

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-244
УДК 658.5:629.3.023.2



Научная статья | Управление процессами перевозок

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ К АВТОТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВАМ

Т.В. Аветисян, Я.Е. Львович, А.П. Преображенский

Целью проведенного исследования является разработка программной имитационной мультипродуктовой модели, предназначенной для эффективного управления запасами запасных частей. В ходе работы была использована математическая модель, позволяющая оптимизировать процесс производства и хранения запасных частей для транспортных средств. При этом учитывались такие существенные факторы, как общее количество запасных частей, находящихся на складе, частота выхода из строя определенных деталей, условия эксплуатации, интенсивность их использования, а также влияние человеческого фактора. Результаты показывают, что штрафы за доставку и динамичный расход запасных частей существенно влияют на функцию затрат, в то время как штрафы за отсутствие необходимых деталей существенно влияют на минимальный уровень запасов. Результаты могут быть применены при управлении запасами запасных частей в авторизованных сервисных центрах. В исследовании делается вывод, что сезонные колебания спроса на запасные части можно устранить путем создания научно обоснованной системы управления запасами запасных частей.

Ключевые слова: оптимизация; запасная часть; склад; сеть; автотранспортное средство

Для цитирования. Аветисян Т.В., Львович Я.Е., Преображенский А.П. Оптимизация процессов производства запасных частей к авто-

транспортным средствам // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 2. С. 64-80. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-244

Original article | Transportation Process Management

OPTIMIZATION OF THE PROCESSES OF PRODUCTION OF SPARE PARTS FOR MOTOR VEHICLES

T.V. Avetisyan, Y.E. Lvovich, A.P. Preobrazhensky

The purpose of the research is to develop a software simulation multi-product model designed for effective inventory management of spare parts. In the course of the work, a mathematical model was used to optimize the production and storage of spare parts for vehicles. At the same time, such significant factors as the total number of spare parts in stock, the frequency of failure of certain parts, operating conditions, the intensity of their use, as well as the influence of the human factor were taken into account. The results show that penalties for shipping and dynamic spare parts consumption significantly affect the cost function, while penalties for missing necessary parts significantly affect the minimum inventory level. The results can be applied to the management of spare parts stocks at authorized service centers. The study concludes that seasonal fluctuations in demand for spare parts can be eliminated by creating a scientifically sound spare parts inventory management system.

Keywords: *optimization; spare part; warehouse; network; vehicle*

For citation. *Avetisyan T.V., Lvovich Y.E., Preobrazhensky A.P. Optimization of the Processes of Production of Spare Parts for Motor Vehicles. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 64-80. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-244*

Введение

На сегодняшний день в Центрально-Европейской части России, отлажено работает механизм обеспечения авторизованных

сервисных центров (АСЦ) запасными частями. Складские сети стали более требовательны к поддержанию имиджа торговой марки, а также переориентировались на максимальное удовлетворение потребностей клиентов.

На сегодняшний момент, перемещение запасных частей в складских сетях, как у нас, так и за рубежом, происходит следующим образом: фирма-производитель имеет центральный склад хранения, на котором хранится основное количество ассортимента запасных частей (до 85%). Это количество обеспечивает потребность всего парка обслуживаемых агрегатов. Производитель поддерживает сеть региональных складов, на которых хранится значительное количество запасных частей, при этом по каждой запасной части создается запас, необходимый для бесперебойного функционирования сервис-партнеров региона в течение двух недель. Размер регионального склада зависит от размера региона и парка агрегатов, находящихся в эксплуатации.

Эти склады обеспечивают АСЦ, а также более мелкие организации (сервисные центры - СЦ), осуществляющие сервис и пуско-наладку отопительного оборудования.

Все они имеют официальный статус сервис-партнера (СП) предприятия-изготовителя.

