

Бакулин Александр Юрьевич

аспирант, Воронежский институт высоких технологий, город Воронеж.

SPIN-код: 7274-3779, AuthorID: 1309761

Электронный адрес: bakulin-aleksandr@mail.ru

Aleksandr Yu. Bakulin

Postgraduate, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh.

SPIN-code: 7274-3779, AuthorID: 1309761

E-mail address: bakulin-aleksandr@mail.ru

Гусев Павел Юрьевич

доктор технических наук, заведующий кафедрой искусственного интеллекта и цифровых технологий, Воронежский государственный технический университет, город Воронеж.

SPIN-код: 5537-1440, AuthorID: 686877

Электронный адрес: gsvspy@yandex.ru

Pavel Yu. Gusev

Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of artificial intelligence and digital technologies, Voronezh State Technical University, Voronezh.

SPIN-code: 5537-1440, AuthorID: 686877

E-mail address: gsvspy@yandex.ru

Львович Яков Евсеевич

доктор технических наук, профессор, президент Воронежского института высоких технологий, город Воронеж.

ORCID: 0000-0002-7051-3763, AuthorID: 100464, SPIN-код: 9029-3251

Электронный адрес: ya.lvovich@mail.ru

Yakov E. Lvovich

Doctor of Technical Sciences, Full Professor, President of Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh.

ORCID: 0000-0002-7051-3763, Author ID: 100464, SPIN-code: 9029-3251

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

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВИЗИРОВАННОЙ
ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАКАЗОВ
НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ С МАШИНЫМ ОБУЧЕНИЕМ
ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Аннотация. Работа посвящена формированию моделей и алгоритмических процедур оптимизации эффективности цифровизированной организационной системы обслуживания заказов потребителей на стадии развития. Исходя из структурных моделей физической и информационных сред, реализующих процесс обслуживания на базе автоматизированного оборудования и устройств, проведена структуризация функционирования организационной системы в виде временных рядов, позволяющих осуществлять машинное обучение прогностических моделей. Обоснована

Оптимизация развития цифровизированной организационной системы обслуживания заказов на основе интеграции с машинным обучением прогностических моделей

организация интеллектуальной поддержки решений управляющего центра, направленных на распределение интегрального ресурса развития между временными периодами в рамках горизонта планирования с требованием роста показателей эффективности и учетом возможностей имитационного моделирования в процесс машинного обучения. В этом случае формирование прогностических моделей нацелено на установление зависимостей экстремальных требований от значений оптимизируемых переменных и временных периодов, что приводит к многомерной оптимизационной модели. Показана целесообразность перехода от многомерной постановки к совокупности одномерных задач оптимизации, на основе решения которых для каждого временного интервала принимается управленческое решение по объему ресурсного обеспечения с учетом выполнения балансового условия.

Ключевые слова: цифровизированная организационная система, обслуживание заказов, машинное обучение, прогностическое моделирование, оптимизация принятия решений.

Для цитирования: Бакулин А.Ю., Гусев П.Ю., Львович Я.Е. Оптимизация развития цифровизированной организационной системы обслуживания заказов на основе интеграции с машинным обучением прогностических моделей // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ, управление. 2026. № 1. С. 68–78. DOI: 10.18137/RNU.V9187.26.01.P.68

OPTIMIZATION OF THE DEVELOPMENT OF A DIGITALIZED
ORGANIZATIONAL ORDER SERVICING SYSTEM BASED ON
INTEGRATION WITH MACHINE LEARNING OF PREDICTIVE MODELS

Abstract. This paper explores the development of models and algorithmic procedures for optimizing the efficiency of a digitalized organizational system for servicing customer orders in its development phase. Based on structural models of the physical and information environments implementing the service process using automated equipment and devices, the organizational system's functioning is structured as a time series, enabling machine learning of predictive models. A rationale is provided for the organization of intelligent decision support for the control center's decisions, aimed at distributing the integral development resource between time periods within the planning horizon, with the requirement for increased performance indicators and taking into account the capabilities of simulation modeling in the machine learning process. In this case, the development of predictive models is aimed at establishing dependencies between extreme requirements and the values of the optimized variables and time periods, resulting in a multidimensional optimization model. The feasibility of moving from a multidimensional formulation to a set of one-dimensional optimization problems is demonstrated. The solution to these problems, based on which a management decision is made for each time interval regarding the volume of resource provision, taking into account the fulfillment of the balance condition.

