

Кострова Вера Николаевна

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры искусственного интеллекта и цифровых технологий, Воронежский государственный технический университет, город Воронеж. SPIN-код: 1330-4645. AuthorID: 353529.

Электронный адрес: kostrova_v@mail.ru

Vera N. Kostrova

Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Artificial Intelligence and Digital Technologies, Voronezh State Technical University, Voronezh. SPIN code: 1330-4645. AuthorID: 353529.

E-mail address: kostrova_v@mail.ru

Львович Яков Евсеевич

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры искусственного интеллекта и цифровых технологий, Воронежский государственный технический университет, город Воронеж. ORCID: 0000-0002-7051-3763. SPIN-код: 9029-3251. AuthorID: 100464.

Электронный адрес: ya.lvovich@mail.ru

Yakov E. Lvovich

Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Artificial Intelligence and Digital Technologies, Voronezh State Technical University, Voronezh. ORCID: 0000-0002-7051-3763. SPIN code: 9029-3251. Author ID: 100464.

E-mail address: ya.lvovich@mail.ru

Шведов Николай Николаевич

аспирант, Воронежский государственный технический университет, город Воронеж.

Электронный адрес: nik.shvedov.2018@mail.ru

Nikolay N. Shvedov

Postgraduate, Voronezh State Technical University, Voronezh.

E-mail address: nik.shvedov.2018@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ИНТЕГРИРОВАННОМ УПРАВЛЕНИИ СВЯЗАННЫМИ СОСТАВЛЯЮЩИМИ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. Статья посвящена формированию процедуры интегрированного управления связанными составляющими сложной системы на основе единого процесса решения локальных оптимизационных задач. Показано, что связанные составляющие проявляются при взаимодействии двух групп объектов организационной системы на логистическом, номенклатурном и финансовом уровне. Выделен класс организационных систем лекарственного обеспечения, которые характеризуются взаимодействием объектов-потребителей и объектов-поставщиков. Для повышения эффективности функционирования такого рода систем предлагается построить процесс принятия управленческих решений на основе оптимизационного моделирования. Дана характеристика связанности локальных оптимизационных моделей, сформированных независимо для каждой составляющей. Эта связанность проявляется в за-

висимости решения задачи оптимизации финансовой составляющей от решений задач оптимизации логистической и номенклатурной составляющих. На основе оценки связанности задач локальной оптимизации сформирована процедура интегрированного управления в исследуемой организационной системе, которая построена по блочному принципу. Каждый блок – логистический, номенклатурно-объёмный, финансовый – осуществляет межблочный трансфер промежуточных решений и получение окончательного управленческого решения, характеризующего наилучший вариант поставок первоочередных номенклатурных единиц в заявленном объёме от определённого поставщика определённому потребителю. Для внутривблочных алгоритмических действий используются связанные между собой операции экспертного оценивания и итерационного рандомизированного поиска решения задач многоальтернативной оптимизации.

Ключевые слова: организационная система, связанность, интегрированное управление, оптимизационное моделирование, итерационный рандомизированный поиск, экспертное оценивание.

Для цитирования: Кострова В.Н., Львович Я.Е., Шведов Н.Н. Оптимизационное моделирование при интегрированном управлении связанными составляющими сложной системы // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ, управление. 2026. № 3. С. 51–60. DOI: 10.18137/RNU.V9187.26.03.P.51

OPTIMIZATION MODELING IN INTEGRATED MANAGEMENT OF RELATED COMPONENTS OF A COMPLEX SYSTEM

Abstract. The article is devoted to the formation of a procedure for integrated management of related components of a complex system based on a single process for solving local optimization problems. It is shown that related components are manifested in the interaction of two groups of objects of the organizational system at the logistical, nomenclature and financial levels. Let us single out a class of organizational systems of drug provision, which are characterized by the interaction of consumer objects and supplier objects. To improve the efficiency of such systems, it is proposed to build a management decision-making process based on optimization modeling. The characterization of the connectivity of local optimization models formed independently for each component is given. This connectivity is manifested in the dependence of the solution to the problem of optimizing the financial component on the solutions to the problems of optimizing the logistical and nomenclatural components. Based on the assessment of the connectivity of local optimization tasks, an integrated management procedure has been formed in the organizational system under study, which is based on the block principle. Each block: logistics, nomenclature-volume, financial performs an interblock transfer of intermediate solutions and receives a final management decision that characterizes the best option for supplying priority nomenclature units in the specified volume from a specific supplier to a specific consumer. For intra-block algorithmic actions, interconnected operations of expert evaluation and iterative randomized search for solutions to multi-alternative optimization problems are used.

