

Гилёв, Д. В. Критерий разрешимости задачи дискриминантного анализа, лежащей в основе модели управления медицинской организацией / Д. В. Гилёв, А. В. Голлай, О. В. Логиновский // Прикладная математика и вопросы управления. – 2023. – № 2. – С. 72–82. DOI 10.15593/2499-9873/2023.2.0

Библиографическое описание согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018

Гилёв, Д. В. Критерий разрешимости задачи дискриминантного анализа, лежащей в основе модели управления медицинской организацией / Д. В. Гилёв, А. В. Голлай, О. В. Логиновский. – Текст : непосредственный. – DOI 10.15593/2499-9873/2023.2.07 // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2023. – № 2. – С. 72–82.



ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА
И ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ

№ 2, 2023

<https://ered.pstu.ru/index.php/amcs>



Научная статья

DOI: 10.15593/2499-9873/2023.2.07

УДК 51-74+005



Критерий разрешимости задачи дискриминантного анализа, лежащей в основе модели управления медицинской организацией

Д. В. Гилёв¹, А. В. Голлай², О. В. Логиновский²

¹Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Российская Федерация

²Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), Челябинск, Российская Федерация

О СТАТЬЕ

Получена: 11 мая 2023
Одобрена: 06 июня 2023
Принята к публикации:
22 июня 2023

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

равноценен.

Ключевые слова:

эффективность управления, медицинские учреждения, неформализованность, финансовое состояние, исследование операций, распознавание образов, дискриминантный анализ, математическое программирование, комитеты большинства.

АННОТАЦИЯ

Рассматривается задача выстраивания эффективной и результативной организации процессов управления медицинской организацией. Отмечается отличительная черта – социальная направленность как основная функция, а не просто максимизация прибыли при ограниченных ресурсах. Такой подход требует учета не только финансовой и ресурсной составляющих, но и воздействия многих иных внешних факторов. Однако авторы, понимая всю трудность их описания, предлагают учесть эффект «социальной ориентированности учреждения» в неявном виде при описании финансового состояния организации. Учет неявных, в том числе внешних, факторов возможен при реализации моделей не только статистического и финансового анализов, как это обычно принято, но и их расширений до некоторых методов распознавания образов, которые зачастую имеют несложную компьютерную реализацию.

В частности, предлагается формализация модели финансового состояния организации, сводящаяся к задаче математического программирования с векторами состояния как внутренних, так и внешних факторов. Также приводится возможность рассмотрения модели принятия решений, которая бы учитывала влияния возможных внешних факторов, при этом указывается «неформализованность» задачи в смысле отсутствия классических методов решения. В связи с этим предлагается свести модель к задаче дискриминантного анализа, которая по сути представляет собой систему неравенств. Методы решения систем линейных неравенств известны, однако они трудны в реализации. По этой причине предлагается в модель дискриминантного анализа добавить критерий оптимальности (целевую функцию), позволяющий получить задачу линейного программирования, которая уже имеет более простые компьютерные реализации решений. Однако такая возможность присутствует лишь в случае линейных ограничений, что является несколько частным случаем общей проблемы.

Для решения поставленной задачи в самом широком ее смысле предлагается не только ее сведение к математическому программированию, а затем к дискриминантному анализу, но и эффективный алгоритм распознавания, указывающий разрешимость задачи. Процесс конструктивного решения задачи зачастую требует много времени и усилий, даже при мощном развитии современных технологий. При помощи приведенного алгоритма распознавания модель дискриминантного анализа в некоторой постановке приводится к записи в матричном виде, позволяющей сделать вывод, когда для модели существует разделяющий функционал. Также авторами предлагается использование методов комитета большинства. Выведенный алгоритм является достаточно простым в реализации, но при этом эффективным и результативным на практике, что делает его универсальным для подобного рода задач.

© ПНИПУ

© Гилёв Денис Викторович – канд. техн. наук, доцент, кафедра экономики Института экономики и управления, e-mail: deni-gilev@narod.ru, ORCID: 0000-0003-1040-5696.

Голлай Александр Владимирович – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах, e-mail: alexander@hollay.ru, ORCID: 0000-0002-5070-6779.

Логиновский Олег Витальевич – д-р техн. наук, профессор, профессор, кафедра информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах, e-mail: loginovskiov@susu.ru, ORCID: 0000-0003-3582-2795.