Keywords: digitalized organizational system, order servicing, machine learning, predictive modeling, decision optimization.

For citation: Bakulin A.Yu., Gusev P.Yu., Lvovich Ya.E. (2026) Optimizing the development of a digitalized organizational order servicing system based on integration with machine learning of predictive models. *Vestnik of Russian New University. Series: Complex Systems: Models, analysis, management.* No. 1. Pp. 68–78. DOI: 10.18137/RNU.V9187.26.01.P.68 (In Russian).

Введение

На современном этапе цифровизация является основным трендом эффективности развития организационных систем в различных сферах бизнеса [1], и эта тенденция с каждым годом усиливается [2]. Происходит переход к цифровизированным организационным системам, в которых объединение объектов в организационное целое, обеспечивающее выполнение целей управляющего центра, осуществляется за счет использования цифровых сервисов взаимосвязи между компонентами мониторинга и структуризации данных о показателях эффективности и ресурсах, принятия управленческих решений [3]. Такие системы получили распространение в сфере услуг, которые выполняются с использованием автоматического оборудования и автоматизированных устройств [4]. При этом отмечается рост применения цифровизации в сочетании с автоматизацией [5]. С позиции потребительского интереса указанные системы в большинстве реализаций направлены на обслуживание заказов клиентов в двух средах: физической и информационной. В физической среде цифровые сервисы объединены со средствами автоматизации, в информационной – обеспечивают взаимодействие автоматизированных устройств и персонала.

Основной функционал цифровых сервисов направлен на повышение эффективности управления в организационных системах обслуживания на основе цифровых технологий [6]. Кроме непосредственного цифрового управления важную роль играет интеллектуальная поддержка принятия управленческих решений. При этом интеллектуализация управления достигается за счет интеграции оптимизационного моделирования в процесс машинного обучения зависимостей экстремальных и граничных требований от оптимизируемых переменных на основе ретроспективной информации [7]. Обычно такой подход характерен для принятия управленческих решений в текущей ситуации функционирования организационной системы. Однако его применение на стадии развития системы в литературе не рассматривается, хотя для этого есть предпосылки, связанные с использованием для машинного обучения прогностической модели временных рядов [8].

Целью статьи является разработка проблемно ориентированных моделей и алгоритмов, обеспечивающих оптимизацию развития цифровизированной организационной системы обслуживания заказов на основе прогностических моделей с предварительным формированием временных рядов для машинного обучения зависимостей показателей эффективности от ресурсов.

Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

- структуризация ретроспективных данных цифрового мониторинга в виде временных рядов для машинного обучения прогностических моделей;
- разработка проблемно ориентированных моделей и алгоритмов оптимизации управления развития системы обслуживания заказов.

Структуризация ретроспективных данных цифрового мониторинга

Совокупность показателей цифрового мониторинга отражается в структурных моделях цифровизированной организационной системы при обслуживании заказов в физической и информационной средах.

В физической среде деятельность объектов $O_i, i = \overline{1, I}$ организационной системы осуществляется автоматизированными устройствами $n = \overline{1, N_i}$ пооперационного преобразо-

Оптимизация развития цифровизированной организационной системы обслуживания заказов на основе интеграции с машинным обучением прогностических моделей

вания материальных потоков. Указанные объекты объединяются управляющим центром в сетевую структуру. В этом случае взаимодействие управляющего центра с объектами определяется связями, характеризующими:

- требования управляющего центра к показателям эффективности: доход (d);
- затраты (c);
- время простоя автоматизированных устройств ($\tau^{пр}$), влияющее на упущенный доход;
- время ожидания потребителей выполнения заказа ($\tau^{ож}$), влияющее на степень их лояльности в обращении к данной организационной системе;
- количество выполняемых заказов, или объем обслуживания (R) за время (T^0);
- топологию объединения автоматизированных устройств θ_i в объекте O_i , $i = \overline{1, I}$, влияющую на интенсивности потоков заявок потребителей;
- вариативность ценовой политики Π_m , $m = \overline{1, M}$, оказывающей влияние на лояльность потребителей.

