управленческих решений. М.: Академия управления МВД РФ, 2020. 92 с. EDN: CJFOOD

² Методы и модели принятия решений в задачах оценки качества и технического уровня сложности технических систем / С. С. Семенов [и др.]. М.: Ленанд, 2019. 516 с.; Бескоровайный М. М., Костогрызлов А. И., Львов В. М. Инструментально-моделирующий комплекс для оценки качества функционирования информационных систем «КОК»: Руководство системного аналитика. М.: Вооружение. Политика. Конверсия, 2002. 305 с.

³ Лупичев Л. Н., Каданцев В. Н. Введение в общую синергетику: учеб. пособие. М.: МИРЭА, 2007. 190 с.

⁴ Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1991. 224 с.; Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. Р. Г. Вичнадзе. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.



Зная вектор приоритетности тем $\overline{P}_n = (P_1, P_2, \dots, P_M)$, а также среднее значение интервала индикации f_Σ параметров всего множества тем, можно оценить математическое ожидание f_i ФР интервала времени индикации параметров i -й темы $F_i(t)$

$$i = \overline{1, M} : f_i = \frac{f_\Sigma}{P_i}, \quad i = \overline{1, M}.$$

Следовательно, интенсивность проведения процессов индикации параметров i -й темы определяется соотношением:

$$\lambda_i = \frac{1}{f_i} = \frac{P_i}{f_\Sigma}, \quad i = \overline{1, M}, \quad \sum_{i=1}^M \lambda_i = \lambda_\Sigma = \frac{1}{f_\Sigma}.$$

В работах [14, 15] дана общая постановка оптимизационной задачи, которая, в частности, включает следующие шаги:

1. Задать допустимый вектор

$$\overline{P}_{\text{доп. акт. (PK)}} = (p_{\text{доп.1}}, p_{\text{доп.2}}, \dots, p_{\text{доп.}j}, \dots, p_{\text{доп.}N_j})$$

вероятности сохранения актуальности показателей рабочего комплекта исследуемой проблемы $\{V_{j_i}\}$, $j = \overline{1, N_j}$ для рассматриваемого квазистационарного временного интервала T_0 , при котором остаются неизменными множество тем $\{T_i\}$, $i = \overline{1, M}$ и рабочий комплект показателей $\{V_{j_i}\}$, $j = \overline{1, N_j}$.

2. Оценить компоненты вектора интенсивности потери актуальности $\overline{\mu}_\Sigma = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_j, \dots, \mu_{N_j})$ показателями рабочего комплекта $\{V_{j_i}\}$, $j = \overline{1, N_j}$ и приоритеты показателей $\{P_i\}$, $j = \overline{1, N_j}$

3. Оценить компоненты вектора $\overline{\lambda}_{(1-M)}$, характеризующего интенсивность потока задач, принадлежащих множеству тем $\{T_i\}$, $i = \overline{1, M}$.

4. Для каждого показателя V_{j_i} , $j = \overline{1, N_j}$ рабочего комплекта задать характеристический вектор

$$\overline{X}_{(PK)j} = (MET_{j1}, MET_{j2}, \dots, MET_{ji}, \dots, MET_{jM})$$

и выбрать компоненты $p_{i,i}^{(j)}$ диагональной характеристической матрицы $\|K_{(1-M)p}^{(j)}\|$ вероятностей вхождения заданного показателя в задачи, принадлежащие множеству тем $\{T_i\}$, $i = \overline{1, M}$. Компоненты $p_{i,i}^{(j)}$ зависят от приоритетов показателей $\{P_i\}$, $j = \overline{1, N_j}$

5. Для каждого показателя V_{j_i} , $j = \overline{1, N_j}$ рабочего комплекта рассчитать компоненты вектора принадлежности $\overline{\chi}_{(1-M)pj} = \overline{X}_{(PK)j} * \|K_{(1-M)p}^{(j)}\|$ и определить вероятностный показатель его актуальности $P_{(акт)j}$. При этом компоненты диагональной матрицы $K_{(1-M)p}^{(j)}$ должны быть выбраны таким образом, чтобы $P_{(акт)j} \geq P_{\text{доп.}j}$, $j = \overline{1, N_j}$.