Keywords: organizational system, connectivity, integrated management, optimization modeling, iterative randomized search, expert evaluation.

For citation: Kostrova V.N., Lvovich Ya.E., Shvedov N.N. (2026) Optimization modeling in integrated management of related components of a complex system. *Vestnik of Russian New University. Series: Complex Systems: Models, analysis, management*. No. 3. Pp. 51–60. DOI: 10.18137/RNU.V9187.26.03.P.51 (In Russian).

Введение

Одним из распространённых классов сложных систем [1] являются организационные системы, обеспечивающие взаимодействие двух групп объектов, связанность которых определяется рядом составляющих в зависимости от уровня параметров и показателей их функционирования [2]. Если связанность вызывается перемещением материальных потоков между объектами этих групп, то основной является логистическая составляющая. В современных условиях для повышения эффективности такого рода организационных систем применяются инструменты цифровой логистики [3] и цифровых технологий [4]. Одновременно процесс перемещения материальных потоков между объектами требует исследования влияния на его показатели номенклатуры элементов потоков и финансовых параметров, что определяет принятие управленческих решений локальных задач в рамках номенклатурной и финансовой составляющей. Ориентация на локальные задачи не позволяет в полной мере учитывать связанность их характеристик даже в случае использования оптимизационного подхода [5]. Организовать учёт связанности логистической, номенклатурной и финансовой составляющей предполагается путём построения интегрированного управления в исследуемой организационной системе.

Практико-ориентированной системой такого класса является организационная система лекарственного обеспечения, основанная на взаимодействии потребителей и поставщиков лекарственных препаратов [6]. При этом показана возможность постановки и решения локальных задач оптимизации управления перечисленными выше составляющими с использованием цифрового мониторинга движения материальных потоков [7], баз данных [8] и веб-сервисов, сопровождающих процесс перемещения [9]. Однако объединение инструментов цифровой трансформации и оптимизационного моделирования не обеспечивает выбор наилучшего управленческого решения локальных задач. Для повышения эффективности принимаемых решений целесообразно ориентироваться на возможности интегрированного управления связанными составляющими организационной системы лекарственного обеспечения.

Цель статьи – разработка процедуры интегрированного управления в организационной системе лекарственного обеспечения, основанной на формировании комплексной оптимизационной модели и единого алгоритма принятия решений.

Для достижения поставленной цели следует решить следующие задачи:

- охарактеризовать связанность локальных оптимизационных моделей при переходе к интегрированному управлению;
- разработать процедуру процесса интегрированного управления.

Локальные оптимизационные модели

Материалы исследования включают описание характеристик и связей двух групп объектов организационной системы: объектов-потребителей O_j , $j = \overline{1, J}$ и объектов-поставщиков P_j , $j = \overline{1, J}$.

К этим характеристикам относятся:

1) нумерационные множества

– заявленные объектом-потребителем O_i

$$n_i = \overline{1, N_i}, \quad i = \overline{1, I};$$

– предлагаемые объектом поставщиком Π_j

$$m_j = \overline{1, M_j}, j = \overline{1, J};$$

2) объёмные параметры:

– заявленные объектом-потребителем O_i

$$V_{n_i}^0, n_i = \overline{1, N_i}, i = \overline{1, I};$$

– имеющиеся в наличии у j -го поставщика

$$V_{m_j}, m_j = \overline{1, M_j}, j = \overline{1, J};$$

3) стоимостные параметры:

C_i – плановый финансовый ресурс, выделяемый управляющим центром организационной системы i -му объекту-потребителю;

C_{n_i} – средние затраты на приобретение и наилучший вариант доставки единицы n_i -го лекарственного препарата (ЛП);

C_{m_j} – цена m_j -го ЛП у j -го поставщика;

C_{ij} – средняя стоимость доставки ЛП от j -го поставщика i -му потребителю;

$C_{n_{ij}}$ – цена n_{ij} -го ЛП, приобретённого у j -го поставщика и соответствующего номеру m_j .