При отсутствии на региональном складе необходимой запчасты, осуществляется ее заказ с федерального склада. Применение Интернет-сервисов позволяет получить информацию о наличии этой запчасты на федеральном складе. В случае отсутствия запчасты на федеральном складе она заказывается с центрального склада фирмы-изготовителя.

Чтобы максимально развернуто отобразить «картину» взаимодействия системы, нужно определить наиболее важные технико-экономические показатели. Эти показатели могут быть следующими:

- Общее количество запасных частей на складе.
- Детали, которые часто выходят из строя.
- Условия эксплуатации запасных частей.

- Интенсивность использования запасных частей.
- Учет человеческого фактора.

Нужно держать на вооружении, что имеют место быть сезонные «падения» и «взлеты» спроса на запасные части. Решить эти проблемы позволит создание научно обоснованной системы управления запасами запасных частей на станции технического обслуживания.

Таким образом, исследования, направленные на повышение уровня материально-технического снабжения, являются актуальными.

Целью работы является разработка программно-имитационной многопродуктовой модели, для эффективного управления запасами на складе запасных частей

Моделирование производства запасных частей

Будем предполагать, что на некотором технологическом участке, в котором производятся запасные части для транспортных средств, задана производственная программа по некоторому фиксированному периоду времени. Она сильным образом меняется с течением времени (рис. 1). Пусть $m_j, j = \overline{1, N}$ является плановым заданием по выпуску запасных частей для j -го периода времени, а $q_j = m_j, j = \overline{1, N}$, это количество запасных частей, которые будут практическим образом выпускаться для j -го периода времени. Это определяет необходимость в соответствующих затратах производственных ресурсов. Обозначим требование по выполнению плановых заданий m_j всегда:

$$x_i \geq m_j, j = \overline{1, N}. \quad (1)$$

Видно, что $x_{N+1} \geq x_0$ будет характеризовать запас запасных частей, который будет переходить с предыдущего периода планирования. Если производственные мощности можно применять без всяких затрат, тогда будет совпадение оптимального графика выпуска запасных частей и плановых заданий:

$$x_i^* \geq m_j^*, j = \overline{1, N}. \quad (2)$$

Но, в случае если затраты, связанные с увеличением и сокращением для каждого периода времени, являются значительными,

тогда график выпуска запасных частей (рис. 1) может быть невыгодным при оценке общих затрат, которые связаны с анализируемым производственным процессом.

Если выпускаются запасные части больше, чем плановое задание $X_j > m_j$, тогда необходимо принимать во внимание затраты, которые связаны с хранением запасов. Будем исходить из того, что функция затрат, которая связана с отношением фактического выпуска готовых запасных частей от плановых заданий представляется в следующем виде

$$g_i(x_j - m_j) = \begin{cases} 0, & \text{если } x_j = m_j, \\ b_j(x_j - m_j)^2, & \text{если } x_j > m_j \end{cases} \quad (3)$$

здесь $b_j, j = \overline{1, N}$ является стоимостью хранения единицы продукции.

Помимо затрат, которые связаны с хранением запасов (3), требуется проводить учет затрат по изменению производственных мощностей, которые связаны с тем, что $x_j \neq x_{j+1}$ в ходе перехода от $(j+1)$ -го периода к j -му периоду. Будем применять функцию $\phi_j(x_j - x_{j+1})$, которая называется функцией издержек сглаживания. Она показывает затраты дополнительных средств, связанных с введением новых мощностей в производственные процессы:

$$\phi_j(x_j - x_{j+1}) = \begin{cases} 0, & \text{если } x_j = x_{j+1} \text{ (нет изменения в производственных мощностях),} \\ 0, & \text{если } x_j < x_{j+1} \text{ (затраты на уменьшение производственных} \\ & \text{мощностей равны нулю),} \\ a_j(x_j - x_{j+1})^2, & \text{если } x_j > x_{j+1} \text{ (затраты, связанные с увеличением} \\ & \text{производственных мощностей),} \end{cases} \quad (4)$$

здесь $a_j, j = \overline{1, N}$ показывает стоимость единицы новых производственных мощностей.