При ограниченных ресурсах эта задача по сути эквивалентна задаче многокритериальной оптимизации комбинаторного вида:

$$\max_{\|K_{(1-M)p}^{(j)}\|} (P_{(акт)j}) = \frac{\overline{X}_{(PR)j} * \|K_{(1-M)p}^{(j)}\| * \overline{\lambda}_{(1-M)}^T}{\overline{X}_{(PK)j} * \|K_{(1-M)p}^{(j)}\| * \overline{\lambda}_{(1-M)}^T + \mu_j},$$

$$j = \overline{1, N_j},$$

$$\text{где } \|K_{(1-M)p}^{(j)}\| = \begin{pmatrix} p_{1,1}^{(j)} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & p_{2,2}^{(j)} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & p_{M,M}^{(j)} \end{pmatrix} -$$

диагональная матрица вероятностей вхождения $p_{i,i}^{(j)}$ j -го показателя (V_{j_i}) в i -ю тему ($\{T_i\}$, $i = \overline{1, M}$) при ограничениях $\sum_{j=1}^{N_j} p_{i,i}^{(j)} \leq N_{i,\text{доп.}}$

Обобщенная постановка задачи выбора при ограниченных ресурсах оптимальных управленческих решений информационной поддержки рациональных решений исследуемой проблемы:

1. Определить обобщенную целевую функцию

$$P_{(акт)\Sigma} = \sum_{j=1}^{N_j} \lambda_{(PK)j} * \frac{\overline{X}_{(PR)j} * \|K_{(1-M)p}^{(j)}\| * \overline{\lambda}_{(1-M)}^T}{\overline{X}_{(PK)j} * \|K_{(1-M)p}^{(j)}\| * \overline{\lambda}_{(1-M)}^T + \mu_j},$$

где

$$\lambda_{(PK)j} = \overline{\chi}_{(1-M)pj} * \overline{\lambda}_{(1-M)}^T = \overline{X}_{(PK)j} * \|K_{(1-M)p}^{(j)}\| * \overline{\lambda}_{(1-M)}^T,$$

$$\text{а } \lambda_{(PK)\Sigma} = \sum_{j=1}^{N_j} \lambda_{(PK)j}.$$

2. Для рабочего комплекта $\{V_{j_i}\}$, $j = \overline{1, N_j}$ показателей множества тем $\{T_i\}$, $i = \overline{1, M}$ выбрать такое множество характеристических диагональных матриц $\|K_{(1-M)p}^{(j)}\|$,



$j = \overline{1, N_j}$ вероятностей $p_{i,i}^{(j)}$ вхождения показателей V_{yj} в задачи, принадлежащие множеству тем $\{T_i\}, i = \overline{1, M}$, которые обеспечивают максимум целевой функции $P_{акт. \Sigma}$:

$$\max_{\{K_{(1-M)p}^{(j)}\}} (P_{акт. \Sigma}) \text{ при заданном векторе } \overline{\lambda}_{(1-M)}.$$

При этом компоненты $p_{i,i}^{(j)}$ характеристических матриц

$$\|K_{(1-M)p}^{(j)}\|, j = \overline{1, N_j}$$
 должны удовлетворять условиям:

$$0 \leq p_{i,i}^{(j)} \leq 1, \sum_{j=1}^{N_j} p_{i,i}^{(j)} \leq N_i^{дон}, \text{ где } N_i^{дон} \text{ — допустимая}$$

мощность множества показателей i -й темы;

$p_{i,i}^{(j)}$ — вероятность вхождения j -го показателя рабочего комплекта $V_{yj}, j = \overline{1, N_j}$ в состав показателей, характеризующих i -ю тему ($i = \overline{1, M}$).

Вектор $\overline{\lambda}_{(1-M)}$ характеризует интенсивность проведения индикации параметров множества тем $\{T_i\}, i = \overline{1, M}$ при ограниченных ресурсах, позволяющих проводить индикацию некоторого подмножества показателей исследуемой проблемы с интенсивностью λ_{Σ} не более $\lambda_{\Sigma} \leq \frac{1}{f_{\Sigma}}$, где f_{Σ}