С использованием перечисленных характеристик исследуемой организационной системы в [6] разработан подход к управлению на основе локальных оптимизационных моделей номенклатурно-объёмной, логистической и финансовой составляющих. Для формирования процедуры интегрированного управления установим связанность решений локальных оптимизационных задач для выбора лучших финансовых условий при определении j -го поставщика, который выполняет заявку i -го потребителя по множеству первоочередных поставок ЛП $n_{li} = \overline{1, N_{li}} \in \overline{1, N_i}$ в объёме $V_{n_{li}}^0$:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n_{li}=1}^{N_{li}} (c_{n_{ij}} + c_{ij}) x_{n_{ij}} &\rightarrow \min_{x_{n_{ij}}}; \\ \sum_{j=1}^J \sum_{n_{li}=1}^{N_{li}} (c_{n_{ij}} + c_{ij}) V_{n_{li}}^0 x_{n_{ij}} &= C_i, i = \overline{1, I}; \\ \sum_{i=1}^I \sum_{n_{li}=1}^{N_{li}} b_{m_j} V_{n_{li}}^0 x_{n_{ij}} &\leq V_{m_j}, j = \overline{1, J}; \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^J x_{n_{lj}} = 1, n_{li} = \overline{1, N_{li}}, x_{n_{lj}} = \begin{cases} 1, & n_{li} = \overline{1, N_{li}}, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}, \\ 0, & \end{cases}$$

где $x_{n_{ij}} = \begin{cases} 1, & \text{если поставку } n_{li}\text{-го ЛП } i\text{-му потребителю осуществляет } j\text{-й поставщик} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$

Оптимизационное моделирование при интегрированном управлении
связанными составляющими сложной системы

$$b_{mj} = \begin{cases} 1, & \text{если ЛП за номером } m_j \text{ у } j\text{-го поставщика соответствует } n_i\text{-му ЛП,} \\ & \text{заявленному } i\text{-м потребителем} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

Значению $b_{mj} = 1$ соответствует нумерационное множество поставщиков $j_1 = \overline{1, J_1}$;
 C_{ij} – стоимость оптимального варианта транспортировки от j -го поставщика i -му потребителю.

Решение на основе оптимизационной модели (1) направлено на оптимизацию затрат при полном использовании планового финансового ресурса и возможностей поставщика по объёму ЛП V_{mj} и зависит от того, какие ЛП включены в множество $n_{li} = \overline{1, N_{li}}$, и от значений C_{ij} . Поэтому в процедуре интегрированного управления надо решить задачу оптимизации по логистической составляющей, затем – по номенклатурно-объёмной и только после получения этих решений перейти к поиску решения оптимизационной задачи (1). Оптимизация логистической составляющей осуществляется путём назначения g -го варианта транспортировки от j -го поставщика к i -му потребителю по минимальным затратам с получением значения C_{ij} .

Оптимальный выбор $n_{li} = \overline{1, N_{li}}$ осуществляется на основе редукционной модели оптимизации [6] для каждого i -го потребителя:

$$\begin{aligned} \sum_{n_i=1}^N \alpha_{n_i} x_{n_i} &\rightarrow \max; \\ \sum_{n_i=1}^N c_{n_i} V_{n_i}^0 x_{n_i} &\leq c_i; \\ x_{n_i} &= \begin{cases} 1, & n_i = \overline{1, N_i} \\ 0, & \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

где $x_{n_i} = \begin{cases} 1, & \text{если } n_i\text{-й ЛП включается в множество потребителю } n_{li} = \overline{1, N_{li}} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$

α_{n_i} – коэффициент приоритетности, определяемый экспертным путём на основе анализа условий первоочерёдности включения ЛП в заявку i -го потребителя.

При решении (2) $x_{n_{li}} = 1$ элементы $n_i = \overline{1, N_i}$ включаются в заявку с номерами $n_{li} = \overline{1, N_{li}}$.