Эта статья доступна в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Perm Polytech Style: Gilev D.V., Hollay A.V., Loginovskiy O.V. Criterion of solvability of the discriminant analysis problem underlying the medical organization management model. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2023, no. 2, pp. 72–82. DOI: 10.15593/2499-9873/2023.2.07

MDPI and ACS Style: Gilev, D.V.; Hollay, A.V.; Loginovskiy O.V. Criterion of solvability of the discriminant analysis problem underlying the medical organization management model. *Appl. Math. Control Sci.* **2023**, *2*, 72–82. <https://doi.org/10.15593/2499-9873/2023.2.07>

Chicago/Turabian Style: Gilev, Denis V., Alexander V. Hollay, and Oleg V. Loginovskiy. 2023. "Criterion of solvability of the discriminant analysis problem underlying the medical organization management model". *Appl. Math. Control Sci.* no. 2: 72–82. <https://doi.org/10.15593/2499-9873/2023.2.0>



APPLIED MATHEMATICS
AND CONTROL SCIENCES
№ 2, 2023
<https://ered.pstu.ru/index.php/amcs>



Article

DOI: 10.15593/2499-9873/2023.2.07

UDK 51-74+005



Criterion of solvability of the discriminant analysis problem underlying the medical organization management model

D.V. Gilev¹, A.V. Hollay², O. V. Loginovskiy

¹ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russian Federation

² South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 11 May 2023
Approved: 06 June 2023
Accepted for publication:
22 June 2023

Funding

This research received no external funding.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Author Contributions

equivalent.

Keywords:

management efficiency, medical institutions, informality, financial condition, operations research, pattern recognition, discriminant analysis, mathematical programming, solvability criterion.

ABSTRACT

The article considers the task of building an effective and efficient organization of the management processes of a medical organization. A distinctive feature is noted – social orientation as the main function, and not just profit maximization with limited resources. This approach requires taking into account not only financial and resource components, but also the impact of many other external factors. However, the authors, realizing the difficulty of describing them, propose to take into account the effect of the "social orientation of the institution" in an implicit form when describing the financial condition of the organization. Taking into account implicit, including external, factors is possible when implementing models not only of statistical and financial analysis, as is usually accepted, but also their extensions to some image recognition methods, which often have a simple computer implementation.

In particular, the formalization of the financial condition model of the organization is proposed, which reduces to the problem of mathematical programming with state vectors of both internal and external factors. The possibility of considering a decision-making model that would take into account the influence of possible external factors is also considered, while the "informality" of the problem in the sense of the absence of classical methods of solution is indicated. In this regard, it is proposed to reduce the model to the task of discriminant analysis, which is essentially a system of inequalities. Methods for solving systems of linear inequalities are known, but they are difficult to implement. For this reason, it is proposed to add an optimality criterion (objective function) to the discriminant analysis model, which allows to obtain a linear programming problem that already has simpler computer implementations of solutions. However, this possibility is present only in the case of linear constraints, which is a somewhat special case of the general problem.

To solve the problem, in its broadest sense, it is proposed not only to reduce it to mathematical programming, and then to discriminant analysis, but also an effective recognition algorithm indicating the solvability of the problem. The process of constructive problem solving often requires a lot of time and effort, even with the powerful development of modern technologies. With the help of the given recognition algorithm, the discriminant analysis model in some formulation is output in a matrix form, which allows us to conclude when the model has the existence of a separating functional. The authors also propose the use of majority committee methods. The derived algorithm is quite simple to implement, but at the same time effective and efficient in practice, which makes it universal for this kind of tasks.

© PNRPU

© Denis V. Gilev – CSc of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Economics Graduate School of Economics and Management, e-mail: deni-gilev@narod.ru, ORCID: 0000-0003-1040-5696.

Alexander V. Hollay – Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor of the Department of Informational and Analytical Support of Control in Social and Economic Systems, e-mail: alexander@hollay.ru, ORCID: 0000-0002-5070-6779.