Для многошагового процесса принятия решений для числа запасных частей, которые выпускаются в каждый период планирования $x_j^*, j = \overline{1, N}$ при минимизации суммарных затрат по всему производственному процессу можно записать такую математическую модель:

$$\begin{aligned}
 f_N(x_0) &= \min_{\substack{(x_1, \dots, x_N) \\ x_j \geq m_j, j=\overline{1, N}}} \left\{ \sum_{i=1}^N q_i(x_j - m_j) + \phi_j(x_j - x_{j+1}) \right\} = \\
 &= \max_{\substack{(x_1, \dots, x_N) \\ x_j \geq m_j, j=\overline{1, N}}} \left\{ \sum_{i=1}^N q_i(x_j - x_{j+1})^2 + b_j(x_j - m_j)^2 \right\}.
 \end{aligned} \tag{5}$$

$x_j = 0, 1, 2, \dots$ – целые числа

Представленную задачу мы можем свести к такой системе оптимизационных одномерных задач:

$$f_1(p_2) = \min_{x_1 \geq m_1} \left\{ \sum_{i=1}^N a_i(x_1 - p_2)^2 + b_j(x_1 - m_1)^2 \right\}, x_1 - \text{целое число.} \tag{6}$$

$$f_1(p_{k+1}) = \min_{x_k \geq m_k} \left\{ \sum_{i=1}^N a_k(x_k - p_{k+1})^2 + b_k(x_k - m_k)^2 + f_{k-1}(p_k) \right\}, k = \overline{2, N}, \tag{7}$$

x_k – целое число

Тогда при решении последовательности оптимизационных одномерных задач (6)-(7) приходим к оптимальному плану по выпуску изделий (x_1^*, \dots, x_N^*) . В нем компоненты будут близкими к плановым заданиям (m_1, \dots, m_N) . Они не сильным образом будут отличаться друг от друга относительно полных затрат, которые связаны с оптимизацией производственных процессов.

Для частного случая, если все $m_j = 0, j = \overline{1, N}$ (нет плановых заданий по выпуску запасных частей) решение системы функциональных уравнений (6) - (7) будет сведено к такой последовательности действий:

1. Проводится определение параметра

$$w_1 = a_1 b_1 / (a_1 + b_1) \tag{8}$$

2. На основе рекуррентного соотношения реализуется вычисление множества параметров

$$w_k = (a_k b_k + a_k w_{k-1}) / (a_1 + b_1 + w_{k-1}), k = \overline{2, N} \tag{9}$$

3. Проводится вычисление минимального значения полных издержек в производственном процессе:

$$f_N(x_0) = f_N(p_{N+1}) = w_N x_0^2. \quad (10)$$

4. Проводится определение значения фактического выпуска запасных частей в N-й планируемый период:

$$x_N^* = \frac{a_N p_{N+1}}{a_N + b_N + w_{N-1}}. \quad (11)$$

5. В рамках рекуррентного выражения проводится вычисление значения фактического выпуска запасных частей для каждого из планируемых периодов:

$$x_k^* = \frac{a_k x_{k+1}}{a_N + b_N + w_{N-1}}, k = \overline{N-1, 2}. \quad (12)$$

6. Проводится определение выпуска изделий для шага с номером «1»:

$$x_1^* = a_1 x_2^* / (a_1 + b_1) \quad (13)$$

Таким образом, будет осуществлено построение оптимальной стратегии (x_1^*, \dots, x_N^*) .

Оптимальное проектирование технологических процессов по показателям с учетом технико-эксплуатационных характеристик

При автоматизированном проектировании технологических процессов важно обеспечить сбалансированность программы выпуска запасных частей с ресурсами и поставками материалов. При этом осуществляется построение двухуровневой модели принятия оптимального решения относительно единого критерия оптимальности $Q(x)$, связанной с выпуском запасных частей в целом и с выпуском запасных частей по автоматизированным участкам.