Перечисленные характеристики отражаются в установке управляющего центра: $d^0, C^0, \hat{\tau}^{пр}, \hat{\tau}^{ож}, R^0, T^0, \Pi_m, m = \overline{1, M}$.

По результатам мониторинга деятельности объектов O_i фиксируются за временные периоды $t^0 = \overline{1, T^0}$ значения характеристик $R_i(t^0), d_i(t^0), c_i(t^0)$, интенсивностей потоков заказов и их обслуживания, надежности автоматизированных устройств:

g_{im} – средняя за период времени T^0 интенсивность потока заявок клиентов i -го объекта с учетом ценовой политики m -й категории;

μ_{in} – средняя интенсивность обслуживания n -м автоматизированным устройством i -го объекта за период времени T^0 ;

q_{in}^a – вероятность отказа n -го автоматизированного устройства i -го объекта при аварийной ситуации.

По результатам мониторинга оценивается развитие цифровизированной организационной системы с горизонтом планирования T .

Структурная модель взаимодействия управляющего центра и объектов организационной системы обслуживания заказов в физической среде приведена на Рисунке 1.

В случае отражения процесса обслуживания заказов в информационной среде управляющий центр взаимодействует с автоматизированными устройствами (неэргатическими элементами) и персоналом (эргатическими элементами), связанными с функционированием объектов O_i , $i = \overline{1, I}$. С этой целью управляющим центром устанавливаются требования по количеству обрабатываемых заявок на обслуживание (U^0); затратам (C^0); количеству невыполненных заказов (U_1^0).

Кроме того, фиксируется вероятность отказа автоматизированных устройств $q_{ni}^H(t^0)$; $n_i = \overline{1, N_i}$, $i = \overline{1, I}$; вероятность ошибки персонала $q_{mni}^Э(t^0)$; $m_{ni} = \overline{1, M_{ni}}$, $n_i = \overline{1, N_i}$, $i = \overline{1, I}$; время восстановления автоматизированных устройств после отказа $C_{ni}^H(t^0)$; $n_i = \overline{1, N_i}$, $i = \overline{1, I}$; время простоя персонала $C_{mni}^Э(t^0)$; $m_{ni} = \overline{1, M_{ni}}$, $n_i = \overline{1, N_i}$, $i = \overline{1, I}$. По результатам мониторинга оценивается развитие информационной среды с горизонтом планирования T .

На основе указанных связей и соответствующих им характеристик сформирована структурная модель взаимодействия управляющего центра с объектами информационной среды организационной системы обслуживания заказов потребителей, которая приведена на Рисунке 2.