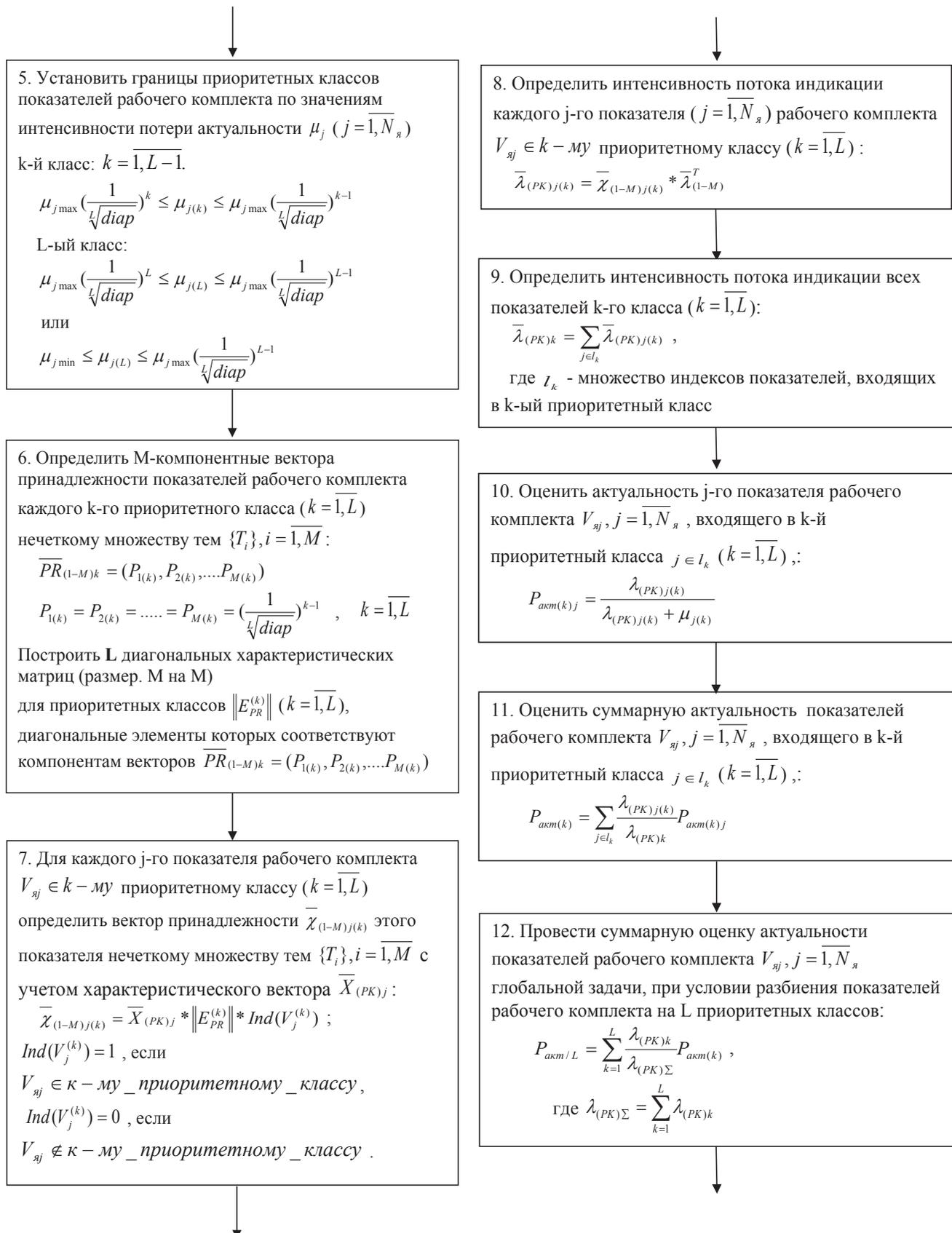
— средний интервал, через который проходит индикация параметров решаемой проблемы. Заданная задача сводится к оптимизационной задаче комбинаторного типа чрезвычайно большой размерности (число возможных вариантов превышает 10^{10}), поэтому невозможно найти оптимальное решение за приемлемое время путем перебора. Это диктует необходимость разработки эвристических алгоритмов решения данной оптимизационной задачи. Оценка размерности оптимизационной задачи [14, 15]:

