

УДК 681.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2024.47.4.007](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.47.4.007)

Оптимизация управления ресурсным обеспечением в региональной организационной системе на основе предиктивного анализа многолетней статистической информации

П.Ю. Гусев¹, А.В. Ломаков^{2✉}, Я.Е. Львович²

¹Воронежский государственный технический университет, Воронеж,
Российская Федерация

²Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация

Резюме. В статье рассматривается обоснование оптимизационного подхода к управлению ресурсным обеспечением в региональной организационной системе, отличающейся процедурами интеграции результатов предиктивного анализа многолетней статистической информации в процесс принятия решений. Показана ограниченность методов экспертного выбора управленческих действий на основе анализа динамики изменений показателей эффективности системы и возможность преодоления этой ограниченности за счет формализованного представления зависимости функции интегрального эффекта от дополнительного ресурсного обеспечения, позволяющего перейти к поиску управленческих решений путем оптимизационного моделирования. Рассмотрено формирование оптимизационных моделей при распределении ресурсного обеспечения в региональной организационной системе по трем составляющим: группам населения, территориальным образованиям, временным периодам. Для первых двух составляющих управленческие решения определяются путем постановки и решения задач многоальтернативной оптимизации. Они позволяют определить перспективные подмножества групп населения и территориальных образований, для которых определенная экспертами потребность в дополнительном ресурсе даст в будущие периоды наибольший эффект. Поскольку управленческие решения содержат наряду с формализованным выбором экспертную составляющую, они носят предварительный характер. Окончательное формализованное решение достигается при распределении предварительных оценок по временным интервалам с использованием оптимизационной модели динамического программирования. Предложено использование результатов предиктивного анализа в виде прогностических моделей, отражающих данные показателей статистики, при формировании целевых функций оптимизационных моделей, что позволяет интегрировать их в процесс принятия решений при управлении распределением ресурсного обеспечения в региональной организационной системе.

Ключевые слова: региональная организационная система, управление, ресурсное обеспечение, предиктивный анализ, прогнозирование, оптимизация, экспертное оценивание.

Для цитирования: Гусев П.Ю., Ломаков А.В., Львович Я.Е. Оптимизация управления ресурсным обеспечением в региональной организационной системе на основе предиктивного анализа многолетней статистической информации. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2024;12(4). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1710> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.47.4.009

Optimization of resource management in a regional organizational system based on predictive analysis of long-term statistical information

P.Yu. Gusev¹, A.V. Lomakov^{2✉}, Ya.E. Lvovich²

¹*Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation*
²*Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation*

Abstract. The article considers the rationale for the optimization approach to resource provision management in a regional organizational system, which is distinguished by the procedures for integrating the results of predictive analysis of long-term statistical information into the decision-making process. The limitations of methods of expert selection of management actions based on the analysis of the dynamics of changes in the system's performance indicators and the possibility of overcoming this limitation through a formalized representation of the dependence of the integral effect function on additional resource provision, which makes it possible to move on to the search for management solutions through optimization modeling, are shown. The formation of optimization models for the distribution of resource provision in a regional organizational system is considered according to three components: population groups, territorial entities, and time periods. For the first two components, management decisions are determined by setting and solving multi-alternative optimization problems. They allow one to determine promising subsets of population groups and territorial entities for which the need for additional resources determined by experts will give the greatest effect in future periods. Since management decisions contain an expert component along with a formalized choice, they are preliminary in nature. The final formalized decision is achieved by distributing preliminary estimates over time intervals using an optimization model of dynamic programming. It is proposed to use the results of predictive analysis in the form of prognostic models reflecting the data of statistical indicators when forming target functions of optimization models, which allows integrating them into the decision-making process when managing the distribution of resource provision in a regional organizational system.

Keywords: regional organizational system, management, resource provision, predictive analysis, forecasting, optimization, expert assessment.

For citation: Gusev P.Yu., Lomakov A.V., Lvovich Ya.E. Optimization of resource management in a regional organizational system based on predictive analysis of long-term statistical information. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2024;12(4). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1710> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.47.4.009 (In Russ.).

Введение

Целый ряд региональных организационных систем связан с возможностью управляющего центра оценивать различные характеристики состояния и деятельности населения и влиять на их изменение в соответствии с установленными требованиями. При этом для принятия управленческих решений используются данные многолетней статистики, в рамках которой осуществляется периодическое оценивание характеристик системы.

