УДК 519.7
DOI: 10.26102/2310-6018/2026.62.11.017

Оптимизационные модели поддержки принятия управленческих решений в процессах ресурсно-информационного обеспечения

И.Д. Самотин✉

Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация

Резюме. В статье рассматривается задача моделирования взаимодействия автономных организационных систем, осуществляющих решение задач ресурсного обеспечения. Традиционно задачи ресурсного обеспечения рассматриваются, исходя из целей потребителя ресурсов, и таким образом формируется направление оптимизации, заключающееся в минимизации совокупных затрат на ресурсы. Однако в реальных задачах ресурсного обеспечения формируется многоуровневая система отношений участников процесса ресурсного обеспечения. В частности, предлагается рассмотреть трехуровневую систему, содержащую потребителя ресурсов, оператора и поставщиков. Оператор осуществляет не только поставку ресурсов как материальных ценностей, но и формирует предложения на основе открытой информации, что приводит к решению задач ресурсно-информационного обеспечения. В работе предлагаются оптимизационные модели потребителя ресурсов и оператора ресурсно-информационного обеспечения. Оператор представляет собой участника процесса ресурсно-информационного обеспечения, который собирает информацию от источников и формирует предложение по ресурсному обеспечению для каждого потребителя. Если несколько потребителей запрашивают ресурсы от одного источника, то оператор имеет возможность формировать пакетную доставку и минимизировать затраты на логистику. Одним из основных ограничений при формировании предложений оператором в минимальный срок являются длительность ручного поиска информации об артикулах и ошибки при формировании информации на основе текстовых данных. Предложен алгоритм согласованного решения оптимизационных моделей.

Ключевые слова: ресурсное обеспечение, оптимизационное моделирование, алгоритм согласования, ресурсно-информационное обеспечение, интеллектуальный агент.

Для цитирования: Самотин И.Д. Оптимизационные модели поддержки принятия управленческих решений в процессах ресурсно-информационного обеспечения. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2026;14(11). URL: https://moitvivt.ru/ru/journal/article?id=2726 DOI: 10.26102/2310-6018/2026.62.11.017

Optimization models for managerial decision support in resource and information provision processes

I.D. Samotin✉

Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation

Abstract. This article examines the modeling of interactions between autonomous organizational systems engaged in resource provision tasks. Traditionally, resource provision problems are analyzed from the perspective of the resource consumer's objectives, leading to an optimization approach focused on minimizing total resource costs. However, real-world resource provision scenarios involve a multi-level system of relationships among the participants. Specifically, the study considers a three-level system comprising the resource consumer, the operator, and the suppliers. The operator not only supplies physical resources but also generates offers based on publicly available information, thereby addressing

© Самотин И.Д., 2026

both resource and information provision needs. The paper proposes optimization models for the resource consumer and the resource-information provision operator. The operator acts as a participant who gathers information from various sources and formulates resource provision offers for each consumer. When multiple consumers request resources from the same source, the operator can arrange consolidated (batch) delivery to minimize logistics costs. Key constraints affecting the operator's ability to generate timely offers include the time-consuming nature of manually searching for item details and the risk of errors when processing text-based data. An algorithm for the coordinated solution of these optimization models is proposed.

Keywords: resource provision, optimization modeling, coordination algorithm, resource and information provision, intelligent agent.

For citation: Samotin I.D. Optimization models for managerial decision support in resource and information provision processes. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2026;14(11). (In Russ.). URL: https://moitvivt.ru/ru/journal/article?id=2726 DOI: 10.26102/2310-6018/2026.62.11.017

Введение

Ресурсное обеспечение организации представляет собой сложный многоэтапный процесс установления потребности, определение способов ее удовлетворения, выбор контрагентов, выбор сроков и объемов поставки, а также контроль над каждым этапом. Традиционная постановка задачи ресурсного обеспечения определяется относительно одной организационной системы: цели системы устанавливаются в качестве критерия эффективности, внешняя среда формализуется в виде ряда ограничений и альтернатив, а субъекты, представляющие ресурсы, рассматриваются как элементы множества. Подобная постановка задачи является базовой в теории управления организационными системами, при которой выделяется один управляющий орган – центр принятия решений [1].