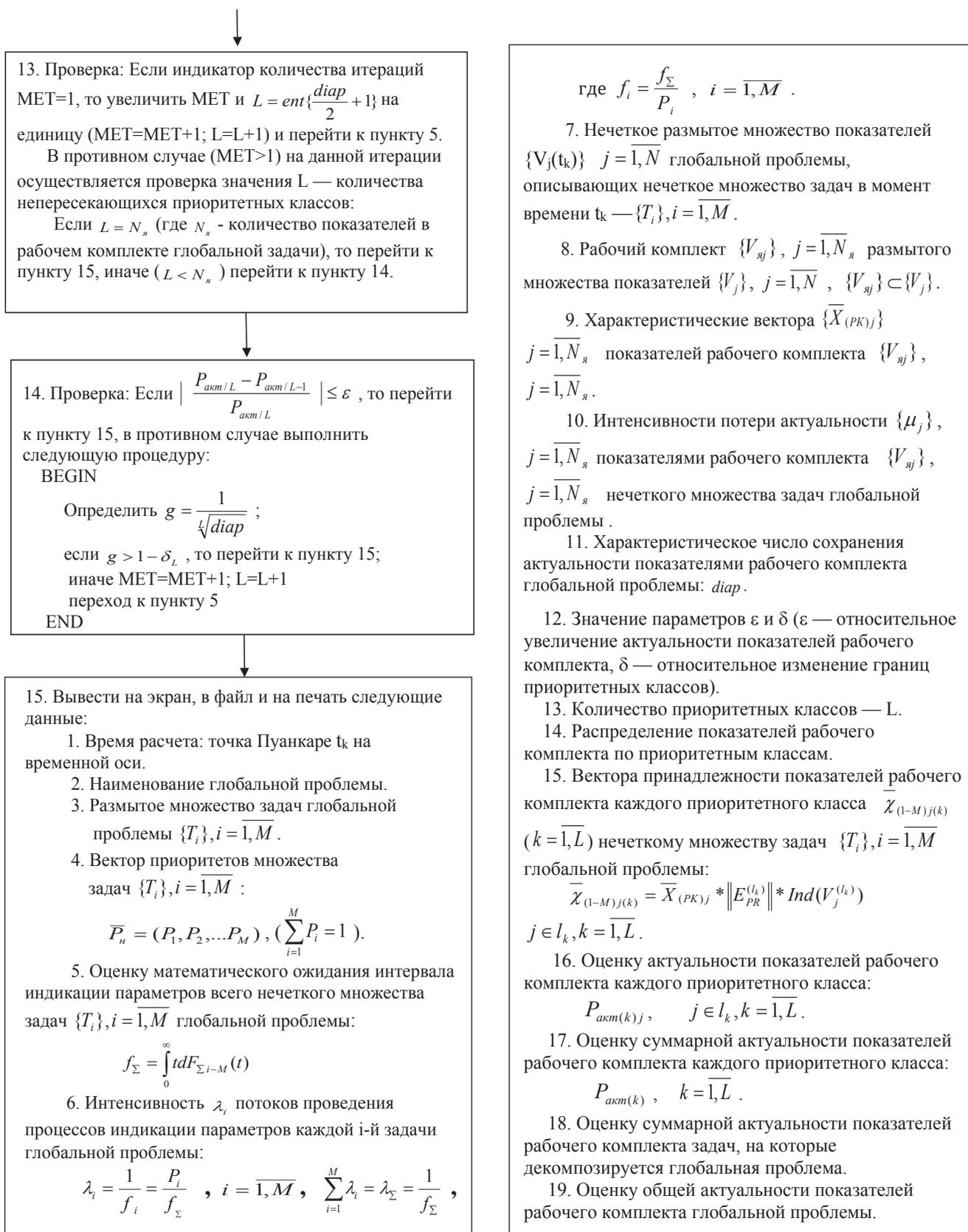
Пусть каждая компонента $p_{i,i}^{(j)}$ характеристической диагональной матрицы $\|K_{(1-M)p}^{(j)}\|, j = \overline{1, N_j}$ вероятностей вхождения j -го показателя рабочего комплекта V_{yj} может принимать одно из 10 возможных значений в интервале $[0, 1]$. Тогда возможное число (N_j) состояний j -ой матрицы $K_{(1-M)p}^{(j)} (j = \overline{1, N_j})$ равно $N_j = 10^M$. Суммарное же число возможных состояний (N_{Σ}) всех диагональных

матриц $\|K_{(1-M)p}^{(j)}\|$ вероятностей вхождения показателей рабочего комплекта $V_{yj}, j = \overline{1, N_j}$ в задачи, принадлежащие множеству тем $\{T_i\}, i = \overline{1, M}$, будет оцениваться соотношением $N_{\Sigma} = (N_j)^{N_j} = 10^{M \cdot N_j}$. Следовательно, уже при $M=2$ и $N_j = 6$ N_{Σ} будет равно: $N_{\Sigma} = 10^{12}$. То есть строгое решение поставленной оптимизационной задачи комбинаторного вида невозможно получить даже при малых значениях M и N_j . Что диктует необходимость разработки эвристических алгоритмов решения данной задачи [16-25].