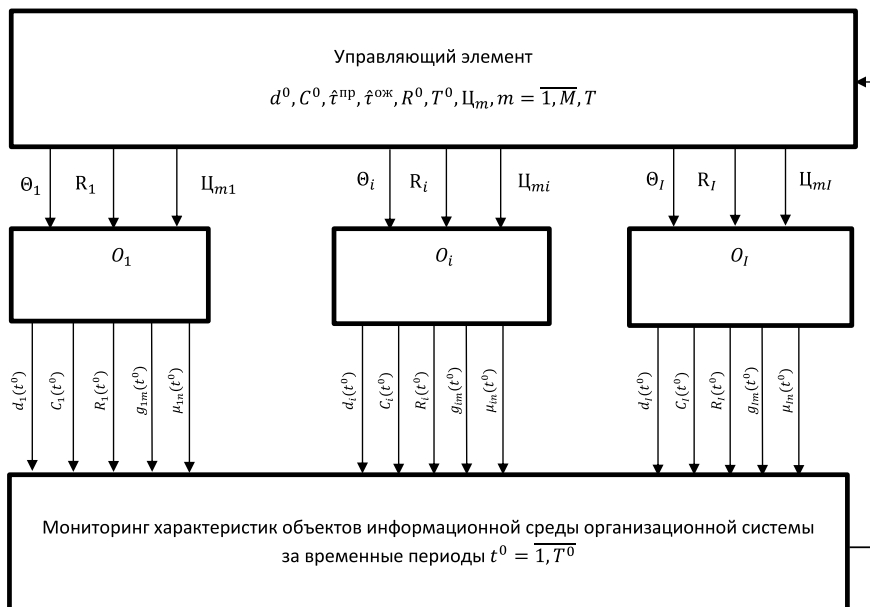


Рисунок 1. Структурная модель взаимодействия управляющего центра с объектами организационной системы обслуживания заказов в физической среде
 Источник: здесь и далее рисунки выполнены авторами

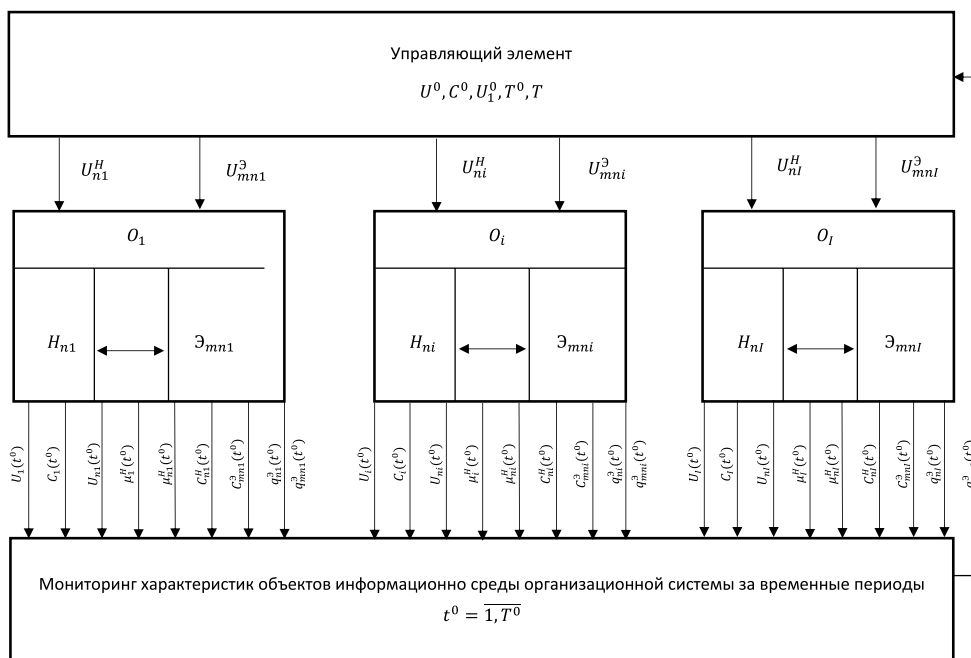


Рисунок 2. Структурная модель взаимодействия управляющего центра с объектами информационной среды организационной системы обслуживания заказов потребителей

Оптимизация развития цифровизированной организационной системы обслуживания заказов на основе интеграции с машинным обучением прогностических моделей

Для оптимизации развития цифровизированной организационной системы обслуживания заказов в физической среде [9] основную роль играют временные ряды:

- прибыли $\psi^0(t^0) = \sum_{i=1}^I [d_i(t^0) - c_i(t^0)], t_0 = \overline{1, T_0}$;
- количества заказов, определяющего уровень ресурсообеспечения системы, $R(t^0) = \sum_{i=1}^I R_i(t^0), t_0 = \overline{1, T_0}$.