Поскольку связанность оптимизационных моделей локальных составляющих организационной системы определяется выбором по множеству альтернативных решений, то в основе метода исследования при формировании процедуры интегрированного управления используется совмещение многоальтернативной оптимизации и экспертного оценивания [10].

Процедура процесса интегрированного управления

На основе связанных задач локальной оптимизации процесса управления функционированием организационной системы прилагается сформировать процедуру интегриро-

ванного управления путём бесшовного трансфера решений в виде следующей последовательности блоков:

- первый блок обеспечивает оптимизацию логистической составляющей и трансфер решения C_{ij} во второй и третий блоки;
- второй блок использует значения C_{ij} и позволяет определить в рамках номенклатурно-объёмной оптимизации (2) редуцированные множества $n_{li} = 1, N_{li} \in 1, N_i$ для каждого j -го потребителя и соответствующий объём закупки ЛП $V_{n_i}^0$ с последующим трансфером этого решения в третий блок;
- третий блок на основе трансфера из первого блока C_{ij} и второго блока $n_{li} = 1, N_{li}$, $V_{n_i}^0$ даёт возможность за счёт решения финансовой оптимизационной задачи (1) принять окончательное управленческое решение по приобретению у одного из поставщиков $P, j_1 = 1, J_1$ n_{li} -го ЛП для i -го потребителя в объёме $V_{n_{li}}^0$.

Для каждого блока определим совокупность алгоритмических действий, обеспечивающих объединение решений локальных оптимизационных задач в процедуру интегрированного управления.

Первый блок реализует следующие алгоритмические действия:

- формирование способов транспортировки ЛП i -му потребителю от j -го поставщика, вариативность которых определяется разнообразием маршрутов, транспортных средств и тарифов;
- решение задачи о назначении единственного способа g_{ij} по принципу минимизации затрат на транспортировку ЛП i -му потребителю от j -го поставщика;
- вычисление для способа транспортировки g_{ij} стоимостной характеристики C_{ij} и трансфера её значения во второй и третий блоки.

Во второй блок включены алгоритмические действия, основанные на совмещении экспертного оценивания и рандомизированного подхода к решению задачи многоальтернативной оптимизации (2) [11]:

- формирование выборки исходных данных стоимости n_i -го ЛП у $j_1 = 1, J_1$ поставщиков с учётом соответствия m_{j_1} -му ЛП;
- формирование выборки результатов трансфера из первого блока $C_{ij}, j_1 = 1, J_1$;
- вычисление среднего значения стоимостной характеристики J_1 ;

$$C_{n_i} = \frac{\sum_{j_1=1}^{J_1} (C_{n_{ij_1}} + C_{ij_1})}{J_1};$$

- экспертное ранжирование элементов нумерационного множества $n_i = 1, N_i$ в зависимости от первоочерёдного включения в заявку и остатков соответствующего ЛП τ_{n_i} ;
- расчёт коэффициентов приоритетности включения ЛП в заявку;

$$\alpha_{n_i} = \frac{1}{\tau_{n_i}}, n_i = 1, N_i, i = 1, I;$$

$$\sum_{n_i=1}^{N_i} \frac{1}{\tau_{n_i}}$$

Оптимизационное моделирование при интегрированном управлении связанными составляющими сложной системы

- переход к максиминной оптимизируемой функции [12]

$$F_1(x_{n_i}, \lambda_i) = \sum_{n_i=1}^{N_i} \alpha_{n_i} \cdot x_{n_i} + \lambda_i \cdot \left(C_i - \sum_{n_i=1}^{N_i} c_{n_i} \cdot V_{n_i}^0 \cdot x_{n_i} \right), \quad (3)$$

где $\lambda_i \geq 0$ – коэффициент, обеспечивающий выполнение граничного требования для i -го потребителя;

- формирование начальных значений вероятностных характеристик рандомизированных альтернативных переменных $\widetilde{x}_{n_i}$ для организации итерационного поиска по вариациям оптимизируемой функции (3) с номерами $k = 1, 2, \dots, K$ итераций при $k = 1$ [13]:

$$P_{n_i}^1 = \frac{n}{N_i}; P_{n_i}^1 = 0.5 \forall n_i = \overline{1, N_i};$$

- настройка вероятностных характеристик по $(k+1)$ -й итерации при известных вероятностных характеристиках по k -й итерации.