Эвристический алгоритм решения оптимизационной задачи







19. Оценку общей актуальности показателей рабочего комплекта глобальной проблемы.
20. Выигрыш актуальности при ограниченных ресурсах при разбиении показателей рабочего комплекта глобальной задачи на приоритетные классы.
21. Результаты сравнения $P_{акт./L}$ с директивными значениями $P_{акт.дир.}$, необходимыми для решения глобальной проблемы заказчиком.

FINISH

Источник: составлено авторами.

Source: Compiled by the authors.

Выводы

Предложенный оптимизационный алгоритм, реализующий предложенный методологический подход, является достаточно универсальным и может быть использован для исследования общей проблемы рационального использования ресурсов

при решении меняющегося нечеткого множества задач информационно-аналитического обеспечения органов государственной власти в условиях кризиса, обеспечивающих необходимую актуальность и полноту используемой информации. Для решения поставленной проблемы используются методы системного анализа, методы анализа иерархий, методы теории восстановления, теория первого порядка оценки показателей актуальности используемой информации, методика контроля и прогнозирования числовых требуемой актуальности и полноты используемой информации.

Использование предложенного методологического подхода по организации информационной поддержки динамических процессов решения различных проблем органами государственной власти позволит на единой унифицированной системной основе структурировать возникающие проблемы, а использование предложенных эвристических оптимизационных алгоритмов позволит учесть влияние новых возмущающих воздействий, изменить оценочные критерии важности при исследовании возникающих ситуаций и рациональным образом организовать работу информационно-аналитических подразделений при ограниченных ресурсах при решении задач мониторинга социально-экономических, общественно-политических процессов, исследования их динамики, влияния на них различных возмущающих факторов и анализа различных сценариев развития ситуации при подготовке и принятии управленческих решений.

Список использованных источников

- [1] Critical infrastructure resilience index / С. Н. Pursiainen [et al.] // Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice. Proceedings of ESREL 2016 (Glasgow, Scotland, 25-29 September 2016) ; ed. by L. Walls, M. Revie, T. Bedford. London : CRC Press, 2016. P. 2183-2189. <https://doi.org/10.1201/9781315374987-330>
- [2] Labaka L., Hernantes J., Sarrigi J. M. Resilience framework for critical infrastructures: An Empirical Study in a Nuclear Plant // Reliability Engineering and System Safety. 2015. Vol. 141. P. 92-105. <https://doi.org/10.1016/j.res.2015.03.009>
- [3] Зарубин В. С., Кувыркин Г. Н. Особенности математического моделирования технических устройств // Математическое моделирование и численные методы. 2014. № 1(1). С. 5-17. EDN: STHFYV
- [4] Funke J. It Requires More Than Intelligence to Solve Consequential World Problems // Journal of Intelligence. 2021. Vol. 9, issue 3. Article number: 38. <https://doi.org/10.3390/jintelligence9030038>
- [5] Строев В. В., Тихонов А. И. Разработка методического подхода к процедуре оценки качества и эффективности механизма принятия решений в области управления // Вестник университета. 2022. Т. 1, № 11. С. 26-32. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2022-11-26-32>
- [6] Толстова Ю. Н. Математическое моделирование социальных процессов и социология // Социологические исследования. 2018. № 9(413). С. 104-112. <https://doi.org/10.31857/S013216250001965-4>
- [7] Назаров А. А. Подходы к выбору рациональных параметров элементов системы мониторинга чрезвычайных ситуаций техногенного характера при построении комплексной системы безопасности жизнедеятельности населения // Техносферная безопасность. 2021. № 1(30). С. 123-132. EDN: CGSFWN
- [8] Обзор современных моделей и методов анализа временных рядов динамических процессов в социальных, экономических и социотехнических системах / Е. Г. Андрианова [и др.] // Российский технологический журнал. 2020. Т. 8, № 4. С. 7-45. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-4-7-45>
- [9] Михайлов В. М. Эффективность мониторинга как необходимое условие принятия корректных решений в сфере техносферной безопасности // Российский технологический журнал. 2020. Т. 8, № 2. С. 23-32. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-2-23-32>
- [10] Decision making concept to create complex technical systems / A. V. Poltavskij, A. S. Zhumabaeva, K. A. Ajzharikov, A. V. Pivkin, A. M. Telegin // Reliability & Quality of Complex Systems. 2016. no. 2(14). P. 74-84. EDN: VXMQHF
- [11] Прогнозирование рисков для обеспечения качества информации в сложных системах / А. И. Костокрызов, П. В. Степанов, А. А. Нистратов [и др.] // Системы высокой доступности. 2016. Т. 12, № 3. С. 25-38. EDN: XHWWLD
- [12] Леонтьев А. С., Головин С. А., Гусев А. В. Вероятностные сетевые модели исследования типовых технологических схем обработки информации в аналитических центрах // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2022. Т. 18, № 3. С. 516-527. <https://doi.org/10.25559/SITITO.18.202203.516-527>



