

Управление в социально-экономических системах Control in social and economic systems

Научная статья
УДК 51-74 + 005
DOI: 10.14529/ctcr220408

МОДИФИКАЦИИ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДИАГНОСТИКОЙ

О.В. Логиновский¹, loginovskiiiov@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3582-2795>

Д.В. Гилёв², denis.gilev@urfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1040-5696>

¹ Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

² Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

Аннотация. Статья посвящена задаче модификации алгоритмов системы управления диагностикой для различных сфер народного хозяйства. В проведенных ранее исследованиях было установлено, что задача управления диагностикой является важной и необходимой, при этом для её решения требуются новые эффективные методы, позволяющие с высокой точностью относить объекты к тому или иному классу вне зависимости от их внутренней составляющей. При этом выдвигаются основные требования к диагностическим системам. **Цель исследования.** Целью данной работы является построение модификаций алгоритмов метода комитетов для решения задачи распознавания образов, а также их иллюстрация на конкретном примере диагностики сторожевых головных болей при инсульте от других. **Материалы и методы.** Модификация алгоритмов метода комитетов производится на основе представления системы неравенств в полярной форме при использовании алгоритма построения минимального комитета исходной системы. Показывается эффективность конечно-шаговых алгоритмов, основанных на понижении размерности исходной задачи, в том числе метод проектирования на плоскость. Достоинством этого метода является его малая вычислительная сложность, а также содержание минимального числа членов комитета системы неравенств. **Результаты.** Модификации алгоритмов метода комитетов применяются для конкретной задачи диагностики головных болей, при этом метод оказывается эффективным, о чём говорят низкие ошибки распознавания первого и второго рода на тестовой выборке. Также делается вывод, что задача диагностики имеет общую структуру во всех областях, в том числе технической, экономической, психологической, криминалистической, в связи с чем предложенные алгоритмы могут быть применены и для указанного ряда задач. Также возможность применения метода комитетов как некоторого ансамбля методов, на основе которого возможно создание автоматизированной системы управления диагностикой. **Заключение.** Полученные результаты позволяют утверждать, что использование модифицированных алгоритмов метода комитетов позволяет осуществлять эффективное управление диагностикой головных болей.

Ключевые слова: диагностика, метод комитетов, задача распознавания образов, прогноз, ансамбль методов

Благодарности: Авторы выражают благодарность профессору, доктору медицинских наук Елене Разумовне Лебедевой за предоставленную базу данных по головным болям и за помощь в медицинской интерпретации.

Для цитирования: Логиновский О.В., Гилёв Д.В. Модификации алгоритмов автоматизированной системы управления диагностикой // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2022. Т. 22, № 4. С. 76–84. DOI: 10.14529/ctcr220408

Original article

DOI: 10.14529/ctcr220408

MODIFICATIONS OF ALGORITHMS OF THE AUTOMATED DIAGNOSTIC MANAGEMENT SYSTEM

O.V. Loginovskiy¹, loginovskiiiov@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3582-2795>**D.V. Gilev**², denis.gilev@urfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1040-5696>¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russia² Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

Abstract. The article is devoted to the task of modifying algorithms of the diagnostic management system for various spheres of the national economy. In previous studies, it was found that the task of managing diagnostics is important and necessary, while new effective methods are required to solve it, allowing objects to be assigned to a particular class with high accuracy, regardless of their internal component. At the same time, the basic requirements for diagnostic systems are put forward. **The aim of the study.** The purpose of this work is to construct modifications of the algorithms of the committee method for solving the problem of pattern recognition, as well as their illustration on a specific example of the diagnosis of sentinel headaches in stroke from others. **Materials and methods.** The modification of the algorithms of the committee method is based, on the representation of the system of inequalities in polar form, using the algorithm for constructing the minimum committee of the original system. The efficiency of finite-step algorithms based on reducing the dimension of the original problem, including the method of projecting onto a plane, is shown. The advantage of this method is its low computational complexity, as well as the content of the minimum number of members of the inequality system committee. **Results.** Modifications of the algorithms of the committees method are used for a specific task of diagnosing headaches, while the method proves to be effective, as evidenced by low recognition errors of the first and second kind in the test sample. It is also concluded, that the diagnostic task has a common structure in all areas, including technical, economic, psychological, forensic, and therefore the proposed algorithms can be applied to the specified number of tasks. There is also the possibility of using the committee method as a certain ensemble of methods, on the basis of which it is possible to create some automated diagnostic management system. **Conclusion.** The results obtained allow us to assert that the use of modified algorithms of the committee method allows for effective management of headache diagnostics.