Oleg V. Loginovskiy – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, Department of Information and Analytical Support of Management in Social and Economic Systems, e-mail: loginovskiov@susu.ru, ORCID: 0000-0003-3582-2795.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Введение

Перед медицинскими учреждениями часто возникает проблема выстраивания эффективной и результативной организации своих процессов. Возрастает сила влияния как со стороны государства, так и со стороны пациентов, а также нередко и недовольство сотрудников. При этом как спрос на медицинские услуги, так и расходы неуклонно растут [1]. В целом любая медицинская организация может быть представлена как некоторая структура, организующая и оказывающая медицинскую помощь с целью обеспечения высококачественной помощи с использованием ограниченных доступных ресурсов [2]. При такой трактовке учреждения вынуждены планировать и выстраивать все процессы оказания медицинской помощи, начиная от формулировки финансовых запросов, заканчивая осуществлением функцией социальной взаимопомощи [3]. Пожалуй, социальная составляющая здесь является одной из основополагающих. Эти процессы включают в себя планирование и контроль, а также постановку целей и принятие решений о том, «что делать», «как делать», «когда делать» и «кто должен это делать». Планирование и контроль в области здравоохранения включают в себя несколько управленческих функций, связанных с принятием медицинских, финансовых и ресурсных решений [4]. В целом весь процесс можно описать в виде замкнутой схемы: планирование → организация → координация → мотивация → контроль → оценка качества проделанной работы [5].

В данной статье мы обсуждаем не только управленческую функцию планирования и контроля ресурсов, но и финансовую составляющую. Предлагается использовать такую междисциплинарную область, как исследование операций в управленческой науке, в которой используются различные принципы, стратегии и аналитические методы, основанные на научных исследованиях, включая математическое моделирование, статистику и алгоритмы, для улучшения способности организации принимать рациональные и осмысленные управленческие решения [6].

Можно выделить четыре основных аспекта управления: медицинское планирование, финансовое планирование, планирование материалов и планирование ресурсов. Медицинское планирование включает в себя принятие решений врачами-диагностами (сюда может быть включен широкий спектр специалистов) в отношении медицинских протоколов, лечения, диагнозов и сортировки. Финансовое планирование связано с управлением затратами и доходами для достижения целей в текущих и будущих экономических условиях. Планирование материалов касается приобретения, хранения, распределения и извлечения всех расходуемых ресурсов/материалов, таких как шовный материал, кровь, бинты, продукты питания и т. д. Планирование емкости ресурсов касается определения размеров, планирования, мониторинга и контроля возобновляемых ресурсов [7].

Теория. Формализация финансового состояния

Для того, чтобы исследовать финансовое состояние медицинского учреждения, необходимо выделить наиболее значимые факторы, а также описать меру оценки количественных и качественных показателей.

Основная проблема заключается в том, что условия задачи и целевая функция плохо формализованы. Это так в силу того, что зависимости Q_i между факторами и качеством – получены опытным путем.

Тогда в общем виде задача финансового состояния следующая:

$$\max Q(x,u): x \in X, u \in U,$$

где Q – общая функция финансового состояния, x – вектор факторов, u – вектор внешних воздействий.

Стоит отметить, что при такой постановке возможно применение методов математической статистики [8].

В связи с этим стоит рассмотреть модель принятия решений, которая бы учитывала влияния возможных внешних факторов, что приводит к выводу о том, что модель должна быть незамкнутой. Следовательно, задача сведется к нахождению оптимального значения и оптимального вектора, зависящих от векторного параметра y , в задаче:

$$\max \{F(x,y): G(x,y) \leq a(x,y)\}.$$

Ясно, что предложенная модель имеет большое прикладное значение и множество конкретных предложений.

Например, y может быть вектором цен на продукты и ресурсы в модели технико-экономического прогнозирования. Подобную ситуацию нередко можно встретить также в задаче математического программирования, в случае, когда ограничения вида $y \in Y$ неформализуемы [9]. В таком случае их можно учесть с помощью распознавания образов. Например, если идет речь о построении модели экономической системы, которая суть задача математического программирования, часть из ограничений которой неформализованы, и при этом вектор y относится к неформализованной части [10].

Данные и методы. Сведение формальной модели к задаче линейного программирования.

Интересно заметить, что данную задачу можно свести к задаче дискриминантного анализа, которая, в свою очередь, легко сводится к задаче линейного программирования.