Однако в реальных процессах ресурсного обмена задействован ряд заинтересованных сторон. Учет интересов единственной стороны означает, что цели и ограничения других участников или не рассматриваются, или включаются в параметры модели единственной стороны [2, 3]. Как правило, при рассмотрении единственной стороны постановка оптимизационной задачи заключается в минимизации затрат на ресурсное обеспечение [4]. В результате, источник коммерческого предложения, затраты контрагентов, сроки подготовки предложения, конкуренция и прочие условия в модели не учитываются. Следовательно, для исследования межорганизационного ресурсного обеспечения недостаточно заменить несколько поставщиков одним агрегированным внешним источником.

Реальная среда формирования коммерческого предложения включает по меньшей мере три группы участников [5]. Первая группа – заказчики, предъявляющие спрос и задающие требования номенклатуре, количеству, качеству, цене, месту и сроку получения ресурсов. Вторая группа – поставщики или иные посреднические организации. Третья группа – производители и иные владельцы ресурсов, сообщающие сведения о продукции.

В рамках данной работы формируется ресурсно-информационное взаимодействие автономных организационных систем, выполняющих функции потребления ресурсов, организации ресурсного обеспечения и предоставления ресурсов. При этом, каждая организационная система накладывает ограничения на допустимое пространство решений задачи управления ресурсно-информационным обеспечением, что приводит к возможности рассмотрения автономных организационных систем в рамках единой системы со сложно структурированными объектами. Таким образом, сформулирована цель работы – повышение эффективности ресурсно-информационного

взаимодействия в рамках организационной системы путем моделирования объектов потребителя ресурсов и оператора. Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи:

– сформировать оптимизационную модель потребителя ресурсного обеспечения;

– сформировать оптимизационную модель оператора ресурсно-информационного обеспечения;

– предложить алгоритм решения оптимизационных моделей потребителя и оператора на основе взвешенной суммы критериев.

Материалы и методы

Рассматриваемая в работе задача ресурсно-информационного обеспечения направлена на обеспечение актуальной, полной и достоверной информацией объектов-потребителей и оператора, осуществляющего поиск и закупку ресурсов у объектов-источников [6].

Каждый потребитель $i = \overline{1,I}$ формирует перечень требуемых ресурсов. Рассматриваются материальные ресурсы, представленные номенклатурными позициями с известными артикулами. Индекс $n = \overline{1,N}$ обозначает номенклатурную позицию, а q_{ni} – требуемое количество единиц этой позиции для потребителя i. Разные потребители могут запрашивать одинаковые ресурсы n, что создает возможность кооперации на уровне оператора.

Оператор представляет собой участника процесса ресурсно-информационного обеспечения, который собирает информацию от источников и формирует предложение по ресурсному обеспечению для каждого потребителя. Если несколько потребителей запрашивают ресурсы от одного источника, то оператор имеет возможность формировать пакетную доставку и минимизировать затраты на логистику. Одним из основных ограничений при формировании предложений оператором в минимальный срок являются длительность ручного поиска информации об артикулах и ошибки при формировании информации на основе текстовых данных [7].

Источники $j = \overline{1,J}$ предлагают ресурсы $n = \overline{1,N}$, оператору по различным ценам $c_{nj}, n = \overline{1,N}, j = \overline{1,J}$, с различной стоимостью доставки $d_{nj}, n = \overline{1,N}, j = \overline{1,J}$ и сроками поставки $t_{nj}, n = \overline{1,N}, j = \overline{1,J}$, а также определяют наличие ресурса $a_{nj} \in \{0,1\}, n = = \overline{1,N}, j = \overline{1,J}$. Все цены приводятся к единой валюте и сопоставимым условиям, все длительности – к одной единице времени.

Под источником ресурсов в данной работе понимается производитель, официальный дистрибьютор или неофициальный дистрибьютор ресурсов, которые требуются потребителю. В рассматриваемой совокупности организационных систем центральным звеном выступает оператор, который агрегирует запросы потребителей, анализирует предложения источников и формирует предложения для потребителей с учетом ограничений.