Keywords: diagnostics, method of committees, pattern recognition task, forecast, ensemble of methods

Acknowledgments: The authors express their gratitude to Professor, Doctor of Medical Sciences Elena Razumovna Lebedeva for providing a database of headaches and for assistance in medical interpretation.

For citation: Loginovskiy O.V., Gilev D.V. Modifications of algorithms of the automated diagnostic management system. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*. 2022;22(4):76–84. (In Russ.) DOI: 10.14529/ctcr220408

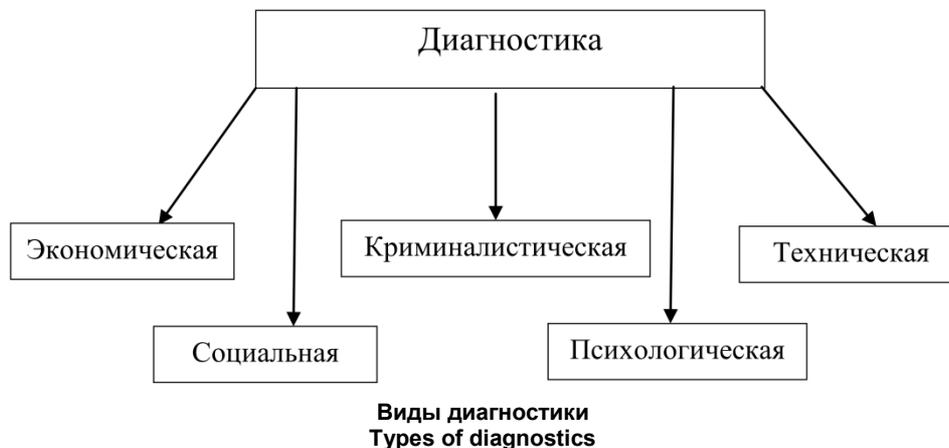
Введение

Вопросы рационального управления объектами социальных и экономических систем неразрывно связаны с диагностикой. В адекватном и достаточно раннем диагнозе нуждаются не только больные люди, но и экономические, социальные и политические системы и институты, культура, наука и техника [1]. При этом процесс диагностики позволяет не только составить текущее состояние исследуемого объекта, но и увидеть элементы и взаимные связи всех его механизмов, что позволяет лучше понимать, на что необходимо направить усилие и внимание, какие именно управленческие решения принимать. Для этого необходимо изучать как сам процесс диагностики, заключающийся в теоретических аспектах, так и непосредственно методы, на основе которых возможно построение искусственных диагностических систем.

Изучение и формирование гибких технологий диагностики, во-первых, представляются важными для более глубокого понимания природы научного познания в целом, а во-вторых, позволяют решать конкретные прикладные задачи, тем самым увеличивая эффективность управления организационными и производственными структурами.

1. Обзор литературы

В настоящее время наиболее развитой областью является медицинская диагностика, хотя сама диагностика как наука появилась сотни лет назад и развивалась одновременно с химией, биологией, физикой и другими. Существуют различные виды диагностик, которые можно разделить по областям их применения. На рисунке указаны основные такие виды.