Рассмотрим множества:

$$M = \{a^1, a^2, \dots, a^m\} \subset \mathbb{R}^n,$$

$$N = \{b^1, b^2, \dots, b^p\} \subset \mathbb{R}^n.$$

Возьмем векторы $a \in N$, $b \in M$, и рассмотрим вектор $c = a - b$. Сразу отметим, что считаем все векторы строками. Хотим построить гиперплоскость $H = \{x: (c, x) = d \in \mathbb{R}\}$, которая бы разделяла бы наши множества M и N . Таким образом, рассмотрим следующую систему:

$$\begin{cases} (c, x) - d > 0 (x \in M) \\ (c, x) - d < 0 (x \in N). \end{cases}$$

Введем обозначения:

$$A = \begin{pmatrix} a^1 \\ a^2 \\ \vdots \\ a^m \end{pmatrix} \in M; B = \begin{pmatrix} b^1 \\ b^2 \\ \vdots \\ b^p \end{pmatrix} \in N; e_m = (1, 1, \dots, 1)_m^T,$$

Тогда получим

$$\begin{cases} Ac - de_m > 0 \\ Bc - de_p < 0. \end{cases}$$

Составим $(n+1)$ -мерные вектора:

$$a_*^i = [a^i; 1] \in \mathbb{R}^{n+1}, b_*^i = [b^i; 1] \in \mathbb{R}^{n+1}, z = [c, -d] \in \mathbb{R}^{n+1}.$$

и матрицы:

$$A^* = \begin{pmatrix} a_*^1 \\ a_*^2 \\ \vdots \\ a_*^m \end{pmatrix}_{m \times (n+1)}; B^* = \begin{pmatrix} b_*^1 \\ b_*^2 \\ \vdots \\ b_*^p \end{pmatrix}_{p \times (n+1)}$$

Учитывая новые обозначения, получим

$$\begin{cases} A^* z > 0 (x \in M) \\ B^* z < 0 (x \in N). \end{cases}$$

Перепишем в виде

$$\begin{cases} A^* z > 0 (x \in M) \\ -B^* z > 0 (x \in N). \end{cases}$$

Введем новое множество:

$$F = A^* \cup (-B^*) = \{f_1, f_2, \dots, f_{m+p}\}.$$

Тогда наша система примет вид

$$(f_j, z) > 0 (j = 1, 2, \dots, m+p).$$

Данная система совместна, если совместна следующая система:

$$(f_j, z) \geq g (j = 1, 2, \dots, m+p),$$

где $g > 0$.

Добавим к этой системе неравенств линейный критерий оптимальности и получим следующую задачу линейного программирования:

$$L: \begin{cases} \max(k, z) \\ (f_j, z) \geq g \\ (j = 1, 2, \dots, m+p), \end{cases}$$

где $k = (k_1, k_2, \dots, k_{m+p})$.

Таким образом, мы свели задачу дискриминантного анализа к задаче линейного программирования.

Однако вернемся к нашей первоначальной задаче и заметим, что в случае отделимости x от y получаем следующую задачу:

$$\max \{f(x) + g(y): w(x) + z(y) \leq a(y)\} = m(y).$$

Мы ищем оптимальный вектор $x = x(y)$ и оптимальное значение $m(y)$.

Здесь максимизируется вектор внутренних факторов x , а вектор y рассматривается как вектор параметров внешней среды.

В случае, если зависимости линейны, то имеем задачу линейного программирования $L(y)$:

$$\max \{(c,x) + (d,y): Ax \leq a + Dy\} = m(y).$$

В этом случае максимизация проводится по x , поэтому оптимальный вектор

$$x(y) = \arg L(y) \in \text{Arg } L(y) = M(y).$$

Обозначим допустимое множество вышеописанной задачи через $M(y)$. Эта модель может рассматриваться как двухуровневая модель принятия решений [11].

Пусть $x(y) \in S$, $S = \{x \in R^n: Bx \leq b\}$, $y \in Y = \{y \in R^k: Qy \leq q\}$. Данное представление может получиться, например, в контексте решения задачи дискриминантного анализа.

Далее сформулируем основную параметрическую задачу $L(t,y)$:

$$\min \{(p,y) + (d, x(y)) + t m(y): y \in Y, g \leq m(y) \leq r, x(y) \in S\} = l.$$

Предполагается, что g может достигать значения вплоть до минус бесконечности, а r , в свою очередь, до плюс бесконечности. Смысл этой задачи заключается в идентификации исходной задачи линейного программирования.