В результате формирования предложения о поставке ресурсов определяется источник для каждого артикула, $x_{nj}^{i} \in \{0,1\}, n = \overline{1,N}, i = \overline{1,I}, j = \overline{1,J},$ который принимает значение 1 в том случае, если ресурс $n = \overline{1,N}$ для потребителя $i = \overline{1,I}$ закупается у источника $j = \overline{1,J}$, и принимает значение 0 в противном случае. Следует отметить, что ресурс $n = \overline{1,N}$ может закупаться у разных источников для разных потребителей, что предоставляет возможности оптимизации на уровне оператора. Также следует ввести непустое множество, определяющее ресурсы для потребителя с ненулевым значением $n \in N_i = \{n: q_{ni} > 0\}$.

Экстремальным требованием каждого потребителя является минимизация совокупных затрат на ресурсное обеспечение с учетом цены единицы ресурса и стоимости доставки:

$$F1(i) = \sum_{n\in N_i}\sum_{j=1}^{J}\left(c_{nj}\cdot q_{ni}\cdot d_{nj}\right)\cdot x_{nj}^{i} \to \min, i = \overline{1,I}, \quad (1)$$

Для соблюдения принципов поставки партиями ресурс $n = \overline{1,N}$ для потребителя $i = \overline{1,I}$ может быть закуплен только у одного источника $j = \overline{1,J}$:

$$\sum_{j=1}^{J} x_{nj}^{i} = 1\ (n \in N_i), \quad (2)$$

Каждый ресурс $n = \overline{1,N}$ может быть закуплен у источника $j = \overline{1,J}$ только при условии наличия данного ресурса:

$$x_{nj}^{i} \le a_{nj}, \quad i = \overline{1,I}, n = \overline{1,N}, j = \overline{1,J}, \quad (3)$$

где a_{nj} – наличие ресурса $n = \overline{1,N}$ у источника $j = \overline{1,J}$.

Одним из основных ограничений при организации процессов ресурсно-информационного обеспечения является время сбора данных об источниках. При этом, в условиях ограничения времени требуется учитывать как максимальный срок поставки ресурса $n = \overline{1,N}$, так и время подготовки предложения оператором потребителю $T_{\text{prep},i}, i = \overline{1,I}$.

$$T_{prep,i} + \max_{n\in N_i}\left\{t_{nj}x_{nj}^{i}\right\} \le T_{max,i}, i = \overline{1,I}, j = \overline{1,J}. \quad (4)$$

Для исключения пустого заказа следует исключить такого потребителя из расчетного набора. Для непустого заказа формула выбирает максимальный срок среди назначенных поставок при неотрицательных t_{nj}.

Объединяя (1)–(4) и добавляя граничное условие для переменной $x_{nj}^{i}, n = = \overline{1,N}, i = \overline{1,I}, j = \overline{1,J}$, сформирована оптимизационная модель каждого потребителя $i = \overline{1,I}$ для минимизации совокупных затрат на поставку ресурсов:

$$\begin{cases} F_1(i) = \sum_{n\in N_i}\sum_{j=1}^{J}(c_{nj}\cdot q_{ni} + d_{nj})\cdot x_{nj}^{i} \to \min, i = \overline{1,I} \\ \sum_{j=1}^{J} x_{nj}^{i} = 1\ (n \in N_i),\ i = \overline{1,I} \\ x_{nj}^{i} \le a_{nj}, \quad n = \overline{1,N}, j = \overline{1,J} \\ T_{prep,i} + \max_{n\in N_i}\left\{t_{nj}x_{nj}^{i}\right\} \le T_{max,i}, i = \overline{1,I}, j = \overline{1,J} \\ x_{nj}^{i} \in \{0,1\}, x_{nj}^{i} = 0\ \ (n \notin N_i), n = \overline{1,N}, i = \overline{1,I}, j = \overline{1,J} \end{cases}. \quad (5)$$

В отличие от модели потребителя оператор видит совокупный спрос на каждую единицу ресурса и может это использовать для организации пакетных поставок из источников ресурсов. Таким образом, оператор принимает решение по формированию предложений потребителям $i = \overline{1,I}$ одновременно.