$$P_{x_{n_i}}^{k+1} = P_{x_{n_i}}^k + \kappa_1 \times (\Delta_1 F_1(\widetilde{x}_{n_i}, \lambda_i)); \quad (4)$$

$$P_{n_i}^{k+1} = P_{n_i}^k + \kappa_2 \times (\Delta_2 F_1(\widetilde{x}_{n_i}, \lambda_i));$$

где χ_1 и χ_2 – функции, зависящие от случайных значений вариаций оптимизируемой функции (3);

- экспертное задание начального значения $\lambda_i^1 \geq 0$;
- настройка значений λ_i на $(k+1)$ -й итерации

$$\lambda_i^{k+1} = \min(0, \lambda_i - \beta_i \times (C_i - \sum_{n_i=1}^N c_{n_i} \times V_{n_i}^0 \times x_{n_i})); \quad (5)$$

где β_i – величина шага движения в направлении вектора частной производной $\frac{\partial F}{\partial \lambda_i}$, задаваемая экспертом;

- останов итерационного процесса при $k = \mathcal{K}$ и определение $P_{x_{n_i}}^{\mathcal{K}}$;
- расчёт по значениям $P_{x_{n_i}}^{\mathcal{K}}$ распределения вероятностей $l = \overline{1, L}, L = 2^{N_i}$ вариантов решения P_c ;
- выделение 5 – 7 вариантов с наибольшими значениями P_c и окончательный экспертный выбор управленческого решения $n_{1i} = \overline{1, N_{1i}}$, в соответствии с нумерационным индексом альтернативной переменной $x_{n_{1i}} = 1$;
- трансфер элементов нумерационного множества $n_{1i} = \overline{1, N_{1i}}$ в третий блок.

Третий блок содержит алгоритмические действия, направленные на получение окончательного управленческого решения по совокупности связанных составляющих на основе оптимизационной модели (1) и данных, полученных за счёт трансфера решений на основе первого и второго блоков [14]:

- формирование значений коэффициентов b_{m_i} для всех $n_i = \overline{1, N_i}, i = \overline{1, I}$;
- переход к максиминной оптимизируемой функции

$$F_2(x_{n_{1ij}}, \sigma_i, \delta_j) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n_{1i}=1}^{N_{1i}} (c_{n_{1ij}} + C_{ij}) \times x_{n_{1ij}} +$$

$$\sum_{i=1}^I \sigma_i \times (C_i - \sum_{j=1}^J \sum_{n_{1i}=1}^{N_{1i}} (c_{n_{1ij}} + c_{ij}) \times V_{n_{1i}}^0 \times x_{n_{1ij}}) + \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^J \delta_j \times (V_{m_j} - \sum_{i=1}^I \sum_{n_{1i}=1}^{N_{1i}} N_{m_j} - b_{m_j} \times V_{n_{1i}}^0 \times x_{n_{1ij}}),$$

где

$$\sigma_i \geq 0 \text{ если } (C_i - \sum_{j=1}^J \sum_{n_{1i}=1}^{N_{1i}} (c_{n_{1ij}} + c_{ij}) \times V_{n_{1i}}^0 \times x_{n_{1ij}}) < 0, i = \overline{1, I},$$

$$\sigma_i < 0 \text{ если } (C_i - \sum_{j=1}^J \sum_{n_{1i}=1}^{N_{1i}} (c_{n_{1ij}} + c_{ij}) \times V_{n_{1i}}^0 \times x_{n_{1ij}}) > 0, i = \overline{1, I}; \quad (7)$$

$$\delta_j \geq 0, j = \overline{1, J};$$

- формирование начальных значений вероятностных характеристик рандомизированных альтернативных переменных $\widetilde{x}_{n_{1ij}}$ при $k = 1$;

$$P_{n_{1i}}^1 = \frac{1}{N_{1i}}, n_{1i} = \overline{1, N_{1i}}, P_j^1 = \frac{1}{J}, j = \overline{1, J}, P_{x_{n_{1ij}}}^1 = 0.5, n_{1i} = \overline{1, N_{1i}}, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J};$$