Задача $L(y)$, двойственная к задаче $L(Y)$, следующая:

$$\min \{(u, a + Dy) + (d,y): A \cdot u = c, u \geq 0\}.$$

Исходя из теоремы двойственности в линейном программировании, допустимое множество в задаче $L(t,y)$ задается следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} Qy \leq q, g \leq (c,x) + (d,y) \leq r, Ax - Dy \leq q, \\ A \cdot u = c, u \geq 0, (c,x) \geq (u, a + Dy). \end{aligned}$$

Вообще, в задаче оценки финансового состояния и прогнозирования результатов решений задач исследования операций выделяют информационную составляющую и зависимости множества решений от колебания информации и критерия выбора [12]. С содержательной точки зрения речь может идти о вычислении отклонений от эталона, о вычислении ценностей факторов выбора. Стоит отметить, что в результате решения задачи факторного анализа выделяются не исходные признаки, а факторы. Если мы включим или стабилизируем какой-то из факторов, то величину потерь от этого можно считать ценностью фактора.

Далее предполагаем I – информационной составляющей задачи, иными словами, некоторый массив значений факторов. Далее ставится некоторый критерий оптимальности и само оптимальное значение обозначается $f(I)$.

Под вариацией значения $f(I)$, при вариации составляющей I , можно понимать значение соответствующей частной производной или производной по направлению изменения составляющей I .

Для задачи оптимального выбора эти величины содержатся в решении двойственной задачи [13]. Для неформализованной задачи оценки вариаций производятся с помощью распознавания образов. В этом случае мы говорим о вычислении информативности признаков.

Модель. Алгоритм линейного распознавания

Пусть дано множество M допустимых объектов: $M = \{S\}$. Допустимый объект $S \in M$ определен значениями некоторых характеристик, т.е. задано описание $I(S)$ объекта S в виде n -мерного вектора из R^n :

$$I(S) = x = (x_1, \dots, x_n),$$

где $x_i \in R^1$, $i = 1, \dots, n$.

Множество M покрыто конечным числом подмножеств

$$K_1, \dots, K_l : M = \bigcup_{j=1}^l K_j.$$

Подмножества $K_j, j = 1, \dots, l$ называются классами. Покрытие множества M определено не полностью, а задана лишь некоторая информация I_0 о классах K_1, \dots, K_l .

Задача распознавания [14] состоит в том, чтобы по обучающей информации I_0 о классах K_1, \dots, K_l и описанию $I(S)$ произвольного допустимого объекта S вычислить значения $\alpha_j(S)$ элементарных предикатов $P_j(S)$, « $S \in K_j$ », $j = 1, \dots, l$.

Предикаты $P_j(S)$, $j = 1, \dots, l$, могут принимать три значения:

- 1) если $S \in K_j$, то $\alpha_j(S) = 1$;
- 2) если $S \notin K_j$, то $\alpha_j(S) = 0$;
- 3) если неизвестно, принадлежит S классу K_j или нет, полагаем $\alpha_j(S) = \Delta$.

Таким образом, информация о вхождении S в классы K_1, \dots, K_l задается информационным вектором

$$\alpha(S) = (\alpha_1(S), \dots, \alpha_l(S)),$$

где $\alpha_i(S) \in \{0, 1, \Delta\}$, $i = 1, \dots, l$.

Пусть задана совокупность S_1, \dots, S_m допустимых объектов. Стандартная обучающая информация I_0 задается в виде описаний и информационных векторов $\alpha(S_1), \dots, \alpha(S_m)$:

$$I_0 = \{I(S_1), \alpha(S_1), \dots, I(S_m), \alpha(S_m)\}.$$

Сформулируем задачу распознавания следующим образом. Пусть заданы обучающая информация $I_0(K_1, \dots, K_l)$ и множество $\{I(S)\}$ описаний допустимых объектов $S \in M$. Требуется построить алгоритм A , вычисляющий для описаний $I(S) \in \{I(S)\}$ информационные векторы $\alpha(S)$:

$$A(I_0, I(S)) = \alpha(S).$$

Введем определение линейного алгоритма распознавания. Пусть задана обучающая информация $I_0(K_1, \dots, K_l)$.