- [13] Гусев К. В., Леонтьев А. С., Пучкова М. А. Аналитическая модель анализа локальных вычислительных сетей с маркерным методом доступа // *Общество*. 2022. № 1-1(24). С. 38-42. EDN: QNCBVC
- [14] Леонтьев А. С., Тимошкин М. С. Математические модели оценки показателей надежности для исследования вероятностно-временных характеристик многомашинных комплексов с учетом отказов // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2023. № 1(127). С. 18. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.27>
- [15] Бирюкова А. А., Гусев К. В., Леонтьев А. С. Метод поддержки принятия управленческих решений в кризисных ситуациях на базе автоматизированных систем управления // *Информатизация и связь*. 2022. № 6. С. 65-74. <https://doi.org/10.34219/2078-8320-2022-13-6-65-74>
- [16] Клименко И. С., Шарапова Л. В. Общая задача принятия решения и феномен неопределенности // *Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление*. 2019. № 3. С. 44-58. <https://doi.org/10.25586/RNU.V9187.19.03.P.044>
- [17] Чебаков С. В., Серебряная Л. В. Алгоритм решения заданных комбинаторных задач на основе модели многокритериальной оптимизации // *Доклады БГУИР*. 2015. № 4(90). С. 16-22. URL: <https://doklady.bsuir.by/jour/article/view/505/505> (дата обращения: 16.01.2023).
- [18] Review Models and Methods for Determining and Predicting the Reliability of Technical Systems and Transport / N. V. Martyushev [et al.] // *Mathematics*. 2023. Vol. 11, issue 15. Article number: 3317. <https://doi.org/10.3390/math11153317>
- [19] Ahn E., Kang H. Introduction to systematic review and meta-analysis // *Korean Journal of Anesthesiology*. 2018. Vol. 71, issue 2. P. 103-112. <https://doi.org/10.4097/kjae.2018.71.2.103>
- [20] Toufah N., Jaegler A., Kacem T. The Business Process Management: A Successful Tool for Enhancing Moroccan Firms' social and financial Performance // *Projectics / Proyéctica / Projectique*. 2020. Vol. 26, no. 2. P. 95-114. <https://doi.org/10.3917/proj.026.0095>
- [21] OBOO: A New Metaheuristic Algorithm for Solving Optimization Problems / M. Dehghani [et al.] // *Biomimetics*. 2023. Vol. 8, issue 6. Article number: 468. <https://doi.org/10.3390/biomimetics8060468>
- [22] Toscano R., Lyonnet P. Heuristic Kalman Algorithm for Solving Optimization Problems // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*. 2009. Vol. 39, no. 5. P. 1231-1244. <https://doi.org/10.1109/TSMCB.2009.2014777>
- [23] A novel hybrid meta-heuristic algorithm for optimization problems / W. Gai [et al.] // *Systems Science & Control Engineering*. 2018. Vol. 6, issue 3. P. 64-73. <https://doi.org/10.1080/21642583.2018.1531359>
- [24] A novel intelligent hyper-heuristic algorithm for solving optimization problems / Z. Tong [et al.] // *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems: Applications in Engineering and Technology*. 2022. Vol. 42, no. 6. P. 5041-5053. <https://doi.org/10.3233/JIFS-211250>
- [25] Nyarko E. K., Cupec R., Filko D. A Comparison of Several Heuristic Algorithms for Solving High Dimensional Optimization Problems // *International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems*. 2014. Vol. 5, no. 1. P. 1-8. URL: <https://ijeces.ferit.hr/index.php/ijeces/article/view/839> (дата обращения: 16.01.2023).