Элементами управления объекта-оператора являются решения о закупке ресурса $n = \overline{1,N}$ у источника $j = \overline{1,J}$ для потребителя $i = \overline{1,I}$ – y_{nj}^{i} и о формировании пакетной доставки от источника $j = \overline{1,J}$ – $\beta_j \in \{0,1\}$. Для формализации действий оператора определен признак того, что у поставщика j закупается хотя бы один ресурс для потребителя $i -\ z_{ij} \in \{0,1\}, i = \overline{1,I}, j = \overline{1,J}$. Следует отметить, что d_{nj} – стоимость

доставки партии позиции n объемом q_{ni} для одного потребителя до пакетирования. Пакетная доставка позволяет сэкономить на логистических издержках.

В рамках работы объекта-оператора рассмотрено применение интеллектуального агента, направленного на увеличение объема информации, используемой при принятии решений, и уменьшении времени обработки неструктурированных текстовых данных [8]. При этом эффективность работы интеллектуального агента влияет на модель работы оператора. Задачи интеллектуального агента заключаются в поиске текстовых данных в открытых источниках, формировании информации и классификации найденной информации [9].

Экстремальным требованием оператора является минимизация совокупных логистических затрат по всем потребителям с учетом скидок за пакетную доставку и стоимость применения интеллектуального агента:

$$F_2(y,\beta) = \sum_{j=1}^{J}\left(1-\gamma_j\beta_j\right)\cdot\sum_{i=1}^{I}\sum_{n=1}^{N} d_{nj}\cdot y_{nj}^{i} + \alpha\cdot\frac{a_{\text{cost}}}{P_a} \to \min, \quad (6)$$

где γ_j – коэффициент скидки на доставку при пакетной поставке от источника j, $\gamma_j \in [0,1)$, $\alpha > 0$ – безразмерный весовой коэффициент, нормирующий стоимость агента к стоимости доставки, a_{cost} – стоимость применения интеллектуального агента за рассматриваемый период, P_a – показатель точности информации, полученной интеллектуальным агентом, $P_a \in [0,1]$. Показатель точности формируется для групп ресурсов на основе метрики accuracy [10]. При снижении показателя точности возрастает реальная стоимость применения интеллектуального агента.

При принятии решения оператор ограничен обязанностью закупать заказанный набор ресурсов, который удовлетворяет потребности каждого потребителя:

$$y_{nj}^{i} = x_{nj}^{i}, \quad n = \overline{1,N}, i = \overline{1,I}, j = \overline{1,J}. \quad (7)$$

Ограничение связывает модели потребителя и оператора и показывает, что оператор не может самостоятельно перераспределять закупки вопреки интересам потребителя.

Оператор ограничен в сроках подготовки коммерческого предложения и доставки, поскольку потребитель определяет максимальное время на поставку. При этом требуется учитывать максимальное время доставки для всех ресурсов в заказе.

$$T_{\text{prep},i} + \max_{n\in N_i,\, j}\left\{t_{nj}y_{nj}^{i}\right\} \le T_{\max,i}, n = \overline{1,N}, i = \overline{1,I}, j = \overline{1,J}, \quad (8)$$

где t_{nj} – срок поставки ресурса n от источника j, $T_{\text{prep},i}$ – срок подготовки предложения для потребителя i.

При выборе условий пакетирования требуется учитывать наличие как минимум двух потребителей, которым требуются ресурсы от одного источника. Требуется обработка отсутствия потребителей, одного из двух потребителей:

$$z_{ij} \ge y_{nj}^{i}, \quad n = \overline{1,N}, i = \overline{1,I}, j = \overline{1,J},$$

$$z_{ij} \le \sum_{n\in N_i} y_{nj}^{i},$$

$$2\beta_j \le \sum_{i=1}^{I} z_{ij}\,, j = \overline{1,J}. \quad (9)$$

В зависимости от важности потребителей требуется определить ограничение точности работы интеллектуального агента, что ключевым образом влияет на процесс управления ресурсно-информационным обеспечением. В случае, если точность работы агента не соответствует требованиям – его применение не целесообразно.

$$0 < P_{\min} \le P_a \le 1, \tag{10}$$

где $P_{\min}$ – минимально требуемая точность работы интеллектуального агента.