В качестве критерия оптимальности обычно используется один из следующих показателей:

а) себестоимость запасных частей, которые выпускаются в рамках технологического комплекса

$$Q_1(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j, \quad (14)$$

б) выпуск запасных частей в рамках технологического комплекса в натуральном или стоимостном выражении

$$Q_2(x) = \sum_{j=1}^n x_j, Q_3(x) = \sum_{j=1}^n s_j x_j, \quad (15)$$

в) суммарная прибыль

$$Q_4(x) = \sum_{j=1}^n (s_j - c_j) x_j = \sum_{j=1}^n g_j x_j, \quad (16)$$

где x_j – объем j -го вида запасных частей за интервал планирования, c_j – средние затраты на выпуск запасных частей, s_j – оптовая цена единицы запасных частей, g_j – средняя прибыль от производства единицы запасных частей.

Производственные ресурсы, поставки, программа выпуска отражаются в оптимизационной модели технологического комплекса такой системой ограничений:

1) сырьевые и энергетические ресурсы

$$\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} x_j \leq b_i, i = \overline{1, m}, \quad (17)$$

где α_{ij} – среднее значение расходного коэффициента i -го ресурса на j -й вид запасных частей, b_i – гарантированный расход i -го ресурса.

2) производственные мощности участка технологического комплекса

$$\sum_{j=1}^n d_{kj} x_j \leq D_k, k = \overline{1, K}, \quad (18)$$

где d_{kj} – среднее значение пересчетного коэффициента производительности, D_k – гарантированная производственная мощность k -го технологического участка, K – число участков, входящих в технологический комплекс.

3) вариант выпуска:

В стоимостном выражении

$$\sum_{j=1}^n s_j x_j \leq s^{np}, s_j x_j \geq s_j^{np}, j = \overline{1, n}, \quad (19)$$

в натуральном выражении

$$\sum_{j=1}^n x_j \leq x^{np}, s_j x_j \geq x_j^{np}, j = \overline{1, n}, \quad (20)$$

где s^{np} , x^{np} – программа выпуска по всей номенклатуре в стоимостном и натуральном выражении соответственно, s_j^{np} , x_j^{np} – про-

грамма выпуска по j -му виду запасных частей в стоимостном и натуральном выражении соответственно.

Совокупность целевой функции, например (16), и системы ограничений (17)-(20) представляет собой объемную оптимизационную модель выпуска запасных частей в рамках технологического комплекса, которую в матричном виде можно записать:

$$\begin{aligned} & \max(g^T, x), \\ & A_1x \leq b_1, A_2x \leq b_{12} \\ & x \geq x^{np} \end{aligned} \quad (21)$$

где $x = (x_1, \dots, x_n)$ – вектор выпуска продукции, $g = (g_1, \dots, g_n)$ – вектор коэффициентов целевой функции, g^T – транспонированный вектор, A_1 – $(m_1 \times n)$ – матрица ограничений на внутренние ресурсы технологического комплекса, A_2 – $(m_2 \times n)$ – матрица ограничений, связанная с поставками, $x^{np} = (x_1^{np}, \dots, x_n^{np})$ – вектор, соответствующий программе выпуска.

Разделение ограничений произведено с целью анализа внутренних возможностей, связанных с поставками. Модель (21) является задачей линейного программирования. Для перехода к однородной форме записи проведем замену переменных:

$$x'_j = x_j - x^{np}, j = 1, n. \quad (22)$$

Тогда задачу линейного программирования можно записать так:

$$\max(g^T, x'), A_1x' \leq b'_1, A_2x' \leq b'_2, x' \geq 0 \quad (23)$$

где

$$b'_1 = b_1 - A_1x^{np}, b'_2 = b_2 - A_2x^{np}. \quad (24)$$

Процедура решения задачи линейного программирования (23)-(24) сводится к следующей последовательности действий.