- организация итерационного поиска аналогично (4) на основе вариаций оптимизируемой функции (6);

- экспертное задание начальных значений $\sigma_i^1, i = \overline{1, I}, \delta_j^1, j = \overline{1, J}$, исходя из условий (7);

- организация итерационного поиска аналогично (5) на основе частных производных $\frac{\partial F_\alpha}{\partial \sigma_i}, \frac{\partial F_2}{\partial \delta_j}$;

- останов итерационного процесса и экспертный выбор окончательного управленческого решения: n_{1i} -й ЛП поставляется в объёме $V_{n_{1i}}^0$ j -м поставщиком в соответствии с нумерационными индексами альтернативной переменной $x_{n_{1ij}} = 1$ аналогично алгоритмическим действиям второго блока.

Заключение

Как показали результаты исследования, при управлении сложными системами, которые основаны на взаимодействии двух групп объектов, существенным является учёт связанности составляющих процесса принятия решений по ряду деятельностных функций. При этом если деятельность организационной системы состоит в поставках определённых номенклатурных единиц, такими составляющими являются логистическая, номенклатурно-объёмная, финансовая [15].

Независимое управление по связанным составляющим на основе локальных оптимизационных моделей не позволяет получить наилучшее управленческое решение в целом для организационной системы. Добиться эффективного результата целесообразно на основе формирования процесса интегрированного управления.

Процесс интегрированного управления базируется на едином цикле решения локальных оптимизационных задач с бесшовным трансфером промежуточных результатов, поиск которых требует определённой последовательности, ориентированной на оценки связанности составляющих деятельности организационной системы.

Оптимизационное моделирование при интегрированном управлении связанными составляющими сложной системы

Для получения окончательного управленческого решения эффективным подходом является совмещение в рамках процедуры интегрированного управления итерационного рандомизированного поиска решения задач многоальтернативной оптимизации и экспертного оценивания.

Литература

1. Новосельцев В.И. Системный анализ: современные концепции. Воронеж : Кварта, 2003. 359 с.
2. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 4-е изд., испр. и доп. М. : Лань, 2022. 500 с.
3. Алексеева А.С. К вопросу о категории «цифровая логистика» // Молодой ученый. 2021. № 48(390). С. 79–81.
4. Корчагин С.Г., Рындин А.А., Рындин Н.А. Управление в организационных системах на основе цифровых технологий: монография. Воронеж : Научная книга, 2025. 248 с.
5. Оптимизация цифрового управления в организационных системах : коллективная монография / Я.Е. Львович, И.Я. Львович, О.Н. Чопоров [и др.] ; под общ. ред. Я.Е. Львовича. Воронеж : Научная книга, 2021. 191 с.
6. Шведов Н.Н. Структуризация цифровизированной организационной системы лекарственного обеспечения и процесса принятия управленческих решений // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2026. Т. 14, № 1(52). DOI: 10.26102/2310-6018/2026.52.1.010
7. Карпов О.Э., Никитенко Д.Н., Нуштаева Е.М. Настройка и автоматизация процессов лекарственного обеспечения в медицинской организации при работе в системе мониторинга движения лекарственных препаратов // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2019. Т. 14, № 3. С. 90–97. DOI: 10.25881/BPNMSC.2019.23.15.019
8. Карпов О.Э., Никитенко Д.Н. Автоматизация системы лекарственного обеспечения. База данных лекарственных средств многопрофильной медицинской организации // Врач и информационные технологии. 2018. № 3. С. 29–44.
9. Васильченко И.Д. Разработка веб-сервиса для поиска лекарственных препаратов // Шаг в науку. 2017. № 3. С. 35–39.
10. Львович И.Я. Принятие решений на основе оптимизационных моделей и экспертной информации. Воронеж : Научная книга, 2023. 232 с.
11. Львович И.Я., Львович Я.Е., Фролов В.Н. Информационные технологии моделирования и оптимизации. Краткая теория и приложения: монография. Воронеж : Воронежский институт высоких технологий, Научная книга, 2016. 444 с.
12. Львович Я.Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения. Воронеж : Кварта, 2006. 415 с.
13. Гранин С.С., Мандель А.С. Оптимизация процесса управления запасами в цепи поставок при наличии альтернативных поставщиков // Проблемы управления. 2018. № 6. С. 24–28. DOI: 10.25728/ru.2018.6.3
14. Рындин, Н.А. Скворцов Ю.С., Тишуков Б.Н. Цифровизация управления в организационных системах агропромышленных предприятий. Воронеж : Научная книга, 2022. 148 с.
15. Шведов Н.Н. Оптимизационные задачи в организационной системе лекарственного обеспечения с помощью применения моделей цифрового взаимодействия поставщиков и потребителей в web-ориентированном сервисе // Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах : Труды Международной молодежной научной школы, Воронеж, 11–12 декабря 2024 года. Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2025. С. 195–198.