В работе оператора требуется определить ограничения, которые обеспечат принятие решения о применении интеллектуального агента. В том случае, если потери ручного выполнения поиска информации превышают стоимость эксплуатации интеллектуального агента, его применение целесообразно. Потери включают в себя упущенную выгоду из-за неверно подготовленного предложения потребителю. Пусть известны L_{manual}, L_{agent} – потери при ручном поиске и потери при использовании интеллектуального агента соответственно. При этом L_{manual}, L_{agent}, a_{cost} должны относиться к одному временному периоду.

$$\begin{gathered} \Delta L = L_{\text{manual}} - L_{\text{agent}}, \\ R = \frac{\Delta L - a_{\text{cost}}}{a_{\text{cost}}} \ge 0, \\ a_{\text{cost}} > 0, \end{gathered} \tag{11}$$

где ΔL – экономия потерь при применении интеллектуального агента. Потери возникают вследствие использования неактуальной или неполной информации, получаемой в результате выполнения процессов ресурсно-информационного обеспечения.

Следует учесть граничные условия, в которых могут изменяться значения:

$$y_{nj}^{i} \in \{0,1\}; \quad \beta_j \in \{0,1\}; \quad z_{ij} \in \{0,1\}. \tag{12}$$

В результате объединения (6)–(12) получена оптимизационная модель оператора:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{J}\left(1-\gamma_j\beta_j\right)\cdot\sum_{i=1}^{I}\sum_{n=1}^{N} d_{nj}\cdot y_{nj}^{i} + \alpha\cdot\frac{a_{\text{cost}}}{P_a} \to \min \\ y_{nj}^{i} = x_{nj}^{i}, \quad n=\overline{1,N}, i=\overline{1,I}, j=\overline{1,J} \\ T_{\text{prep},i} + \max\limits_{n\in N_i,\, j}\left\{t_{nj}\cdot y_{nj}^{i}\right\} \le T_{\max,i}, n=\overline{1,N}, i=\overline{1,I}, j=\overline{1,J} \\ z_{ij} \ge y_{nj}^{i}, \quad n=\overline{1,N}, i=\overline{1,I}, j=\overline{1,J} \\ z_{ij} \le \sum_{n\in N_i} y_{nj}^{i} \\ 2\beta_j \le \sum_{i=1}^{I} z_{ij}, j=\overline{1,J} \\ 0 < P_{\min} \le P_a \le 1 \\ R = \frac{\Delta L - a_{\text{cost}}}{a_{\text{cost}}} \ge 0 \\ a_{\text{cost}} > 0 \\ y_{nj}^{i} \in \{0,1\}; \quad \beta_j \in \{0,1\}; \quad z_{ij} \in \{0,1\} \end{cases}. \tag{13}$$

И потребитель, и оператор заинтересованы в минимизации затрат. Однако оператор действует в условиях, которые ему предъявляет потребитель. Для согласования оптимизационных моделей потребителя и оператора предложено использовать иерархическое взаимодействие. В таком случае потребители являются лидерами, каждый из которых формирует собственные требования N_i, q_{ni}, $T_{\max,i}, n=\overline{1,N}, i=\overline{1,I}$ независимо. Оператор является ведомым по отношению к каждому потребителю и оптимизирует свои логистические затраты при выполнении требований ограничения $y_{nj}^{i} = x_{nj}^{i}, n=\overline{1,N}, i=\overline{1,I}, j=\overline{1,J}$.

Оператор оказывает влияние на каждую модель потребителя через параметр $T_{\text{prep},i}, i=\overline{1,I}$. В модели оператора параметр времени подготовки предложения по

ресурсному обеспечению зависит от эффективности применения интеллектуального агента, что и является основной отличительной особенностью предлагаемых моделей.

Таким образом, предложены оптимизационные модели поддержки принятия управленческих решений при обеспечении процессов ресурсно-информационного обеспечения, отличающиеся интеграцией результатов работы интеллектуального агента в параметры моделей, и обеспечивающие принятие управленческих решений при согласовании интересов множества потребителей и оператора.