К таким региональным системам относится региональная система здравоохранения. Ее структура и структура многолетней медико-статистической информации имеют особенности, которые аналогичны и для других классов региональных организационных систем:

– структурная модель включает в себя субрегиональные подсистемы оказания медицинской помощи, что приводит к территориальной распределенности эпидемиологических и экономических показателей и определяет принятие решений управляющим центром на основе пространственно-временной информации;

– в структуре данных медицинской статистики [1] важную роль играют показатели, определяющие динамику заболеваемости как одного из направлений повышения медицинской помощи, требующего ресурсного обеспечения.

Традиционно управляющий центр учитывает эти особенности организационной системы с использованием эпидемиологического анализа [2]. Однако оценки уровня, частоты и динамики заболеваемости населения не интегрированы с экспертными

оценками выбора наиболее эффективного варианта развития регионального здравоохранения [3, 4] по нескольким составляющим: нозологической, пространственной, временной. В большинстве случаев указанные экспертные решения не позволяют обеспечить рациональный баланс при распределении ресурсного обеспечения по перечисленным составляющим.

В [5] показана возможность перехода от экспертных методов принятия решения к формализованным на основе оптимизационных моделей. При этом подходе возникает необходимость построения математических моделей, учитывающих все составляющие с использованием многолетней медико-статистической информации. Такие возможности предоставляет одно из направлений применения искусственного интеллекта при переходе к формализованным методам принятия решений – предиктивная аналитика [6, 7]. Сочетание предиктивной аналитики и экспертных управленческих решений в здравоохранении рассмотрено в [8]. Однако работы по интеграции предиктивной аналитики и методов оптимизационного моделирования практически отсутствуют.

Целью статьи является разработка комплекса моделей и алгоритмов, позволяющих осуществить интеграцию результатов предиктивной аналитики многолетней статистической информации, оптимизационного и экспертного моделирования в единый цикл принятия управленческих решений в региональной организационной системе.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- сформировать оптимизационные модели распределения ресурсного обеспечения для управления в региональной организационной системе;
- осуществить интеграцию результатов предиктивной аналитики многолетней статистической информации в процесс принятия управленческих решений на основе оптимизационного моделирования и экспертного оценивания.

Оптимизационное моделирование при управлении распределением ресурсного обеспечения в региональной организационной системе

Действия управляющего центра в региональной организационной системе, с одной стороны, направлены на установление планового ресурсного обеспечения для временного интервала $t - R^\circ(t)$ и требований к уровню показателей эффективности

$$y_j(t) \geq y_j^\circ, j = \overline{1, J}, \quad (1)$$

а с другой – на распределение $R^\circ(t)$ по следующим составляющим:

- группам населения, объединенными по некоторому признаку (в здравоохранении по определенным нозологиям), $n = \overline{1, N}$;
- субрегиональным образованиям $d = \overline{1, D}$, распределенным на территории региона;
- временным периодам, следующим за периодами многолетних статистических наблюдений $t_1 = \overline{1, T_1}$, $t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}$.

Будем считать результаты многолетней статистики

$$R^\circ(t_1), y_j(t_1), j = \overline{1, J}, t_1 = \overline{1, T_1}$$

и требования управляющего центра на будущие временные периоды

$$y_j^\circ(t), j = \overline{1, J}, t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T},$$

$$R^\circ(t), t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}$$

исходными данными для формализации экстремальных и граничных требований при формировании оптимизационных моделей [9] по перечисленным составляющим.

В качестве экстремального требования предлагается рассматривать требование максимизации эффекта от привлечения дополнительного ресурсного обеспечения $\Delta R(t)$, для каждого нового периода $t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}$ по сравнению с предыдущим периодом $(t - 1)$:

$$\Delta R(t) = R^\circ(t) - R^\circ(t - 1),$$

при условии

$$R^\circ(t) > R^\circ(t - 1).$$

При этом достижение эффекта от влияния $R^\circ(t)$ определяется улучшением значений показателей эффективности:

$$\Delta y_j(t) = y_j(t - 1) - y_j(t) > 0, j = \overline{1, J}, \quad (2)$$

а интегральный эффект является функцией локальных улучшений и дополнительного ресурсного обеспечения:

$$Y(t) = F(\Delta R^\circ(t); \Delta y_j(t), j = \overline{1, J}; t). \quad (3)$$

Граничное требование определяется необходимостью балансировать управленческие решения на распределение ресурсного обеспечения с плановым уровнем $R^\circ(t)$.