References

1. Novoseltsev V.I. (2003) System analysis: modern concepts. Voronezh : Kvarta Publishing, 359 p. (In Russian).
2. Novikov D.A. (2022) Theory of management of organizational systems. 4th ed. Moscow : Lenand Publishing, 500 p. (In Russian).
3. Alekseeva A.S. (2021) On the issue of the category "digital logistics". *Young Scientist*. No. 48(390). Pp. 79-81. (In Russian).
4. Korchagin S.G., Ryndin A.A., Ryndin N.A. (2025) Management in organizational systems based on digital technologies: monograph. Voronezh : Scientific Book Publishing House, LLC, 248 p. (In Russian).
5. Lvovich Ya.E., Lvovich I.Ya., Choporov O.N. [et al.] (2021) Optimization of digital management in organizational systems : a collective monograph. Voronezh : Scientific Book Publishing, 191 p. (In Russian).
6. Shvedov, N. N. (2026) Structuring the digitalized organizational system of drug provision and the management decision-making process. *Modeling, optimization and information technology*. Vol. 14, no. 1(52). DOI: 10.26102/2310-6018/2026.52.1.010 (In Russian).
7. Karpov O.E., Nikitenko D.N., Nushtaeva E.M. (2019) Setting and automation of drug provision of medical organizations in the work in the monitoring system of the movement of drugs. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. No. 14(3). Pp 90-97. (In Russian).
8. Karpov O.E., Nikitenko D.N. (2018) Automation of the drug supply system. Database of medicines of a multidisciplinary medical organization. *Doctor and information technologies*. No. 3. Pp. 29-44. (In Russian).
9. Vasilchenko I.D. (2017) Development of a web service for drug search. *Step into Science*. No. 3. Pp. 35-39. (In Russian).
10. Lvovich I.Ya. (2023) Decision-making based on optimization models and expert information. Voronezh : Scientific Book Publishing, 232 p. (In Russian).
11. Lvovich I.Ya., Lvovich Ya.E., Frolov V.N. (2016) Information technologies of modeling and optimization. Brief theory and applications: A monograph. Voronezh : Voronezh Institute of High Technologies, Scientific Book Publishing, 444 p. (In Russian).
12. Lvovich Ya.E. (2006) Multi-alternative optimization: theory and applications. Voronezh : Kvarta Publishing, 415 p. (In Russian).
13. Granin S.S., Mandel A.S. (2018) Optimization of the inventory management process in the supply chain in the presence of alternative suppliers. *Management problems*. No. 6. Pp. 24-28. DOI: 10.25728/pu.2018.6.3. (In Russian).
14. Ryndin N.A. Skvortsov Yu.S., Tishukov B.N. (2022) Digitalization of management in organizational systems of agro-industrial enterprises. Voronezh : Scientific Book Publishing, 148 p. (In Russian).
15. Shvedov N.N. (2025) Optimization tasks in the organizational system of drug provision through the use of models of digital interaction between suppliers and consumers in a web-oriented service. Optimization and modeling in automated systems : Proceedings of the International Youth Scientific School, Voronezh, December 11-12, 2024. Voronezh : Voronezh State Technical University. Pp. 195-198. (In Russian).

Поступила в редакцию: 22.06.2026

Поступила после рецензирования: 29.07.2026

Принята к публикации: 18.08.2026

Received: 22.06.2026

Revised: 29.07.2026

Accepted: 18.08.2026