В случае оптимизации развития цифровизированной организационной системы обслуживания заказов в информационной среде [10] основную роль играют временные ряды:

- производительности $\psi_1(t^0) = \frac{\sum_{i=1}^I U_i(t_0)}{t_0}, t_0 = \overline{1, T_0}$;
- число эргатических элементов (персонала), определяющего уровень ресурсного обеспечения $M(t^0) = \sum_{n=1}^N M_{ni}(t_0), t_0 = \overline{1, T_0}$;

где $M_{ni}(t_0) = \frac{\mu_{ni}^+(t^0)}{\mu_i^-}$; μ_i^+ – интенсивность обслуживания одной операции персонала i -го элемента.

Модели и алгоритмы оптимизации управления развитием системы обслуживания заказов

Процесс моделирования и алгоритмизации оптимального планирования развития цифровизированной организационной системы обслуживания заказов включает в себя следующие этапы:

- 1) установление управляющим центром на экспертном уровне точек развития по основным показателям эффективности деятельности объектов системы для временных периодов $t = \overline{1, T}$;
- 2) установление управляющим центром на экспертном уровне прироста ресурсного обеспечения на временном интервале $[T^0, T]$ и его разбиение на дискретные значения в соответствии с числом временных периодов T ;
- 3) структуризация данных на основе временных рядов, зафиксированных в процессе мониторинга за временные периоды $t^0 = \overline{1, T^0}$, для получения обучающих выборок показателей эффективности и ресурсов;
- 4) машинное обучение прогностических моделей;
- 5) оптимизационное моделирование распределения прироста ресурсного обеспечения на временном интервале $[T^0, T]$ между временными периодами $t^0 = \overline{1, T^0}$, соответствующего точкам развития по основным показателям;
- 6) принятие окончательного управленческого решения на основе результатов оптимизационного моделирования, соответствующего граничным требованиям, установленным на старте функционирования системы.

В случае процесса обслуживания заказов потребителей в физической среде основным показателем эффективности является прибыль , для которой устанавливаются точки развития за временные периоды $t = \overline{1, T}$ по следующему условию:

$$\psi^0(t+1) > \psi^0(t), t = \overline{1, T},$$

где $\psi^0(t)$ установлено управляющим центром, исходя из значения $\psi(T^0)$.

Прирост ресурсного обеспечения определяется приростом числа обслуживаемых заказов $\Delta R^0 = R^0(T) - R^0(T^0)$ и множеством дискретных значений $\Delta R^0(t) = \frac{\Delta R}{T}t, t = \overline{1, T}$, которое будем обозначать $\Delta R^0(1) \dots, \Delta R^0(T)$.

В результате мониторинга и машинного обучения получаем прогностическую модель

$$\psi(t) = f(\Delta R(t), t),$$

где $\Delta R(t) = R(t+1) - R(t)$, которое используется для постановки задачи оптимизации

$$\begin{aligned} \frac{f(\Delta R, t)}{\dots^0(t)} &\rightarrow \max, \\ \Delta R(t) &= \Delta R^0(1) \dots, \Delta R^0 \\ \sum_{t=1}^{T^1} \Delta R(t) &= \Delta R^0, \\ \Delta R(t) &\geq 0, t = \overline{1, T}. \end{aligned} \quad (1)$$

Решение задачи (1) позволяет определить оптимальное распределение ΔR^0 между временными периодами в рамках горизонта планирования $\Delta R^0(t=1), \dots, \Delta R^t(t=T)$ путем решения последовательности одномерных задач оптимизации с введением переменной $\Delta R'_t$ с нумерацией значений множества (2) $t=2, T+2$:

$$\begin{aligned} \theta_1(\Delta R'_2) &= \max_{0 \leq \Delta R(t=1) \leq \Delta R'_2} \varphi_1(\Delta R(t=1)) \\ \theta_2(\Delta R'_3) &= \max_{0 \leq \Delta R(t=2) \leq \Delta R'_3} [\varphi_2(\Delta R(t=2)) + \theta_1(\Delta R'_2 - \Delta R(t=2))], \\ \theta_T(\Delta R'_{T+1}) &= \max_{0 \leq \Delta R(t=T) \leq \Delta R'_{T+1}} [\varphi_T(\Delta R(t=T)) + \theta_{T-1}(\Delta R'_{T+1} - \Delta R(t=T))]. \end{aligned} \quad (3)$$

Для принятия управленческого решения результат оптимизации (3) $\Delta R(t)$ проверяется на выполнение граничных требований в оптимизационной модели (2). В случае их выполнения он служит основой решения управляющего центра, в противном случае эксперименты изменяют значения $\psi(T), \Delta R^0$ до получения окончательного варианта.