При этом к диагностике в [2, с. 8] выдвигаются некоторые требования, которые могут служить общепологающими ко всем её видам. Эти условия заключаются в целенаправленности, то есть точном отборе объектов для изучения, и непрерывности. Также должен учитываться комплексный подход к диагностике, при котором объект рассматривается не как отдельная конструкция, а как некоторый кластер взаимосвязей с внешней средой.

В [3, с. 11] диагностика определяется как «главный инструмент определения границ между...». При этом каких границ и между чем и чем – уточняется в зависимости от того, каков сам объект диагностики. После определения границ и выделения объекта необходимо перейти к следующим этапам: сравнение, анализ, прогнозирование, интерпретация, контроль за воздействием на диагностируемых различных диагностических методов.

Стоит отметить, что диагностика не ставит целью получение нового знания [4, с. 12, 13], она призвана зафиксировать текущее состояние по определённым параметрам и оценить его с позиции представления об «идеальном» состоянии. И, следовательно, цель диагностики – описание состояния и прогнозирование ситуации. Из чего формулируются следующие подходы к диагностике:

- нормативный, который опирается на традиционную концепцию управления;
- ситуационный, в котором процесс управления представляется как непрерывная цепь уникальных, неповторимых управленческих ситуаций, с которыми сталкивается лицо, принимающее решение;
- проблемный, рассматривающий управленческую ситуацию как уникальное сочетание проблем, которые возникают на различных уровнях.

Безусловно, необходимо учитывать специфику области, к которой относится диагностируемый объект. Так, например, для диагностики деятельности предприятия применяют специальные методы. Следуя [5], их можно подразделить на стратегические, оперативные и методы самодиагностики, уделяя при этом особое внимание планированию диагностики. Как показано в [6], немаловажным является определение ожидаемых результатов диагностики в виде фиксации количественных и качественных показателей объекта, причём неважно, человек это, организация или система отопления.

Всё вышеизложенное позволяет прийти к выводу, что, несмотря на большое разнообразие видов диагностики в зависимости от отраслей, невзирая на их специфику, которая отдельно изучается в каждой области, вопросы диагностики подчинены формальной логике. Иными словами, сущность диагностики можно изложить с помощью математических моделей, используя при этом автоматизированные процессы, что позволяет формализовать и упростить процесс диагностирования. Причём это возымело свои плоды в экономической [7], педагогической [8, 9], техни-

ческой [10], медицинской диагностике [11]. Основой математических аспектов диагностики служат теория распознавания образов и современные методы машинного обучения [12].

Основными математическими моделями задач распознавания образов, которые позволяют решать диагностические проблемы, являются дискриминантный анализ, таксономия, оценка и выбор информативных систем признаков, метод комитетов, метод ближайших соседей, а также некоторые специфические алгоритмы, такие как логистическая регрессия, случайный лес, нейронные сети.

2. Материалы и методы

Проблемы диагностики, в частности дифференциальной, как показал анализ литературы, эффективно сводятся к математическим задачам распознавания образов. Часто для их решения прибегают к моделям принятия решений на основе консилиума. По сути строятся некоторые решающие правила, которые можно представить в виде системы неравенств, в большинстве случаев несовместных. Для получения решения таких систем используется метод комитетов, благодаря которому постановка задачи модифицируется и становится непротиворечивой.

Комитетом несовместной системы однородных строгих линейных неравенств

$$(c_j, x) > 0, \quad j = 1, \dots, m,$$

где $c_j \in R^n, x \in R^n$ называется такое множество $\{x^1, \dots, x^{2k+1}\} \in R^n$, что каждому неравенству системы удовлетворяют не менее $k+1$ элементов этого множества [13]. Первыми методами построения комитетов были итерационные методы обучения персептронов задаче дискриминантного анализа, описанные в [14]. При этом одними из самых эффективных оказались конечношаговые алгоритмы, которые основаны на понижении размерности исходной задачи [15]. Среди них можно выделить метод проектирования на плоскость.