Алгоритм A , вычисляющий для описания $I(S) = x$ информационный вектор $\alpha(S)$ по правилу

$$\alpha_j(S) = \begin{cases} 1, & \text{если } (\alpha, x) + \alpha_{n+1} > 0; \\ \Delta, & \text{если } (\alpha, x) + \alpha_{n+1} \leq 0, \end{cases}$$

$$\alpha_i(S) = \Delta, i \neq j, i \in \overline{1, l}$$

($j \in \overline{1, l}$; $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n) \in R^n$), называется линейным алгоритмом распознавания типа $t(A) = j$ с весовым вектором $\omega(A) = (\alpha_1, \dots, \alpha_n, \alpha_{n+1}) \in R^{n+1}$. Рассмотрим совокупность линейных алгоритмов распознавания A_1, \dots, A_k . Каждый алгоритм A_u , $u = 1, \dots, k$, вычисляет для объекта S информационный вектор $\alpha^u(S) = (\alpha_1^u(S), \dots, \alpha_l^u(S))$.

Алгоритмом комитета большинства назовем алгоритм, вычисляющий для объекта S информационный вектор $\alpha(S) = (\alpha_1(S), \dots, \alpha_l(S))$ по правилу:

$$\alpha_j(S) = \begin{cases} 1, & \text{если } \left\{ \alpha_i^u(S) : t(A_u) = 1, u \in \overline{1, k} \right\} \text{ число единиц больше } \Delta; \\ 0 & \text{– во всех остальных случаях;} \end{cases}$$

здесь $i = 1, \dots, l$. То есть алгоритмом комитета большинства для совокупности линейных алгоритмов назовем алгоритм, относящий объект S к i -му классу.

Пусть $r(A_i) \in \overline{1, k}$ – ранг алгоритма A_i , $i = 1, \dots, k$. Алгоритмом комитета старшинства назовем алгоритм [15], вычисляющий для объекта S информационный вектор $\alpha(S) = (\alpha_1(S), \dots, \alpha_l(S))$ по правилу

$$\alpha_{t(A)}(S) = 1, A = A^i = \{A \in \{A_1, \dots, A_k\} : r(A) = i\},$$

$$i = \max \{r(A_u) : \alpha_j^u(S) = 1, u \in \overline{1, k}, j \in \overline{1, l}\};$$

$$\alpha_j(S) = 0 (j \neq t(A), A \in A^i, j \in \overline{1, l}).$$

То есть алгоритмом комитета большинства для совокупности линейных алгоритмов назовем алгоритм, относящий S к i -му классу, если алгоритм наибольшего ранга из совокупности, положительно решающий вопрос о принадлежности S , имеет тип i , $i = 1, \dots, l$.

Полученные результаты

Указанная выше возможность учета неявных факторов при построении модели управления в части ее финансовой составляющей позволяет при помощи достаточно простых математических методов решить важную задачу управления медицинским учреждением, принимая во внимание социальную направленность объекта.

Приведенная модель позволяет формализовать финансовое состояние не просто как векторы каких-то бухгалтерских показателей, но и учитывать внешние факторы. Однако может сложиться впечатление о невозможности осуществления такой модели в привычном смысле задачи математического программирования из-за «размытости» решения. Авторами же предложены методы, устраняющие данный недостаток. Предложенное представле-

ние «трудно формализованной» модели в виде задачи дискриминантного анализа позволяет устранить все сложности в реализации решения.

Действительно, задача дискриминантного анализа известна уже давно и имеет массу различных способов решений: от алгебраических до компьютерных. Однако и здесь возможны сложности в данном случае, так как система неравенств может быть неразрешима. В такой ситуации авторами предложен алгоритм распознавания, основанный на комитетах большинства.

Описанный алгоритм распознавания с помощью комитета большинства позволяет достаточно просто решить вопрос с разрешимостью задачи дискриминантного анализа. В случае, если комитета не существует, то нет и решения дискриминантного анализа, а доказательства и обоснования существования комитета большинства известны и просты в реализации.

Заключение

На данный момент пока остается открытым вопрос, какой именно набор необходимо включить в качестве неявных факторов, учитывающих главную социальную цель медицинских учреждений. Здесь авторы продолжают работу совместно с руководителями таких организаций. Однако уже можно предложить такие показатели, как количество успешных операций, количество жалоб в суд на учреждение за некачественно оказанную помощь и т.д. Обычное представление финансовой модели никогда не учитывает предложенные показатели, и может показаться, что это выходит за рамки привычных принципов их построения. Тем не менее авторам такой подход кажется приемлемым за счет своей простоты и широких возможностей. Ведь обычно в качестве задачи математического программирования рассматривается максимизация прибыли и минимизация издержек, но в данном случае прибыль должна быть учтена и в рамках социальной составляющей, которую условно можно назвать «сбережением здоровья и жизни пациентов». Такая парадигма представляется авторам наиболее подходящей и важной. Более того, такая модель может быть применена и для оценка качества оказываемой помощи, а также эффективности работы учреждения в целом.