В случае процесса в информационной среде на основе взаимодействия эргатических и неэргатических элементов экстремальным показателем выбрана производительность Ψ_1 , для которой, как в предыдущем варианте, устанавливаются точки восходящего роста, определяющие развитие системы по указанному показателю

$$\Psi_1^0(t+1) \geq \Psi_1^0(t), t = \overline{1, T},$$

причем $\Psi_1^0(t+1) = \Psi_1(t_1 = T_1^0), \Psi_1^0(t=T) = \Psi_1^0$,

где Ψ_1^0 – уровень производительности, который установлен управляющим центром в конечной точке $t=T$.

Изменение ресурсного обеспечения определяется приростом общего числа обслуживаемого персонала в системе

Оптимизация развития цифровизированной организационной системы обслуживания заказов на основе интеграции с машинным обучением прогностических моделей

$$M = \sum_{i=1}^I \sum_{ni=1}^{Ni} M_{ni},$$

$$\Delta M = M(T) - M(T^0).$$

Машинное обучение по ретроспективным данным цифрового мониторинга за временные периоды $t^0 = 1, T^0$ позволяет получить прогностическую модель

$$\psi_1(t) = f_1(\Delta M(t), t).$$

Так же, как и в предыдущем случае, формируется множество дискретных значений прироста ресурса для каждого временного периода

$$\Delta M^0(t) = \frac{\Delta M}{T} t, t = \overline{1, T},$$

и ряд дискретных значений

$$\{\Delta M(1), \dots, \Delta M(t), \dots, \Delta M(T)\}.$$

Переходя к относительной величине производительности и учитывая балансовое ограничение, получаем следующую оптимизационную модель:

$$\varphi'_t(\Delta M(t)) = \frac{f_1(\Delta M(t), t)}{\pi_1^0} \rightarrow \Delta M(t) = \begin{matrix} \text{max,} \\ \{\Delta M^0(1), \dots, \Delta M^0(t), \dots, \Delta M^0(T)\} \end{matrix}$$

$$\sum_{t=1}^T \Delta M(t) = \Delta M, \Delta M(t) \geq 0, t = \overline{1, T}. \quad (4)$$

Для получения решения (4) переходим к решению последовательности одномерных задач оптимизации с введением переменной $\Delta M'_t$ с нумерацией значений множества (5) $t = 2, T + 1$:

$$\theta'_1(\Delta M'_2) = \begin{matrix} \text{max} \\ 0 \leq \Delta M(t=1) \leq \Delta M_2' \end{matrix} \varphi'_1(\Delta M(t=1)),$$

$$\theta'_2(\Delta M'_3) = \begin{matrix} \text{max} \\ 0 \leq \Delta M(t=2) \leq \Delta M_3' \end{matrix} \left[\varphi'_2(\Delta M(t=2)) + \theta'_1(\Delta M'_3 - \Delta M(t=2)) \right], \quad (6)$$

$$\theta'_T(\Delta M'_{T+1}) = \begin{matrix} \text{max} \\ 0 \leq \Delta M(t=T) \leq \Delta M_{T+1}' \end{matrix} \left[\varphi'_T(\Delta M(t=T)) + \theta'_{T-1}(\Delta M'_{T+1} - \Delta M(t=T)) \right].$$

Поскольку элементами ряда дискретных данных значений (5) могут быть нецелочисленные величины, то оптимальные значения $\Delta M^*(t)$ на основе (6) также оказываются нецелочисленными, и требуется их округление до целого числа $\Delta M_1^*(t)$ необходима проверка балансового условия

$$\sum_{t=1}^T \Delta M_1^*(t) = \Delta M. \quad (7)$$

Если условие (7) выполняется, то значения $\Delta M_1^*(t), t = \overline{1, T}$ принимаются в качестве управленческого решения. В противном случае на экспертном уровне подбирают другой вариант целочисленных значений $\Delta M_2^*(t)$, наиболее приближенный к $\Delta M_1^*(t)$ до выполнения условия (7).