Первоначально рассматриваются выражения (24). Если они неотрицательны

$$b'_1 \geq 0, b'_2 \geq 0 \quad (25)$$

то поставки и внутренние ресурсы согласованы с программой выпуска. В противном случае рассматривается вопрос о перспективных мерах по увеличению ресурсов. С этой целью переходим к двойственной задаче линейного программирования:

$$\begin{aligned}
& \min\{(b'_1)^T y_1 + (b'_2)^T y_2\}, \\
& A_1 y_1 + A_2 y_2 \geq g, \\
& y_1 \geq 0, y_1 = (y_1, \dots, y_{m_1}) \\
& y_2 \geq 0, y_2 = (y_{m_1}, \dots, y_{m_1+m_2})
\end{aligned} \tag{26}$$

Переменные этой задачи y_i ($i = \overline{1, m_1 + m_2}$) характеризуют степень избыточности ресурса для выполнения программы. Если оптимальное значение двойственной переменной $y_i^* = 0$, то i -й ресурс является избыточным.

Для построения оптимизационных моделей, детализированных по участкам, рассмотрим технологический комплекс, представляющий собой последовательное соединение k участков $k = \overline{1, K}$ с несколькими входными и выходными потоками. Классификация входных потоков k -го участка на h_k групп $h_k = \overline{1, H_k}$ по некоторому показателю f_k , характеризующему свойства запасной части на k -м этапе обработки и являющемуся случайной величиной, проводится следующим образом: формируемая запасная часть $x_k^{\text{ВЫХ}}$ относится к h_1 группе, если значения параметра f_1 лежат в заданных пределах ($f_{kh}^{\text{МИН}}, f_{kh}^{\text{МАКС}}$):

$$x_k^{\text{ВЫХ}} \in x_{kh}^{\text{МИН}}, \text{ если } f_{kh}^{\text{МИН}} \leq F_k \leq f_{kh}^{\text{МАКС}}, h_k = \overline{1, H_k}. \tag{27}$$

При случайных колебаниях количества промежуточной продукции для выполнения t -го варианта выпуска должны быть предусмотрены небалансы между выпуском и расходом, идущие на пополнение выпуска запасов, то есть межоперационные заделы. В этом случае условия баланса материальных потоков между участками имеют вид

$$0 \leq \tilde{x}_{kh}^{\text{ВЫХ}} - \sum_{h_{k+1} \in h_k} a_{hk, h(k+1)} \geq x_{hk}^{\text{М}, 3} \tag{28}$$

Здесь $a_{hk, h(k+1)}$ является коэффициентом использования компонента группы h_k при изготовлении компонента группы h_{k+1} . Обозначение $\sum_{h_{k+1} \in h_k}$ показывает, что суммирование осуществляется по тем группам продукции участка $(k+1)$, для которых используется компонента группы h_k k -го участка.

Пусть задана вероятность γ_{hk} выполнения ограничений (28) и известно, что \tilde{x}_{kh}^{BYX} распределено по нормальному закону с дисперсией $D(\tilde{x}_{kh}^{BYX})$. Перейдем к детерминированной форме неравенств (28), но со сдвинутыми границами

$$vD(\tilde{x}_{km}^{BYX}) \leq m(\tilde{x}_{km}^{BYX}) - \sum_{\substack{k_{m+1} \in k \\ m}} a_{km, k(m+1)} x_{k(m+1)}^{BYX} \leq x_{km}^{M,3} - vD(\tilde{x}_{km}^{BYX}) \quad (29)$$

Здесь v находится из уравнения

$$\Phi(v) = \frac{1}{2\pi} \int_0^v \exp(-\frac{z^2}{2}) dz \quad (30)$$

$\Phi()$ является нормированной функцией Лапласа.