Основными достоинствами этого метода можно считать его широкое применение для решения конкретных задач дискриминантного анализа, в особенности из-за малой вычислительной сложности, а также то, что полученный в результате алгоритм содержит не более m членов, что соответствует оценке числа членов минимального комитета системы неравенств. На основе указанного метода был предложен модифицированный алгоритм, основанный на представлении точки в полярных координатах.

Модифицированный алгоритм. Пусть имеется система неравенств над R^2 :

$$(a_j, h) > 0, \quad j = 1, \dots, m.$$

Предполагаем, что в множестве векторов $\{a_j : j = 1, \dots, m\}$ нет коллинеарных пар и нулевых векторов. Представление неравенства в полярной форме производится по следующей схеме.

1. Представим точку a_j в полярных координатах по формулам

$$\varphi_j^* = \begin{cases} \arcsin(a_{j2} / r_j), & \text{если } a_{j1} > 0, a_{j2} \geq 0; \\ \pi - \arcsin(a_{j2} / r_j), & \text{если } a_{j1} \leq 0, a_{j2} - \text{любое}; \\ 2\pi + \arcsin(a_{j2} / r_j), & \text{если } a_{j1} > 0, a_{j2} < 0, \end{cases}$$

где $r_j = \sqrt{a_{j1}^2 + a_{j2}^2} \neq 0$.

2. Тогда неравенство $(a_j, h) > 0$ запишется в виде

$$(\sigma_j^1, \varphi_j^1) = \begin{cases} (-1, \varphi_j^* + \pi / 2), & \text{если } \varphi_j^* \in [0, \pi / 2); \\ (+1, \varphi_j^* - \pi / 2), & \text{если } \varphi_j^* \in [\pi / 2, 3\pi / 2); \\ (-1, \varphi_j^* - 3\pi / 2), & \text{если } \varphi_j^* \in [3\pi / 2, 2\pi); \end{cases}$$

$$(\sigma_j^1, \varphi_j^1) = (-\sigma_j^1, \varphi_j^1 + \pi).$$

Таким образом, неравенству $(a_j, h) > 0$, заданному в декартовых координатах, в полярных координатах будут соответствовать две пары, разделенные чертой: $(\sigma_j^1, \varphi_j^1) | (\sigma_j^2, \varphi_j^2)$.

При этом неравенство $(+1, \varphi_j^1) | (-1, \varphi_j^2)$ будет определять полуплоскость, содержащую все лучи с углами полярной оси больше, чем φ_j^1 , но меньше, чем φ_j^2 . Аналогично неравенство $(-1, \varphi_j^1) | (+1, \varphi_j^2)$ будет определять полуплоскость, содержащую все лучи с углами полярной оси меньше, чем φ_j^1 , и все лучи к полярной оси больше, чем φ_j^1 .

Представив каждое неравенство исходной системы в полярной форме, получим множество пар $\{(\sigma_j^1, \varphi_j^1) \cup (\sigma_j^2, \varphi_j^2) | j \in I\}$. Упорядочив пары этого множества по возрастанию величины полярного угла, получим последовательность пар длины $2m$, состоящую из двух половин, которые отделим друг от друга чертой: $(\sigma_{j_1}^1, \varphi_{j_1}^1), \dots, (\sigma_{j_m}^1, \varphi_{j_m}^1) | (\sigma_{j_1}^2, \varphi_{j_1}^2), \dots, (\sigma_{j_m}^2, \varphi_{j_m}^2)$.

Такая структура последовательности пар становится понятной из того, что $\varphi_{j_k}^2 = \varphi_{j_k}^1 + \pi$ и $0 \leq \varphi_{j_1}^1 \leq \varphi_{j_2}^1 \leq \dots \leq \varphi_{j_m}^1 < \pi$.