Структурная схема процедуры принятия решения управленческого решения по развитию цифровизированной системы обслуживания заказов в физической и информационной среде приведена на Рисунке 3.



Рисунок 3. Структурная схема процедуры принятия управленческого решения по развитию цифровизированной системы обслуживания заказов в физической и информационной средах

Оптимизация развития цифровизированной организационной системы обслуживания заказов на основе интеграции с машинным обучением прогностических моделей

Заключение

Для определения набора ретроспективных данных, необходимых для прогнозирования привлечения ресурсного обеспечения на стадии развития цифровизированной организационной системы по основному показателю эффективности процесса обслуживания заказов потребителей, следует использовать структурные модели количественных характеристик связей между компонентами с учетом возможностей цифрового мониторинга как в физической, так и в информационной среде.

Формирование прогностических моделей восходящего тренда основного показателя эффективности в зависимости от роста ресурса развития целесообразно осуществить на основе машинного обучения с использованием временных рядов ретроспективной информации.

С целью организации интеллектуальной поддержки решений управляющего центра цифровизированной организационной системы обслуживания заказов эффективным подходом является интеграция оптимизационного моделирования и машинного обучения прогностических моделей зависимостей экстремальных требований от оптимизированных переменных, структурированных в виде ряда дискретных значений.

Оптимизационная задача распределения интегрального ресурсного обеспечения, установленного на развитие системы обслуживания заказов в физической и информационной среде, связана с временными периодами в рамках горизонта планирования, что с учетом балансового ограничения делает ее многомерной и требует перехода к решению последовательности одномерных задач, на основе которого принимается окончательное управленческое решение.

Литература

1. Вайл П., Ворнер С. Цифровая трансформация бизнеса: изменение бизнес-модели для организации нового поколения / Пер. с англ. И. Окуньковой. Москва : Альпина Паблишер, 2019. 254 с. ISBN 978-5-9614-2184-2.
2. Шеффер Э. Индустрия Х.О. преимущества цифровых технологий для производства / Пер. с англ. К. Ахметова. Москва : Точка, 2019. 320 с. ISBN 978-5-6041396-8-4.
3. Рындин Н.А., Скворцов Ю.С., Тишуков Б.Н. Цифровизация управления в организационных системах агропромышленных предприятий. Воронеж : Научная книга, 2022. 148 с. ISBN 978-5-4446-1673-4. EDN HJJZZO.
4. Шайдаков И.Е. Автоматизация процессов и внедрение дистанционного обслуживания клиентов – ключевые тенденции развития сферы услуг // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2016. № 5(101). С. 169–172. EDN WLXAFX.
5. Котляров И.Д. Автоматизация и самообслуживание в сфере услуг: попытка анализа // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2016. № 4. С. 32–36. EDN WFGTRF.
6. Корчагин С.Г., Рындин А.А., Рындин Н.А. Управление в организационных системах на основе цифровых технологий. Воронеж : Научная книга, 2025. 248 с. ISBN 978-5-907328-38-9. EDN QUACJS.
7. Донской В.И. Интеллектуальная оптимизация на основе машинного обучения: современное состояние и перспектива (обзор) // Таврический вестник информатики и математики. 2020. № 1. С. 32–63. DOI: 10.37279/1729-3901-2020-19-1-32-63. EDN UEIIPW.
8. Крючин О.В., Козадаев А.С., Дудаков В.П. Прогнозирование временных рядов с помощью искусственных нейронных сетей и регрессивных моделей на примере прогнозирования котировок валютных пар // Исследовано в России : электронный научный журнал. 2010. № 30. С. 354–362. URL:

<https://masters.donntu.ru/2012/fknt/dorosh/library/article4.pdf?ysclid=mmpdzcc628959424711>
(дата обращения: 12.01.2026).