Поступила 16.01.2023; одобрена после рецензирования 11.03.2023; принята к публикации 22.04.2023.

Об авторах:

Гусев Кирилл Вячеславович, старший преподаватель кафедры математического обеспечения и стандартизации информационных технологий Института информационных технологий, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Российская Федерация, г. Москва, пр. Вернадского, д. 78), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0047-8373>**, k_gusev@mirea.ru

Леонтьев Александр Савельевич, старший научный сотрудник, доцент кафедры математического обеспечения и стандартизации информационных технологий Института информационных технологий, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Российская Федерация, г. Москва, пр. Вернадского, д. 78), кандидат технических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3673-2468>**, leontev@mirea.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- [1] Pursiainen C.H., et al. Critical infrastructure resilience index. In: Walls L., Revie M., Bedford T. (eds.) Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice. Proceedings of ESREL 2016 (Glasgow, Scotland, 25-29 September 2016). London: CRC Press; 2016. p. 2183-2189. <https://doi.org/10.1201/9781315374987-330>
- [2] Labaka L., Hernantes J., Sarriegi J.M. Resilience framework for critical infrastructures: An Empirical Study in a Nuclear Plant. *Reliability Engineering and System Safety*. 2015;(141):92-105. <https://doi.org/10.1016/j.res.2015.03.009>
- [3] Zarubin V.S., Kuvyrkin G.N. Special features of mathematical modeling of technical instruments. *Mathematical Modeling and Computational Methods*. 2014;(1):5-17. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: STHFYV
- [4] Funke J. It Requires More Than Intelligence to Solve Consequential World Problems. *Journal of Intelligence*. 2021;9(3):38. <https://doi.org/10.3390/jintelligence9030038>