Если в последовательности пар смежные пары таковы, что первый элемент предшествующей пары равен $+1$, а первый элемент последующей пары равен -1 , то мы будем говорить, что имеет место положительная смена знаков. В дальнейшем, говоря о положительных сменах знаков, будем иметь в виду и внешнюю положительную смену знаков.

Из геометрических соображений ясно, что всякая положительная смена знаков в последовательности пар определяет конус решений некоторой максимальной совместной подсистемы исходной системы.

Далее можно обратиться к алгоритму построения минимального комитета исходной системы, который был предложен в работах [16]. Суть этого алгоритма заключается в следующем.

1. Методом свертывания С.Н. Черникова находим индексы всех минимально несовместных подсистем системы: T_1, T_2, \dots, T_p .

2. По множествам T_1, T_2, \dots, T_p строим индексы всех минимально несовместных подсистем системы: J_1, J_2, \dots, J_p .

3. Вводим в рассмотрение векторы $B_j \in R^m$, у которых на l -м месте стоит 1 , если $l \in J_i$, и -1 в противном случае. Получаем задачу целочисленного программирования:

$$\begin{cases} \min(v_1 + v_2 + \dots + v_s); \\ v_1 B_1 + v_2 B_2 + \dots + v_s B_s > 0; \\ v = (v_1, v_2, \dots, v_s) \geq 0; \\ v - \text{целочисленный вектор.} \end{cases}$$

4. Пусть вектор $\bar{v} = (\bar{v}_1, \bar{v}_2, \dots, \bar{v}_s) \in R^s$ – решение задачи и j_1, j_2, \dots, j_g – номера ненулевых компонент вектора \bar{v} . Для каждой из максимально совместной подсистемы исходной системы с индексами $J_{j_1}, J_{j_2}, \dots, J_{j_g}$ находим по одному решению: $x_{j_1}, x_{j_2}, \dots, x_{j_g} \in R^n$. Тогда множество $\{x_{j_1}, \dots, x_{j_1}; \dots; x_{j_g}, \dots, x_{j_g}\}$ будет минимальным комитетом системы.

$$\overleftarrow{v}_{j_1} \quad \overleftarrow{v}_{j_g}$$

Для реализации пунктов 1, 3, 4 имеются хорошо разработанные методы.

На основании указанного выше алгоритма предлагается алгоритм получения всех максимально совместных подсистем системы по известным индексам всех минимально несовместных подсистем.

Пусть заданы множество $I = \{1, 2, \dots, m\}$ и подмножества номеров T_1, T_2, \dots, T_p , составляющих МНП: $T_i \subseteq I, i = 1, 2, \dots, p$.

Необходимо найти все такие различные множества $J_1, J_2, \dots, J_s : J_j \subseteq I$, каждое из которых

не содержало бы ни одного из множеств T_1, T_2, \dots, T_p , но пополнение хотя бы одного из множеств J_1, J_2, \dots, J_s новым элементом из I приводило бы к нарушению этого свойства.

Введем бинарные наборы

$$\alpha_i = (\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{im}),$$

$$\text{где } \alpha_i \in E^m, E = \{0, 1\}, \alpha_{il} = \begin{cases} 0, & \text{если } l \in T_i; \\ 1, & \text{если } l \notin T_i. \end{cases}$$

Получим множество наборов $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p \in E^m$. Организуем множества

$$A_i = \{\alpha \in E^m \mid \alpha \leq \alpha_i\} (i = 1, 2, \dots, p).$$

Из них образуем множество $A = \bigcup_{i=1}^p A_i$.

Нетрудно заметить, что если взять произвольный набор $\alpha \in A$, то множество номеров его нулевых компонент будет содержать хотя бы одно из множеств T_1, T_2, \dots, T_p .

С другой стороны, если взять произвольное подмножество $T \subseteq I$ такое, что существует i , при котором $T \supseteq T_i$, и поставить ему в соответствие набор $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m) \in E^m$, построенный по правилу

$$\alpha_l = \begin{cases} 0, & \text{если } l \in T_i; \\ 1, & \text{если } l \notin T_i, \end{cases}$$

то $\alpha \in A$.