Для каждой составляющей определим перечень оптимизируемых переменных [9] и математические зависимости их влияния на достижение рассмотренных выше экстремальных и граничных требований.

В первой задаче при распределении дополнительного ресурсного обеспечения $\Delta R(t)$ между $n = \overline{1, N}$ группами населения возникает ситуация, когда эксперт в состоянии предсказать те группы, для которых распределение

$$\Delta R_n(t - 1), n = \overline{1, N}, \sum_{n=1}^N \Delta R_n(t - 1) = \Delta R(t - 1)$$

дало, по его мнению, недостаточный эффект по величинам (2). Адекватными оптимизируемыми переменными, характеризующими указанную неоднородность влияния $\Delta R_n(t - 1)$, являются следующие альтернативные переменные:

$$x_n = \begin{cases} 1, & \text{если из объема дополнительного ресурса } \Delta R(t) \text{ целесообразно} \\ & \text{выделить ресурс } \Delta R_n(t) \text{ для } n - \text{й группы населения,} \\ 0, & \text{в противном случае, } n = \overline{1, N}. \end{cases} \quad (4)$$

Зависимость величины (3) от оптимизируемых переменных (4) представим в виде линейной функции, для которой коэффициенты $\alpha_n, n = \overline{1, N}$ получены на основе экспертных оценок приоритетности выделения ресурса для n -й группы населения:

$$\sum_{n=1}^N \alpha_n x_n \rightarrow \max. \quad (5)$$

Для формирования зависимости граничного требования от оптимизируемых переменных (4) в линейной форме используем экспертные оценки потребности в ресурсном обеспечении для n -й группы населения:

$$\Delta \hat{R}_n(t), n = \overline{1, N}.$$

В результате имеем следующую формализацию граничного требования:

$$\sum_{n=1}^N \Delta \hat{R}_n(t) x_n \leq \Delta R(t). \quad (6)$$

Объединение требования альтернативности распределения ресурса (4) и линейных зависимостей (5), (6) приводит к следующей модели многоальтернативной оптимизации [10]:

$$\begin{aligned} & \sum_{n=1}^N \alpha_n x_n \rightarrow \max, \\ & \sum_{n=1}^N \Delta \hat{R}_n(t) x_n \leq \Delta R(t), t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}, \\ & x_n = \begin{cases} 1, \\ 0, \text{ в противном случае, } n = \overline{1, N}. \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

На основе решения (7) $x_n^*, n = \overline{1, N}$ имеет следующее управленческое решение:

$$\Delta R_n(t) = \begin{cases} \Delta \hat{R}_n(t), t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}, \text{ если } x_n^* = 1, \\ 0, \text{ в противном случае, } n = \overline{1, N}. \end{cases} \quad (8)$$

Вторая задача распределения, исходя из решения (8), состоит в распределении тех $\Delta R_n(t)$, для которых оптимальные значения (7) имеют значения:

$$x_{n_1}^* = 1, n_1 = \overline{1, N_1} \in \overline{1, N},$$

между $d = \overline{1, D}$ территориальными образованиями. Здесь, как и в первой задаче, возникает возможность экспертного ранжирования территорий по значимости влияния на достижение требований (1). Тогда в качестве оптимизируемых вновь приемлемо ввести альтернативные переменные:

$$x_{nd} = \begin{cases} 1, \text{ если из объема дополнительного ресурса } \Delta R_n(t) \text{ целесообразно} \\ \text{выделить ресурс } \Delta R_{nd}(t) \text{ для } d - \text{го территориального образования,} \\ 0, \text{ в противном случае, } n = \overline{1, N}, d = \overline{1, D}. \end{cases} \quad (9)$$

Далее определяются коэффициенты линейных зависимостей экстремального и граничных требований:

- коэффициенты влияния ресурса $\Delta \hat{R}_n(t)$ на достижение требований (1);
- $\beta_{nd}, n = \overline{1, N}, d = \overline{1, D}$;
- экспертные оценки потребности в ресурсном обеспечении для d -го территориального образования:

$$\Delta R_{nd}(t), n = \overline{1, N}, d = \overline{1, D}.$$

Линейные зависимости имеют вид аналогичный (5), (6), а оптимизационная модель на их основе – (7):

$$\begin{aligned} & \sum_{d=1}^D \sum_{n=1}^N \beta_{nd} x_{nd} \rightarrow \max, \\ & \sum_{d=1}^D \Delta \hat{R}_{n_1 d}(t) x_{nd} \leq \Delta R_{n_1}(t), n_1 = \overline{1, N_1}, t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}, \\ & x_{nd} = \begin{cases} 1, \\ 0, \end{cases} n = \overline{1, N}, d = \overline{1, D}. \end{aligned} \quad (10)$$

Решая задачу многоальтернативной оптимизации (10), получаем оптимальные значения переменных $x_{nd}^*, n = \overline{1, N}, d = \overline{1, D}$ и следующее управленческое решение:

$$\Delta R_{nd}(t) = \begin{cases} \Delta R_{n_1}(t), t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}, \text{ если } x_{n_1 d}^* = 1, \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases} \quad (11)$$

$$n_1 = \overline{1, N_1}, n = \overline{1, N}, n_1 = \overline{1, N_1} \in \overline{1, N}, d = \overline{1, D}.$$

В соответствии с управленческим решением (11) из объема ресурсного обеспечения $\Delta R_{n_1 d_1}$ -му территориальному образованию выделяется ресурс $\Delta R_{n_1 d_1}(t)$, где $d_1 = \overline{1, D_1} \in \overline{1, D}$ и соответствует $x_{nd}^* = 1$.

Управленческие решения (8), (11) базируются на экспертных оценках потребности в ресурсном обеспечении и позволяют определить подмножество групп населения $n_1 = \overline{1, N_1} \in \overline{1, N}$ и соответствующее подмножество территориальных образований $d_1 = \overline{1, D_1} \in \overline{1, D}$, для которых в соответствии с экспертными оценками $\alpha_n, n = \overline{1, N}$ и $\beta_{nd}, d = \overline{1, D}$ запланированный ресурс позволит улучшить значения показателей эффективности $y_j, j = \overline{1, J}$. Однако ориентация только на мнения экспертов не всегда приводит к оптимальному распределению интегрированного объема ресурсного обеспечения для каждого временного периода $t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}$.

Предлагается осуществить коррекцию распределения $\Delta R_{nd}(t)$ по временным периодам $t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}$ на основании формализованной постановки оптимизационной задачи на множестве дискретных значений

$$\Delta R_{n_1 d_1}^{\text{CK}}(t) = \{\overline{\Delta R_{n_1 d_1}}, 2\overline{\Delta R_{n_1 d_1}}, \dots, t\overline{\Delta R_{n_1 d_1}}, \dots, T\overline{\Delta R_{n_1 d_1}}\}, \quad (12)$$

где $\overline{\Delta R_{n_1 d_1}}$ – среднее значение ресурсного обеспечения за период $t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}$, выбранного на основе управленческих решений (8, 11):

$$\overline{\Delta R_{n_1 d_1}} = \frac{\sum_{t=T_1+1}^{T_1+T} \Delta R_{n_1 d_1}(t)}{T}.$$

Экстремальное требование заключается в максимизации функции интегрального эффекта (3), а граничное – интегральным объемом дополнительного ресурсного обеспечения, полученного на основе управленческих решений (8), (11):

$$\Delta R_{nd} = \sum_{t=T_1+1}^{T_1+T} \Delta R_{n_1 d_1}. \quad (13)$$

С учетом (3), (12), (13) оптимизационная модель имеет следующий вид [9]:

$$F(\Delta R_{n_1 d_1}^{\text{CK}}(t); \Delta y_j(t), j = \overline{1, J}; t) \rightarrow \max, \\ \sum_{t=T_1+1}^{T_1+T} \Delta R_{n_1 d_1}^{\text{CK}}(t) = \Delta R_{n_1 d_1}, \quad (14)$$

$$\Delta R_{n_1 d_1}^{\text{CK}}(t) = \{\overline{\Delta R_{n_1 d_1}}, 2\overline{\Delta R_{n_1 d_1}}, \dots, t\overline{\Delta R_{n_1 d_1}}, \dots, T\overline{\Delta R_{n_1 d_1}}\}$$

и относится к задачам динамического программирования [9].