- [5] Stroev V.V., Tikhonov A.I. Development of a methodological approach to the procedure for assessing the quality and effectiveness of the management decision-making mechanism. *Vestnik Universiteta*. 2022;1(11):26-32. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2022-11-26-32>
- [6] Tolstova Yu.N. Mathematical modeling of social processes in sociology. *Sotsiologicheskie Issledovaniia = Sociological Studies*. 2018;(9):104-112. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.31857/S013216250001965-4>
- [7] Nazarov A.A. Approaches to the selection of rational parameters of elements of the monitoring system of man-made emergencies in the construction of a comprehensive system of life safety of the population. *Technosphere safety*. 2021;(1):123-132. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: CGSFNW
- [8] Andrianova E.G., Golovin S.A., Zykov S.V., Lesko S.A., Chukalina E.R. Review of modern models and methods of analysis of time series of dynamics of processes in social, economic and socio-technical systems. *Russian Technological Journal*. 2020;8(4):7-45. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-4-7-45>
- [9] Mikhailov V.M. The effectiveness of monitoring as a necessary condition for the adoption of correct decisions on the security of technosphere. *Russian Technological Journal*. 2020;8(2):23-32. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-2-23-32>
- [10] Poltavskij A.V., Zhumabaeva A.S., Ajzharikov K.A., Pivkin A.V., Telegin A.M. Decision making concept to create complex technical systems. *Reliability & Quality of Complex Systems*. 2016;(2):74-84. EDN: VXMQHF
- [11] Kostogryzov A.I., Stepanov P.V., Nistratov A.A., Grigoriev L.I., Cherviakov L.M. Risk Prediction for Providing Information Quality in Complex Systems. *Highly available systems*. 2016;12(3):25-38. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: XIHWLD
- [12] Leontiev A.S., Golovin S.A., Gusev K.V. Probabilistic Network Models for the Study of Typical Technological Schemes of Information Processing in Analytical Centers. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2022;18(3):516-527. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.25559/SITITO.18.202203.516-527>
- [13] Gusev K.V., Leontiev A.S., Puchkova M.A. Analytical model for the analysis of local computer networks with a marker access method. *Obshchestvo = Society*. 2022;(1-1):38-42. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: QNCBVC
- [14] Leontev A.S., Timoshkin M.S. Mathematical models for evaluating reliability indicators to study the probabilistic and temporal characteristics of multi-machine complexes with regard to failures. *International Research Journal*. 2023;(1):18. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.27>
- [15] Biryukova A.A., Gusev K.V., Leontiev A.S. A method of supporting managerial decision-making in crisis situations based on automated management systems. *Informatization and communication*. 2022;(6):65-74. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.34219/2078-8320-2022-13-6-65-74>
- [16] Klimenko I.S., Sharapova L.V. The general problem of decision-making and the phenomenon of uncertainty. *Vestnik of Russian New University. Series Complex systems: models, analysis, management*. 2019;(3):44-58. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.25586/RNU.V9187.19.03.P044>
- [17] Chebakov S.V., Serebryanaya L.V. Algorithm of decision given combinatorial tasks on the base of many-criterial optimization model. *Doklady BGUIR*. 2015;(4):16-22. Available at: <https://doklady.bsuir.by/jour/article/view/505/505> (accessed 16.01.2023). (In Russ., abstract in Eng.)
- [18] Martyushev N.V., Malozyomov B.V., Sorokova S.N., Efremkov E.A., Valuev D.V., Qi M. Review Models and Methods for Determining and Predicting the Reliability of Technical Systems and Transport. *Mathematics*. 2023;11(15):3317. <https://doi.org/10.3390/math11153317>
- [19] Ahn E., Kang H. Introduction to systematic review and meta-analysis. *Korean Journal of Anesthesiology*. 2018;71(2):103-112. <https://doi.org/10.4097/kjae.2018.71.2.103>
- [20] Toufah N., Jaegler A., Kacem T. The Business Process Management: A Successful Tool for Enhancing Moroccan Firms' social and financial Performance. *Projectics / Proyéctica / Projectique*. 2020;26(2):95-114. <https://doi.org/10.3917/proj.026.0095>
- [21] Dehghani M., Trojovská E., Trojovský P., Malik O.P. OBO: A New Metaheuristic Algorithm for Solving Optimization Problems. *Biomimetics*. 2023;8(6):468. <https://doi.org/10.3390/biomimetics8060468>
- [22] Toscano R., Lyonnet P. Heuristic Kalman Algorithm for Solving Optimization Problems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*. 2009;39(5):1231-1244. <https://doi.org/10.1109/TSMCB.2009.2014777>
- [23] Gai W., Qu C., Liu J., Zhang J. A novel hybrid meta-heuristic algorithm for optimization problems. *Systems Science & Control Engineering*. 2018;6(3):64-73. <https://doi.org/10.1080/21642583.2018.1531359>
- [24] Tong Z., Chen H., Liu B., Cai J., Cai S. A novel intelligent hyper-heuristic algorithm for solving optimization problems. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems: Applications in Engineering and Technology*. 2022;42(6):5041-5053. <https://doi.org/10.3233/JIFS-211250>
- [25] Nyarko E.K., Cupec R., Filko D. A Comparison of Several Heuristic Algorithms for Solving High Dimensional Optimization Problems. *International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems*. 2014;5(1):1-8. Available at: <https://ijeces.ferit.hr/index.php/ijeces/article/view/839> (accessed 16.01.2023).

Submitted 16.01.2023; approved after reviewing 11.03.2023; accepted for publication 22.04.2023.



About the authors:

Kirill V. Gusev, Senior Lecturer of the Chair of Mathematical Support and Standardization of Information Technologies, Institute of Information Technologies, MIREA – Russian Technological University (78 Vernadsky Ave., 119454 Moscow, Russian Federation), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0047-8373>, k_gusev@mirea.ru

Alexander S. Leontyev, Senior Researcher, Associate Professor of the Chair of Mathematical Support and Standardization of Information Technologies, Institute of Information Technologies, MIREA – Russian Technological University (78 Vernadsky Ave., 119454 Moscow, Russian Federation), Cand. Sci. (Eng.), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3673-2468>, leontev@mirea.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