Приведенные как уже известные алгоритмы, так и основанные на них модификации, во-первых, дополняют теоретические основы метода комитетов и, во-вторых, позволяют внедрить их в пакеты программ диагностики для решения в том числе медицинских задач.

3. Прикладной пример и обсуждение

Как было сказано выше, метод комитетов активно применяется на практике для решения широкого ряда задач. С целью иллюстрации работы выше описанных алгоритмов в среде программирования Matlab была решена конкретная задача классификации сторожевых головных болей при инсульте от всех остальных первичных головных болей.

Главной задачей исследования, в котором участвовали и неврологи, являлось определение четких, клинически обоснованных симптомов специфической головной боли, связанной с ишемическим инсультом. Неврологи наблюдали за состоянием двух групп пациентов – с первым инсультом и тех, у кого отсутствовали какие-либо острые неврологические нарушения или тяжелые расстройства (инсульт, опухоль и травмы головного мозга, эпилепсия, деменция и другие серьезные неврологические и соматические заболевания). Первая группа насчитывала 550 человек, вторая, контрольная, – 192.

Исследователи классифицировали различные головные боли, возникавшие у пациентов из обеих групп в течение года до поступления в одну из больниц Екатеринбурга, а также за неделю до инсульта и в день инсульта. Были выделены три типа головных болей: головные боли, уже знакомые пациентам; головные боли, которых никогда не было ранее (боли нового типа) и головные боли с изменением характеристик (отличались сильной интенсивностью, высокой частотой, продолжительностью, становились пульсирующими, сопровождалась тошнотой, рвотой, свето- и звукобоязнью, плохо поддавались действию анальгетиков). Далее были применены различные методы статистического анализа, в том числе метода комитетов. В данной статье мы не акцентируем внимание на медицинской постановке задачи, так как это всего лишь иллюстративный пример работы указанных выше алгоритмов.

Остановимся лишь на оценке качества полученной модели. Результаты прогноза представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Прогноз метода комитетов на обучаемой выборке

Table 1

Forecast of the committee method on the trained sample

Факт / Прогноз	Присутствие признака	Отсутствие признака
Присутствие признака	96,1 %	3,9 % (ошибка II рода)
Отсутствие признака	15,3 % (ошибка I рода)	84,7 %

Таблица 2

Прогнозы метода комитета на тестовой выборке

Table 2

Forecasts of the committee's method on a test sample

Факт / Прогноз	Присутствие признака	Отсутствие признака
Присутствие признака	90,2 %	9,8 % (ошибка II рода)
Отсутствие признака	18,5 % (ошибка I рода)	81,5 %

В целом модель дает хорошие прогнозы, имея высокую степень точности классификации головных болей, то есть отделения сторожевой головной боли при инсультах от других. А именно 81,5 % правильных результатов, ошибка первого рода составила 18,5 %, а второго рода – 9,8 %.

Таким образом, можно сказать, что выше описанные алгоритмы эффективно работают для диагностики сторожевой головной боли, а так как согласно изученной литературе в целом задача диагностики имеет общую структуру во всех областях, в том числе технической, экономической, психологической, криминалистической и иных, то предложенные алгоритмы вполне возможно применять и для указанного ряда задач.

Выводы

Безусловно, при применении указанных алгоритмов на конкретных практических задачах в различных сферах возможны различные ситуации, связанные со спецификой области. Может оказаться, что работа метода комитетов не будет иметь высокие результаты классификации либо в нём не будет смысла, в таком случае можно использовать методы машинного обучения, такие как кластерный анализ, случайный лес, логистическую регрессию, нейронные сети. Ничего нового на данный момент в этих методах нет, уже хорошо изучены все их достоинства и недостатки. Но даже в этом случае возможно применение метода комитетов как некоторого ансамбля методов, на основе которого возможно создание автоматизированной системы управления диагностикой, которая будет включать в себя все перечисленные выше методы. Таким образом, необходимо работать в направлении того, чтобы соединить модели в метод комитетов, при этом станет возможно получить сбалансированный метод диагностики, а также прогнозирования, классификации, минимизировав ошибки первого и второго рода, то есть снизить процент неверных предсказаний.