Полученное управленческое решение $\Delta R_{n_1 d_1}^{\text{CK}*}(t)$ позволяет найти оптимальное распределение интегрального ресурса по всем трем составляющим: группам населения, территориальным образованиям и временным периодам.

Интеграция результатов предиктивной аналитики в процесс принятия управленческих решений

Процесс принятия управленческих решений основан на оптимизационных моделях (7), (10), (14), которые в свою очередь предлагается формировать на основе результатов предиктивной аналитики многолетней статистики за временные периоды $t_1 = \overline{1, T_1}; \Delta R^\circ(t_1); y_j(t_1), j = \overline{1, J}$.

Для оптимизационных моделей (7), (10) требуется преобразование прогнозных оценок $\Delta \hat{y}_j(t), t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}$, которые и являются результатами предиктивного анализа, в экспертные оценки. Выбор модели

$$\Delta y_j(t) = f(t), j = \overline{1, J}, t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T} \quad (15)$$

для получения прогнозных оценок осуществляется путем сравнения альтернативных вариантов функции (15) по точности прогноза с использованием показателя среднеквадратичной ошибки, вычисленным на основе тестовой выборки $t_1 = \overline{T'_1, T_1}$, где интервал $\overline{T'_1, T_1}$ включает 2–4 временных периода из данных многолетней статистики [11].

Экспертное оценивание целесообразно проводить на основе визуализации результатов предиктивной аналитики (15) и экспертного оценивания термов лингвистической переменной.

Так, для оценки α_n в (7) предполагается использовать следующую лингвистическую переменную:

<допустимо изменить $\Delta \hat{R}_n(t)$ с учетом прогностической оценки $\hat{y}_j(t)$ >.

Поскольку важно обеспечить последовательное уменьшение значений $\Delta y_j(t)$ в качестве функции принадлежности, приемлемо использовать сигмоидальную функцию, зависящую от параметров (a, b, c) , которые в свою очередь определяются экспертным выбором значений термов τ_1 и τ_2 , приведенных в [12]. В результате определяем фиксированное значение функции принадлежности:

$$\mu_{nj}(t), n = \overline{1, N}, j = \overline{1, J}, t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}. \quad (16)$$

Коэффициент α_n вычисляется на основе усреднения значений (16) на множестве $j = \overline{1, J}$:

$$\alpha_n(t) = \frac{\sum_{j=1}^J \mu_{nj}(t)}{J}, n = \overline{1, N}, t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}.$$

Для определения коэффициентов модели экстремального требования в оптимизационной модели (10) используется аналогичная процедура, определяющая нечеткую оценку допустимости изменения $\Delta \hat{R}_{n_1 d}, n_1 = \overline{1, N_1}, d = \overline{1, D}$ при графике изменения $\Delta y_j(t)$ с получением значений функции принадлежности:

$$\mu_{n_1 d j}(t), n_1 = \overline{1, N_1}, j = \overline{1, J}, d = \overline{1, D}, t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}. \quad (17)$$

Коэффициенты $\beta_{nd}(t)$ вычисляются на основе усредненных значений (17) на множестве $j = \overline{1, J}$:

$$\beta_{n_1 d}(t) = \frac{\sum_{j=1}^J \mu_{n_1 d j}(t)}{J}, n_1 = \overline{1, N_1}, d = \overline{1, D}, t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}.$$

Таким образом, в оптимизационных моделях (7), (10) результаты предиктивной аналитики присутствуют при экспертном оценивании коэффициентов приоритетности α_n и влияния $\beta_{n_1 d}$.

В оптимизационной модели (14) результаты предиктивной аналитики присутствуют при машинном обучении зависимости (3). В этом случае модель регрессии помимо факторов ΔR_{nd} и $\Delta y_j(t)$ включает в себя время, что позволяет ее рассматривать как в качестве функции, которую необходимо максимизировать на множестве временных значений оптимизируемых переменных, так и в качестве прогностической функции изменения интегрального эффекта в зависимости от значений дополнительного ресурсного обеспечения. Такой характер данной функциональной модели дает возможность интегрировать результаты предиктивной аналитики в процесс принятия управленческих решений $\Delta R_{n_1 d_1}^{ck*}(t)$.