Результаты

На основе предложенных оптимизационных моделей потребителя и оператора предложен способ согласования решений потребителей и оператора на основе взвешенной суммы критериев и ограничений на допустимое увеличение индивидуальных затрат. При фиксированных исходных данных согласованная задача после линеаризации сводится к задаче смешанно-целочисленного линейного программирования [11]. Алгоритм нахождения согласованного решения представлен в виде последовательных шагов:

1. Инициализация интеллектуального агента и формирование исходной информации на основе текстовых данных. Вычисляются T_a, P_a, базовые сроки $T_{\text{prep},i}^{(0)} = = T_a + T_{\text{check},i}$.

2. Для каждого потребителя решить оптимизационную задачу (5) и получить индивидуальный минимум $F_{1i}^{\min}$. Если допустимого решения нет, то перейти к доработке предложения или отметить заказ потребителя как невозможный к исполнению.

3. Задать $\Delta_i^a \geq 0$ – допустимое увеличение стоимости заказа от минимума потребителя. В случае применения строгих приоритетов принять возможное увеличение стоимости равным 0.

4. Решить согласованную задачу:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{I} F_{1i}(x_i) + \lambda F_2(y,\beta) \to \min \\ x_i \in X_i, \quad F_{1i}(x_i) \leq F_{1i}^{\min} + \Delta_i^a \\ y_{nj}^i = x_{nj}^i \\ z_{ij} \geq y_{nj}^i (n \in N_i), z_{ij} \leq \sum_{n \in N_i} y_{nj}^i \\ 2\beta_j \leq \sum_{i=1}^{I} z_{ij} \\ y_{nj}^i, z_{ij}, \beta_j \in \{0,1\}, n = \overline{1,N}, i = \overline{1,I}, j = \overline{1,J} \end{cases}.$$

Здесь X_i – множество допустимых назначений по модели (5) на скорректированных исходных данных шага 1. Все условия применяются для соответствующих потребителей и поставщиков. Параметры $\lambda \geq 0$ и $\Delta_i^a \geq 0$ задаются до решения общей задачи.

При $\Delta_i^a = 0$ оператор выбирает среди комбинаций индивидуально оптимальных решений. В том случае, если все такие решения единственны, свобода изменения поставщиков отсутствует.

5. Произвести проверку ограничений моделей и сформировать оптимальное предложение. В случае, если решение остановлено досрочно, то указать найденный план и расчетную оценку разницы с минимумом.

При фиксированных данных произведения $\beta_j y_{nj}^i$ можно линеаризовать введением $v_{nj}^i = \beta_j y_{nj}^i$:

$$0 \leq v_{nj}^i \leq y_{nj}^i, \qquad v_{nj}^i \leq \beta_j, \qquad v_{nj}^i \geq y_{nj}^i + \beta_j - 1.$$

Предложенная постановка задачи может быть решена как смешанно-целочисленная линейная задача после устранения максимумов сроков. Для исключения максимумов сроков можно принять исключение медленных поставщиков по правилу:

$$x_{nj}^{i} = y_{nj}^{i} = 0 \text{ если } T_{prep,i} + t_{nj} > T_{max,i}, n = \overline{1,N}, i = \overline{1,I}, j = \overline{1,J}.$$

Таким образом, предложен алгоритм решения оптимизационных моделей потребителя и оператора, отличающийся от существующих применением взвешенной суммы критериев и использования для получения исходной информации интеллектуального агента, и обеспечивающий гибкую настройку для соблюдения интересов всех участников процесса ресурсно-информационного обеспечения.

Заключение

В результате предложена оптимизационная модель организационной системы потребителя, обеспечивающая выбор источника для каждой требуемой позиции по критерию минимизации совокупных затрат на приобретение ресурсов и их доставку. Модель учитывает индивидуальные состав и объем заказа каждого потребителя, закупку позиции у одного источника, подтвержденную доступность ресурса и ограничение общего времени, включающего подготовку предложения и максимальный срок поставки. Результатом является проверяемое назначение источников с сохранением автономности требований каждого потребителя.

Предложена оптимизационная модель организационной системы оператора, в которой совместно рассматриваются заказы нескольких потребителей, назначения источников и возможность пакетной доставки. Модель минимизирует совокупные логистические затраты с учетом подтвержденной скидки за консолидацию и затрат на применение интеллектуального агента, связанных с качеством формируемой информации.