Список литературы

1. Лень Л.С., Никулина Т.Н. Управление медицинским учреждением в современных условиях: проблемы и пути решения // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2016. – № 2. – С. 73–80.
2. Зинчук Ю.Ю. Экономические механизмы управления качеством медицинской помощи и эффективностью лечебного процесса (практический опыт внедрения в муниципальной больнице) // Проблемы управления здравоохранением. – 2009. – № 2. – С. 9–17.
3. Шахабов И.В., Мельников Ю.Ю., Смышляев А.В. Оценка эффективности управления медицинской организацией // Главный врач Юга России. – 2020. – № 5(75). – С. 6–9.
4. Laake I.C., Thendrup A., Halbo L. Quality management and third-party assessment in medical institutions: international experience 24 April 1998. – Oslo, Norway // Accreditation and Quality Assurance. – 1998. – Vol. 3, № 10. – P. 427–428.
5. Иванов В.М., Малахова О.А. Совершенствование системы управления медицинским учреждением // Регион: государственное и муниципальное управление. – 2016. – № 4(8). – С. 2.
6. Орлов А.И. О разработке и развитии устойчивых математических методов и моделей процессов управления // Теория активных систем – 2009: международная научно-практическая мультikonференция «Управление большими системами – 2009»: труды меж-

дународной научно-практической конференции, Москва, 17–19 ноября 2009 года / общ. ред. В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – 2009. – Т. 1. – С. 147–153.

7. Савельева Л.А., Вдовин С.А. Экономико-математические методы для этапов алгоритма управления рисками объектов экономики // *Инновации и инвестиции*. – 2020. – № 4. – С. 93–95.

8. Качкова О.Е., Кришталева Т.И. Оценка качества условий оказания услуг медицинскими организациями // *Актуальные проблемы социально-экономического развития России*. – 2018. – № 3. – С. 40–46.

9. Mazurov V.D. Duality in Recognition with Feature Control // *Pattern Recognition and Image Analysis. Advances in Mathematical Theory and Applications*. – 1996. – Vol. 6, № 1. – P. 3–4.

10. Мазуров В.Д. Тактика действий в противоречивых условиях – математический анализ: существование слабого равновесия // *Эпистемы: сборник научных статей*. – Екатеринбург: Ажур, 2013. – Вып. 8. – С. 116–120.

11. Мазуров В.Д., Смирнов А.И. Методы нейронных сетей и распознавания образов и их применение в экономике, технике и медицине // *Инновации в современном мире: цели, приоритеты, решения: материалы международного научно-практического форума, Екатеринбург, 22–25 апреля 2014 года*. – Екатеринбург: Уральский институт экономики, управления и права, 2014. – С. 187–201.

12. Mazurov V.D. The factor analysis and the search for an objective meaning of factors as a function of meanings of (names) features // *Bulletin of the South Ural State University. Series: Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*. – 2016. – Vol. 16, № 3. – P. 137–142. DOI: 10.14529/ctcr160315

13. Еремин И.И., Мазуров Вл.Д., Астафьев Н.Н. Несобственные задачи линейного и выпуклого программирования. – М: Наука, 1982. – 336 с.

14. Boser B.E., Guyon I.M., Vapnik V.N. A training algorithm for optimal margin classifiers // *Proceedings of the 5th Conference on Computational Learning Theory*. – 1992. – С. 144–152.

15. Mazurov V.D., Polyakova E.Y. Committees: History and Applications in Machine Learning // *Communications in Computer and Information Science*. – 2019. – Vol. 1090. – P. 3–16. DOI: 10.1007/978-3-030-33394-2_1

References

1. Len' L.S. Upravlenie meditsinskim uchrezhdeniem v sovremennykh usloviakh: problemy i puti resheniia [Management of a medical institution in modern conditions: problems and solutions]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Ekonomika*, 2016, no 2, pp. 73–80.