Если предусмотреть небаланс между выпуском на k -м участке и расходом на $(k+1)$ -м участке по группе h_k

$$x_{km}^{M,3} = 2vD(\tilde{x}_{km}^{BYX}), \quad (31)$$

то ограничение (28) будет выполняться с вероятностью γ_{hk} .

При выбранном распределении межоперационных заделов оптимизационные модели выпуска продукции по участкам составляются последовательным образом, начиная с последнего K -го участка, для которого известен вариант выпуска:

$$\max_{x_{kM}^{BYX}} \left\{ \sum_{k_M=1}^n g_{kM} x_{kM}^{BYX} \right\},$$

$$\sum_{k_M \in k_{M-1}} a_{kM, k(M-1)} x_{kM}^{BYX} = m(\tilde{x}_{k(M-1)}) - \tilde{x}_{k(M-1)}^{M,3} - v_{k(M-1)} \sqrt{D(\tilde{x}_{k(M-1)}^{BYX})}, \quad (32)$$

$$k_{M-1} = \overline{1, K_{M-1}}, \quad x_{kM}^{BYX} \geq x_{kM}^{пр} = x_j^{пр}, \quad (k_M = j, j = \overline{1, n}).$$

Для перехода к канонической форме записи задачи линейного программирования произведем замену переменных

$$x_{kM}^{iBYX} = x_{kM}^{BYX} - x_{kM}^{пр}. \quad (33)$$

Тогда сможем записать

$$\max_{x_{kM}^{iBYX}} \left\{ \sum_{k_M=1}^n g_{kM} x_{kM}^{iBYX} \right\},$$

$$\sum_{k_M \in k_{M-1}} a_{kM, k(M-1)} x_{kM}^{iBYX} = m(x'_{k(M-1)}) - \tilde{x}_{k(M-1)}^{M,3} - B_{k(M-1)}, \quad (34)$$

$$k_{M-1} = \overline{1, k_{M-1}}, \quad x_{kM}^{iBYX} \geq 0, \quad (k_M = \overline{1, n})$$

Где

$$B_{k(M-1)} = x_{k(M-1)}^{M,3} + v_{r(M-1)} \sqrt{D(\tilde{x}_{k(M-1)}^{ВЫХ})} + \sum_{k_M \in k_{M-1}} a_{kM,k(M-1)} B_{kM}, B_{kM} = x_{kM}^{пп}. \quad (35)$$

Запишем двойственную к (34) задачу линейного программирования

$$\min \left\{ \sum_{k_{M-1}=1}^{k_{M-1}} y_{k(M-1)} x_{k(M-1)}^{ВЫХ} \right\}, a_{kM,k(M-1)} \geq g_{kM}, (k_M = \overline{1, n}), \quad (36)$$

$$y_{k(M-1)} \geq 0, (k_{M-1} = \overline{1, k_{M-1}}). \quad (37)$$

где

$$x_{k(M-1)}^{ВЫХ} = m(\tilde{x}_{k(M-1)}^{ВЫХ}) - B_{k(M-1)}. \quad (38)$$

Учитывая особенности структуры ограничений (37), оптимальные значения переменных $y_{k(M-1)}^*$ определяются аналитическим образом:

$$y_{k(M-1)}^* = \max_{k_M \in k_{M-1}} \frac{g_{kM}}{a_{kM,k(M-1)}}. \quad (39)$$

Максимизация (36) при $y_{k(M-1)} = y_{k(M-1)}^*$ по $y_{k(M-1)}^{ВЫХ}$ является оптимизационной задачей для (K-1)-го участка:

$$\max_{x_{k(M-1)}^{ВЫХ}} \left\{ \sum_{k_{M-1}=1}^{k_{M-1}} y_{k(M-1)}^* x_{k(M-1)}^{ВЫХ} \right\} \quad (40)$$

$$\sum_{k_{M-1} \in k_{M-2}} a_{k(M-1),k(M-2)} x_{k(M-1)}^{ВЫХ} = m(x_{k(M-1)}^{ВЫХ}) - B_{k(M-2)}, k_{M-1} = \overline{1, k_{M-1}}, \quad (41)$$