Список литературы

1. Кротков Е.А. Диагностика как универсальная форма научного познания (эпистемологический анализ) // Вопросы философии. 2014. № 3. С. 85–94.
2. Кочетов А.И. Педагогическая диагностика. Славянск-на-Кубани: Славян. филиал Армавир. гос. пед. ин-та, 1998.
3. Слободчиков В.И. Теория и диагностика развития в контексте психологической антропологии // Психология обучения. 2014. № 1. С. 4–34.
4. Щербина В.В. Средства социологической диагностики в системе управления. М.: Изд-во Московского университета, 1993. 116 с.
5. Григан А.М. Управленческая диагностика: теория и практика: моногр. Ростов н/Д: Изд-во РСЭИ, 2009. 282 с.

6. Mathematical modeling of corporate network tolerance troubleshooting methods / A.A. Petrov, D.N. Savinskaya, E.A. Minina, L.K. Dunsкая // *Modern Economics: Problems and Solutions*. 2020. No. 12 (132). P. 35–45. DOI: 10.17308/meps.2020.12/2488
7. Саханский Ю.В., Гуриева Л.К. Применение экономико-математических методов в диагностике устойчивости бизнеса. *Аудиторские ведомости*. 2021. № 2. С. 220–223.
8. Шушерина О.А., Логунова О.В. Методы математической статистики при профессиональной диагностике в дополнительном образовании взрослых // *Профессиональное образование в России и за рубежом*. 2016. № 4 (24). С. 143–150.
9. Лялюк А.В. Моделирование и диагностика рисков образовательной среды на основе математических методов // *Проблемы современного образования*. 2019. № 2. С. 198–204.
10. Зеленова Л.А., Павлюченко Е.А., Щерба В.Е. Применение метода математического моделирования для технической диагностики компрессоров объемного действия // *Россия молодая: передовые технологии – в промышленность*. 2013. № 1. С. 038–039.
11. Математические методы в диагностике заболеваний предстательной железы / С.Н. Шамраев, И.А. Бабюк, Е.И. Евтушенко и др. // *Вестник гигиены и эпидемиологии*. 2019. Т. 23, № 1. С. 12–15.
12. Уздин Д.З. О некоторых методах математической диагностики: теории распознавания состояний. М.: МАКС Пресс, 2008. 107 с.
13. Мазуров В.Д. Линейная оптимизация и моделирование. Свердловск: Уральский государственный университет им. А.М. Горького, 1986. 68 с.
14. Mazurov V.D., Krivonogov A.I., Kazantsev V.S. Solving of optimization and identification problems by the committee methods // *Pattern Recognition*. 1987. Vol. 20, no. 4. P. 371–378. DOI: 10.1016/0031-3203(87)90061-6
15. Еремин И.И., Мазуров В.Д. Нестационарные процессы математического программирования. М.: Наука, 1979. 287 с.
16. Кривоногов А.И. Некоторые модификации комитетных алгоритмов в распознавании образов // *Методы математического программирования и приложения*. Свердловск: ИММ УНЦ АН СССР, 1979. Вып. 27. С. 49–55.