С этой целью переходят к последовательному решению одномерных задач оптимизации функций, которые вычисляются при значениях $\Delta R_{n_1 d_1}^{ck}(t)$ для определенного временного периода с использованием обученной на данных многолетней статистики зависимости (3). Указанные значения $\Delta R_{n_1 d_1}^{ck}(t)$ выбираются путем организации двухуровневого перебора для поиска максимального из возможных значения одномерной функции.

На первом уровне осуществляется перебор значений $\Delta R_{n_1 d_1}^{ck}(t)$ на интервале

$$\overline{\Delta R_{n_1 d_1}} \leq \Delta R_{n_1 d_1}^{ck}(t) \leq Z_{t'}, \quad (18)$$

где $Z_{t'}$, $t' = \overline{2, T} + 1$ – варьируемое значение верхней границы интервала (18). На втором уровне проводится перебор значений $Z_{t'}$ на множестве дискретных значений (12).

Двухуровневый перебор позволяет осуществить поиск $\Delta R_{n_1 d_1}^{ck*}(t)$, $t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}$ на основе следующей совокупности задач максимизации одномерных функций:

$$\begin{aligned} & \varphi_{t'}[Z_{t'}, \Delta R_{n_1 d_1}^{ck}(t = T_1 + t'), \varphi_{t'-1}], \\ & \max \varphi_{t'}[\Delta R_{n_1 d_1}^{ck}(t = T_1 + t'), t = T_1 + t'], \\ & \overline{\Delta R_{n_1 d_1}} \leq \Delta R_{n_1 d_1}^{ck}(t = T_1 + t') \leq Z_{t'}, \end{aligned} \quad (19)$$

где

$$\begin{aligned} \varphi_1(Z_2) &= F[\Delta R_{n_1 d_1}^{ck}(t = T_1 + 1), t = T_1 + 1], \\ \varphi_2(Z_3) &= F[\Delta R_{n_1 d_1}^{ck}(t = T_1 + 2), t = T_1 + 2] + \varphi_1[Z_3 - \Delta R_{n_1 d_1}^{ck}(t = T_1 + 2)], \\ & \vdots \\ \varphi_T(Z_{T+1}) &= F[\Delta R_{n_1 d_1}^{ck}(t = T_1 + T), t = T_1 + T] + \varphi_{T-1}[Z_{T+1} - \Delta R_{n_1 d_1}^{ck}(t = T_1 + T)]. \end{aligned}$$

Получение решения (19) позволяет определить окончательное управленческое решение:

$$\Delta R_{n_1 d_1}^{ck*}(t), n_1 = \overline{1, N_1}, d_1 = \overline{1, D_1}, t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}.$$

Заключение

Повышение эффективности управления в региональных организационных системах достигается за счет целенаправленного использования многолетней статистической информации, формируемой управляющим центром. Одним из перспективных подходов обработки больших данных для прогнозирования

функционирования системы на будущие периоды, основанном на методах искусственного интеллекта, является предиктивная аналитика.

Эффект применения результатов предиктивного анализа в процессе принятия решения подтвержден при ориентации на экспертный выбор управленческих решений. Возможность его повышения при управлении на основе формализованного подхода с использованием оптимизационного моделирования требует проведения исследований, позволяющих обосновать роль результатов прогностического моделирования как при формализации задач оптимизации, так и алгоритмизации управленческих действий.

Результаты исследования в статье рассмотрены для задач управления распределением ресурсного обеспечения на будущие периоды функционирования региональной организационной системы по трем составляющим: группам населения, территориальным образованиям и временным периодам.

Интеграцию результатов предиктивной аналитики в виде прогностических моделей показателей эффективности и интегрального эффекта от использования ресурсов в процесс принятия управленческих решений целесообразно осуществлять для первых двух составляющих на основе моделей и алгоритмов многоальтернативной оптимизации. Однако влияние экспертных оценок на эти решения требует их коррекции за счет перехода к полностью формализованному процессу оптимизации при распределении ресурсного обеспечения по временным периодам. При этом оптимизация по первым двум составляющим позволяет на основе оценки экспертами прогнозов динамики временных рядов показателей эффективности определить подмножества групп населения и территориальных образований, для которых привлечение дополнительного ресурса является приоритетным.