где

$$B_{k(M-2)} = x_{k(M-2)} + v_{r(M-2)} \sqrt{D(\tilde{x}_{k(M-2)}^{ВЫХ})} + \sum_{k_{M-1} \in k_{M-2}} a_{k(M-1),k(M-2)} B_{k(M-1)}, \quad (42)$$

Продолжая описанные процедуры, получим модель второго участка (k=2), для которой правые части ограничений определены поставками компонентов на первый участок (x_{h1}):

$$\max_{x_{k1}^{ВЫХ}} \left\{ \sum_{k_{M-1}=1}^{k_{M-1}} y_{k2}^* x_{k2}^{ВЫХ} \right\}, \quad (43)$$

$$\sum_{k_2 \in k_1} a_{k2,k1} x_{k2}^{ВЫХ} = \frac{1}{a_{k1}} x_{k1} - B_{k1}, k_1 = \overline{1, K_1},$$

где a_{k1} является средним значением расходного коэффициента для первого участка.

Затем последовательным образом определяем оптимальное значение задач (34), (40), (43), то есть находим сбалансированные варианты выпуска запасных частей:

$$x_{k1}^{*ВЫХ}, \dots, x_{kM}^{*ВЫХ} \quad (44)$$

Заключение

По итогам проведенного анализа были получены следующие результаты: максимальное воздействие на целевую функцию издержек оказывают штрафы за доставку и динамический расход запасных деталей на складе. При этом, на минимальный уровень запасов существенное влияние оказывают штрафы за отсутствие необходимого количества деталей на складе, в то время как на максимальный уровень запасов на складе деталей отопительного оборудования оказывает воздействие линейный показатель интенсивности запросов.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о финансировании. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Львович И.Я., Кравцова Н.Е., Чупринская Ю.Л. Особенности решений для обработки текстовых данных // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 89-92.
2. Исакова М.В., Горбенко О.Н. Об особенностях систем управления персоналом // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 168-171.
3. Львович Я.Е., Питолин А.В., Сапожников Г.П. Многометодный подход к моделированию сложных систем на основе анализа мониторинговой информации // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 2 (25). С. 301-310.

4. Преображенский Ю.П., Чопоров О.Н., Ружицкий Е. Проблемы работы с проектами при формировании бизнес-центров // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2021. № 1 (36). С. 107-109.
5. Преображенский Ю.П., Чопоров О.Н. Использование инструментов стратегического анализа в организациях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 2 (33). С. 56-59.
6. Мэн Ц. Анализ методов классификации информации в интернете при решении задач информационного поиска // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 2 (13). С. 19.
7. Нурутдинов Р.Р., Шайхутдинов Р.Я., Зарипов Д.С., Гареева Г.А. Разработка приложения для контроля качества деталей на брак // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13. № 1. С. 77-89. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-77-89>
8. Терентьев А.В., Евтюков С.С., Пирогов Я.Е. Аналитическая модель организации грузовых перевозок в сложной транспортной системе мегаполиса // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13. № 1. С. 24-41. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-24-41>
9. Покровская О.Д., Мороз Ю.А., Меликов М.И. Трансформация рынка транспортных услуг в России в условиях международных санкций // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13. № 1. С. 197-211. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-197-211>
10. Мельников А.Р., Мельникова И.П., Мельникова М.А. О переходе от простой к комплексной модели организации экспедиторских и логистических услуг // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13. № 1-2. С. 36-42.

References

1. L'vovich I.YA., Kravcova N.E., SHuprinskaya YU.L. Osobennosti reshenij dlya obrabotki tekstovyh dannyh [Features of solutions for text data processing]. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij*, 2019, no. 1 (28), pp. 89-92.