References

1. Krotkov E.A. Diagnostics as universal form of scientific cognition (epistemological analysis). *Voprosy filosofii*. 2014;(3):85–94. (In Russ.)
2. Kochetov A.I. *Pedagogicheskaya diagnostika* [Pedagogical diagnostics]. Slavyansk-na-Kubani: Slavyansk branch Armavir State Pedagogical Institute; 1998. (In Russ.)
3. Slobodchikov V.I. Theory and diagnostics development in the context of psychological anthropology. *Psikhologiya obucheniya*. 2014;(1):4–34. (In Russ.)
4. Shcherbina V.V. *Sredstva sotsiologicheskoy diagnostiki v sisteme upravleniya* [Means of sociological diagnostics in the management system]. Moscow: Moscow University Publ.; 1993. 116 p. (In Russ.)
5. Grigan A.M. *Upravlencheskaya diagnostika: teoriya i praktika: monografiya* [Management diagnostics: theory and practice: Monograph]. Rostov-na-Donu: Rostov Socio-Economic Institute Publ., 2009. 282 p. (In Russ.)
6. Petrov A.A., Savinskaya D.N., Minina E.A., Dunsкая L.K. Mathematical modeling of corporate network tolerance troubleshooting methods. *Modern Economics: Problems and Solutions*. 2020;12(132):35–45. DOI: 10.17308/meps.2020.12/2488
7. Sakhansky Yu.V., Gurieva L.K. Possibilities of economic and mathematical methods in diagnosing business sustainability. *Auditorskie ведомости*. 2021;(2):220–223. (In Russ.)
8. Shusherina O.A., Logunova O.V. Mathematical statistics methods in professional diagnostics in adult education. *Professional Education in Russia and Abroad*. 2016;4(24):143–150. (In Russ.)
9. Lyaluk A.V. Modeling and diagnostics of educational environment risks based on mathematical methods. *Problemy sovremennogo obrazovaniya*. 2019;(2):198–204. (In Russ.)
10. Zelenova L.A., Pavlyuchenko E.A., Shcherba V.E. [Application of mathematical modeling method for technical diagnostics of volumetric compressors]. *Rossiia molodaya: peredovye tekhnologii – v promyshlennost'*. 2013;(1):038–039. (In Russ.)

11. Shamraev S.N., Babyuk I.A., Evtushenko E.I. et al. [Mathematical methods in the diagnosis of prostate diseases]. *Vestnik gigieny i epidemiologii*. 2019;23(1):12–15. (In Russ.)
12. Uzdin D.Z. *O nekotorykh metodakh matematicheskoy diagnostiki: teorii raspoznavaniya sostoyaniy* [About some methods of mathematical diagnostics: theories of state recognition]. Moscow: MAKS Press; 2008. 107 p.
13. Mazurov V.D. *Lineynaya optimizatsiya i modelirovanie* [Linear optimization and modeling]. Sverdlovsk: Ural State University named after A.M. Gorky; 1986. 68 p. (In Russ.)
14. Mazurov V.D., Krivonogov A.I., Kazantsev V.S. Solving of optimization and identification problems by the committee methods. *Pattern Recognition*. 1987;20(4):371–378. DOI: 10.1016/0031-3203(87)90061-6
15. Eremin I.I., Mazurov V.D. *Nestatsionarnye protsessy matematicheskogo programmirovaniya* [Nonstationary processes of mathematical programming]. Moscow: Nauka; 1979. 287 p. (In Russ.)
16. Krivonogov A.I. [Some modifications of committee algorithms in pattern recognition]. In: *Metody matematicheskogo programmirovaniya i prilozheniya*. Sverdlovsk; 1979. Iss. 27. P. 49–55. (In Russ.)

Информация об авторах

Логиновский Олег Витальевич, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; loginovskiiiov@susu.ru.

Гилёв Денис Викторович, канд. техн. наук, доц. кафедры экономики, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия; denis.gilev@urfu.ru.

Information about the authors

Oleg V. Loginovskiy, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Head of Department of Informational and Analytical Support of Control in Social and Economic Systems, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; loginovskiiiov@susu.ru.

Denis V. Gilev, Cand. Sci. (Eng.), Ass. Prof. of the Department of Economics, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia; denis.gilev@urfu.ru.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 04.07.2022
The article was submitted 04.07.2022