Полученные управленческие решения отражают экстремальные и граничные требования к процессу управления в региональной организационной системе за счет использования при их формализованном описании результатов предиктивного анализа многолетней статистической информации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Александрова Т.Б., Калинин Д.Е., Плещинская В.Я., Образцова Е.Н., Тахауов Р.М., Хлынин С.М. *Медицинская статистика. Показатели и методы оценки здоровья населения*. Томск: СибГМУ; 2011. 126 с.
2. Глушанко В.С., Тимофеева А.П., Герберг А.А. *Методика изучения уровня, частоты, структуры и динамики заболеваемости и инвалидности. Медико-реабилитационные мероприятия и их составляющие*. Витебск: Издательство ВГМУ; 2016. 177 с.
3. Щепин О.П. Региональные аспекты развития здравоохранения. *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2014;22(5):3–7. Schepin O.P. The regional aspects of health care development. *Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*. 2014;22(5):3–7. (In Russ.).
4. Лобкова Е.В., Петриченко А.С. Управление эффективностью региональной системы здравоохранения. *Региональная экономика: Теория и практика*. 2018;16(2):274–295. <https://doi.org/10.24891/re.16.2.274> Lobkova E.V., Petrichenko A.S. Managing the effectiveness of the regional health system. *Regional Economics: Theory and Practice*. 2018;16(2):274–295. (In Russ.). <https://doi.org/10.24891/re.16.2.274>
5. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н. и др. *Оптимизация цифрового управления в организационных системах*. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга»; 2021. 191 с.

6. Kelleher J.D., Mac Namee B., D'Arcy A. *Fundamentals of Machine Learning for Predictive Data Analytics: Algorithms, Worked Examples, and Case Studies*. The MIT Press; 2020. 856 p.
7. Гусев П.Ю. Анализ возможностей предиктивной аналитики при прогнозировании состояния оборудования АЭС. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2024;(4):103–108.
Gusev P.Yu. Analysis of the potential of predictive analytics in forecasting the condition of equipment. *News of the Tula State University. Technical Sciences*. 2024;(4):103–108. (In Russ.).
8. Van Calster B., Wynants L., Timmerman D., Steyerberg E.W., Collins G.S. Predictive analytics in health care: how can we know it works? *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2019;26(12):1651–1654. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocz130>
9. Львович И.Я., Львович Я.Е., Фролов В.Н. *Информационные технологии моделирования и оптимизации. Краткая теория и приложения*. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга»; 2016. 444 с.
10. Львович Я.Е. *Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения*. Воронеж: Издательство «Кварта»; 2006. 415 с.
11. Гафанович Е.Я., Ломаков А.В., Львович А.И., Чопоров О.Н. Визуальное и прогностическое моделирование заболеваемости артериальной гипертензией лиц старших возрастных групп и их диспансеризации. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2024;12(2). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.45.2.014>
Gafanovich E.Ya., Lomakov A.V., Lvovich A.I., Choporov O.N. Visual and predictive modeling of morbidity arterial hypertension in older age groups and their medical examination. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2024;12(2). (In Russ.). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.45.2.014>
12. Львович И.Я. *Принятие решений на основе оптимизационных моделей и экспертной информации*. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга»; 2023. 232 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Гусев Павел Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, проректор по цифровому развитию, заведующий кафедрой искусственного интеллекта и цифровых технологий, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация.

Pavel Yu. Gusev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Digital Development, Head of the Department of Artificial Intelligence and Digital Technologies, Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.

Ломаков Андрей Владимирович, аспирант, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация.
e-mail: lomakov97@mail.ru

Andrew V. Lomakov, Postgraduate Student, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation.

Львович Яков Евсеевич, доктор технических наук, профессор, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация.

Yakov E. Lvovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation.

*Статья поступила в редакцию 11.10.2024; одобрена после рецензирования 21.10.2024;
принята к публикации 25.10.2024.*

*The article was submitted 11.10.2024; approved after reviewing 21.10.2024;
accepted for publication 25.10.2024.*