2. Isakova M.V., Gorbenko O.N. Ob osobennostyah sistem upravleniya personalom [On the features of personnel management systems]. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij*, 2014, no. 12, pp. 168-171.
3. L'vovich YA.E., Pitolin A.V., Sapozhnikov G.P. Mnogometodnyj podhod k modelirovaniyu slozhnyh sistem na osnove analiza monitoringovoj informacii [A multimethod approach to modeling complex systems based on the analysis of monitoring information]. *Modelirovanie, optimizaciya i informacionnye tekhnologii*, 2019, vol. 7, no. 2 (25), pp. 301-310.
4. Preobrazhenskij YU.P., CHoporov O.N., Ruzhickij E. Problemy raboty s proektami pri formirovanii biznes-centrov [Problems of work with projects in the formation of business centers]. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij*, 2021, no. 1 (36), pp 107-109.
5. Preobrazhenskij YU.P., CHoporov O.N. Ispol'zovanie instrumentov strategicheskogo analiza v organizacijah [The use of strategic analysis tools in organizations]. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij*, 2020, no. 2 (33), pp. 56-59.
6. Men C. Analiz metodov klassifikacii informacii v internete pri reshenii zadach informacionnogo poiska [Analysis of methods of classification of information on the Internet in solving problems of information search]. *Modelirovanie, optimizaciya i informacionnye tekhnologii*, 2016, no. 2 (13), pp. 19.
7. Nurutdinov R.R., SHajhutdinov R.YA., Zaripov D.S., Gareeva G.A. Razrabotka prilozheniya dlya kontrolya kachestva detalej na brak [Development of an application for quality control of parts for marriage]. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 77-89. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-77-89>
8. Terent'ev A.V., Evtyukov S.S., Pirogov YA.E. Analiticheskaya model' organizacii gruzovyh perevozok v slozhnoj transportnoj sisteme megapolisa [Analytical model of cargo transportation organization in the complex transport system of the metropolis]. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 24-41. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-24-41>

9. Pokrovskaya O.D., Moroz YU.A., Melikov M.I. Transformaciya rynka transportnyh uslug v rossii v usloviyah mezhdunarodnyh sankcij [Transformation of the transport services market in Russia under international sanctions]. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 197-211. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-197-211>
10. Mel'nikov A.R., Mel'nikova I.P., Mel'nikova M.A. O perekhode ot prostoj k kompleksnoj modeli organizacii ekspeditorskih i logisticheskikh uslug [On the transition from a simple to a complex model of organization of forwarding and logistics services]. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 1-2, pp. 36-42.

ДАНИЕ ОБ АВТОРАХ

Аветисян Татьяна Владимировна, преподаватель

Автономная некоммерческая профессиональная образовательная организация «Колледж Воронежского института высоких технологий»

*ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Российская Федерация
vtatyana_avetisyan@mail.ru*

Львович Яков Евсеевич, доктор технических наук, профессор

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Воронежский институт высоких технологий»

*ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Российская Федерация
office@yandex.ru*

Преображенский Андрей Петрович, доктор технических наук, профессор

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Воронежский институт высоких технологий»

*ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Российская Федерация
Komkovvvt@yandex.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Avetisyan Tatiana Vladimirovna, Teacher

*College of the Voronezh Institute of High Technologies
73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russian Federation
vtatyana_avetisyan@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3559-6070>*

Yakov Y. Lvovich, Doctor of Technical Sciences, Professor

*Voronezh Institute of High Technologies
73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russian Federation
office@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7051-3763>*

Andrey P. Preobrazhenskiy, Doctor of Technical Sciences, Professor

*Voronezh Institute of High Technologies
73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russian Federation
Komkovvivi@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6911-8053>*

Поступила 13.02.2024

После рецензирования 25.03.2024

Принята 03.04.2024

Received 13.02.2024

Revised 25.03.2024

Accepted 03.04.2024