Таким образом, сформированные оптимизационные модели предназначены для повышения эффективности принятия решений о ресурсном обеспечении организационных систем путем учета требований заинтересованных сторон.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Новиков Д.А. *Теория управления организационными системами.* Москва: МПСИ; 2005. 584 с.
2. Львович Я.Е., Рындин Н.А. Оптимизация распределения ресурсного обеспечения на стадиях развития и функционирования цифровизированных организационных систем. *Информационные технологии.* 2022;28(6):294–301. https://doi.org/10.17587/it.28.294-301
   Lvovich Ya.E., Ryndin N.A. Optimization of the distribution of resource support at the stages of development and operation of digitalized organizational systems. *Information Technologies.* 2022;28(6):294–301. (In Russ.). https://doi.org/10.17587/it.28.294-301
3. Гусев П.Ю., Львович Я.Е. Оптимизация принятия решений при управлении в цифровизированной системе на основе многоэтапной процедуры блочного программирования. *Информационные технологии.* 2024;30(12):615–621.
   Gusev P.Y., Lvovich Ya.E. Optimization of decision making when controlling in a digitalized system based on a multi-stage block programming procedure. *Information Technologies.* 2024;30(12):615–621. (In Russ.).
4. Гусев П.Ю. Оптимизация операционных затрат в многофункциональной цифровизированной системе на основе результатов предиктивной аналитики на

примере авиастроительного предприятия. *Труды МАИ.* 2024;(137). URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=181896
Gusev P.Yu. Optimization of operating costs in a multifunctional digitalized system based on the results of predictive analytics using the example of an aircraft manufacturing enterprise. *Trudy MAI.* 2024;(137). (In Russ.). URL: https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=181896

5. Симонов К.В. Торговые выставки: роль, классификация, организаторы и участники. *Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития.* 2014;(17):35–39.
6. Самотин И.Д., Гусев П.Ю., Кольцов А.С. Модель и алгоритм составления запросов для извлечения информации из текстовых данных при поддержке принятия решений. *Вестник Воронежского института ФСИН России.* 2025;(4):99–105.
Samotin I.D., Gusev P.Yu., Koltsov A.S. A model and algorithm for generating query for extracting information from text data in decision support applications. *Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii.* 2025;(4):99–105. (In Russ.).
7. Гусев П.Ю., Самотин И.Д., Данилов А.Д. Интеллектуализация принятия решений по закупке изделий с использованием поискового агента при многовариантном анализе атрибутов изделий. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2025;13(4). https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.51.4.056
Gusev P.Y., Samotin I.D., Danilov A.D. Intellectualization of decision-making in the procurement of products using a search agent in multivariate analysis of product attributes. *Modeling, Optimization and Information Technology.* 2025;13(4). (In Russ.). https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.51.4.056
8. Li X., Wang S., Zeng S., Wu Y., Yang Y. A survey on LLM-based multi-agent systems: workflow, infrastructure, and challenges. *Vicinagearth.* 2024;1(1):9. https://doi.org/10.1007/s44336-024-00009-2
9. Гусев П.Ю. Разработка системы классификации текстов по научным специальностям с применением методов машинного обучения. *Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии.* 2021;19(1):39–47.
Gusev P.Yu. Development of a classification system for texts by scientific specialties using machine learning methods. *Vestnik NSU. Series: Information Technologies.* 2021;19(1):39–47. (In Russ.).
10. Khalifa M., Albadawy M. AI in diagnostic imaging: revolutionising accuracy and efficiency. *Computer Methods and Programs in Biomedicine Update.* 2024;5(17):100146. https://doi.org/10.1016/j.cmpbup.2024.100146
11. Scavuzzo L., Aardal A., Lodi A., Yorke-Smith N. Machine learning augmented branch and bound for mixed integer linear programming. *Mathematical Programming.* 2026;217(1-2):123–166. https://doi.org/10.1007/s10107-024-02130-y

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Самотин Иван Дмитриевич, аспирант, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация.
e-mail: i.d.samotin@mail.ru

Ivan D. Samotin, Postgraduate, Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 14.09.2026; одобрена после рецензирования 13.11.2026; принята к публикации 27.11.2026.

The article was submitted 14.09.2026; approved after reviewing 13.11.2026; accepted for publication 27.11.2026.