2. Zinchuk Iu.Iu. Ekonomicheskie mekhanizmy upravleniia kachestvom meditsinskoj pomoshchi i effektivnost'iu lechebnogo protsessa (prakticheskii opyt vnedreniia v munitsipal'noi bol'nitse) [Economic mechanisms for managing the quality of medical care and the effectiveness of the treatment process (practical experience of implementation in a municipal hospital)]. *Problemy upravleniia zdravookhraneniem*, 2009, no 2, pp. 9–17.

3. Shakhobov I.V. Otsenka effektivnosti upravleniia meditsinskoj organizatsiei [Evaluation of the effectiveness of the management of a medical organization]. *Glavnyi vrach Iuga Rossii*, 2020, no. 5(75), pp. 6–9.

4. Laake I.C., Thendrup A., Halbo L. Quality management and third-party assessment in medical institutions: international experience 24 April 1998, Oslo, Norway, *Accreditation and Quality Assurance*, 1998, vol. 3, no. 10, pp. 427–428.

5. Ivanov V.M. Sovershenstvovanie sistemy upravleniya meditsinskim uchrezhdeniem [Improving the management system of a medical institution]. *Region: gosudarstvennoe i munitsipal'noe upravlenie*, 2016, no. 4(8), 2 p.

6. Orlov A.I. O razrabotke i razvitiy ustoychivyykh matematicheskikh metodov i modeley protsessov upravleniya [On the development and development of stable mathematical methods and models of management processes] *Teoriya aktivnykh sistem - 2009: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya Mul'tikonferentsiya "Upravlenie bol'shimi sistemami - 2009" : Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Moskva, 17–19 noyabrya 2009 goda / Obshchaya redaktsiya* Tom 1. – Moscow, Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN, 2009, pp. 147–153.

7. Savel'eva L.A. Ekonomiko-matematicheskie metody dlya etapov algoritma upravleniya riskami ob"ektov ekonomiki [Economic and mathematical methods for the stages of the risk management algorithm of economic objects]. *Innovatsii i investitsii*, 2020, no. 4, pp. 93–95.

8. Kachkova O. E., Krishtaleva T. I. Otsenka kachestva usloviy okazaniya uslug meditsinskimi organizatsiyami [Assessment of the quality of conditions for the provision of services by medical organizations]. *Aktual'nye problemy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossii*, 2018, no. 3, pp. 40–46.

9. Mazurov V.D. Duality in Recognition with Feature Control. *Pattern Recognition and Image Analysis. Advances in Mathematical Theory and Applications*, 1996, vol. 6, no. 1, pp. 3–4.

10. Mazurov V.D. Taktika deystviy v protivorechivyykh usloviyakh - matematicheskiy analiz: sushchestvovanie slabogo ravnovesiya [Tactics of actions in contradictory conditions - mathematical analysis: the existence of a weak equilibrium]. *Epistemy : sbornik nauchnykh statey*. – Iss. 8. – Ekaterinburg, Azhur, 2013. – pp. 116-120.

11. Mazurov V.D. Metody neironnykh setei i raspoznavaniia obrazov i ikh primenenie v ekonomike, tekhnike i meditsine [Methods of neural networks and pattern recognition and their application in economics, engineering and medicine], *Innovatsii v sovremennom mire: tseli, priority, resheniia: Materialy Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma, Ekaterinburg, 22–25 apreliya 2014*. – Ekaterinburg: Ural'skii institut ekonomiki, upravleniia i prava, 2014, pp. 187–201.

12. Mazurov V.D. The factor analysis and the search for an objective meaning of factors as a function of meanings of (names) features. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*. – 2016. – Vol. 16, No. 3. – P. 137–142. DOI 10.14529/ctcr160315.

13. Eremin I.I., Mazurov V.D., Astaf'ev N.N. Nesobstvennye zadachi lineynogo i vypuklogo programmirovaniya [Improper linear and convex programming problems]. Moscow, Nauka, 1982, 336 p.

14. Boser B.E., Guyon I.M., Vapnik V.N. A training algorithm for optimal margin classifiers. *Proceedings of the 5th Conference on Computational Learning Theory*. 1992. pp. 144–152.

15. Mazurov V.D. Committees: History and Applications in Machine Learning. *Communications in Computer and Information Science*, 2019, vol. 1090, pp. 3–16. DOI 10.1007/978-3-030-33394-2_1.