9. Бакулин А.Ю., Львович Я.Е. Анализ и оптимизация эффективности функционирования организационной системы с автоматизированными устройствами обслуживания на основе имитационного моделирования // Моделирование, оптимизация и информационных технологии. 2024. Т. 12. № 2(45). DOI: 10.26102/2310-6018/2024.45.2.030. EDN HVVYGF.

10. Бакулин А.Ю., Львович Я.Е., Преображенский Ю.П., Букреев А.Д. Оптимизационное моделирование процесса управления персоналом с автоматизированными устройствами в информационной системе выполнения заказов потребителей // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2025. Т. 13. № 2(49). DOI: 10.26102/2310-6018/2025.49.2.003. EDN LDHGIN.

References

1. Weill P., Woerner S. (2018) *What's your digital business model?* Boston, Massachusetts : Harvard Business Review Press. 256 p. ISBN 1633692701. (Russian edition: transl. by I. Okun'kova, Moscow : Alpina Publisher, 2019. 320 p.).
2. Schaeffer E. (2017) *Industry X.0 – Realising Digital Value in Industrial Sector*. Kogan Page Publishers. 192 p. ISBN 0749481498. (Russian edition: transl. by K. Akhmetov. Moscow : Tochka Publ., 2019. 320 p.).
3. Ryndin N.A., Skvortsov Yu.S., Tishukov B.N. (2022) Digitalization of Management in Organizational Systems of Agro-Industrial Enterprises. Voronezh : Nauchnaya Kniga Publ. 148 p. ISBN 978-5-4446-1673-4. (In Russian).
4. Shaidakov I.E. (2016) Automation of Processes and Introduction of Remote Customer Service – Key Trends of the Service Companies' Development. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* [Bulletin of the St. Petersburg State University of Economics]. No. 5(101). Pp. 169–172. (In Russian).
5. Kotlyarov I.D. (2016) Automation and Self-Service in the Field of Services: An Attempt of Analysis. *Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Economics and Law*. No. 4. Pp. 32–36. (In Russian).
6. Korchagin S.G., Ryndin A.A., Ryndin N.A. (2025) *Upravlenie v organizatsionnykh sistemakh na osnove tsifrovoykh tekhnologii* [Management in Organizational Systems Based on Digital Technologies]. Voronezh : Nauchnaya Kniga Publ. 248 p. ISBN 978-5-907328-38-9. (In Russian).
7. Donskoy V.I. (2020) Intelligent Optimization Based on Machine Learning: State of Art and Prospects (A Survey). *Taurida Journal of Computer Science Theory and Mathematics*. No. 1. Pp. 32–63. DOI: 10.37279/1729-3901-2020-19-1-32-63. (In Russian).
8. Kryuchin O.V., Kozadaev A.S., Dudakov V.P. (2010) Forecasting Time Series Using Artificial Neural Networks and Regression Models: The Example of Forecasting Currency Pair Quotes. *Investigated in Russia : Electronic Scientific Journal*. No. 30. Pp. 354–362. URL: <https://masters.donntu.ru/2012/fknt/dorosh/library/article4.pdf?ysclid=mmpdzcc628959424711> (accessed 12.01.2026). (In Russian).
9. Bakulin A.Yu., Lvovich Ya.E. (2024) Analysis and optimization of the efficiency of an organizational system with automated service devices based on simulation modeling. *Modeling, optimization and information technology*. Vol. 12. No. 2(45). DOI: 10.26102/2310-6018/2024.45.2.030 (In Russian).
10. Bakulin A.Yu., Lvovich Ya.E., Preobrazhenskiy Yu.P., Bukreev A.D. (2025) Optimization modeling of the personnel management process with automated devices in the information system for fulfilling consumer orders. *Modeling, optimization and information technology*. Vol. 13. No. 2(49). DOI: 10.26102/2310-6018/2025.49.2.003. (In Russian).

Поступила в редакцию: 04.02.2026

Поступила после рецензирования: 02.03.2026

Принята к публикации: 14.03.2026

Received: 04.02.2026

Revised: 02.03.2026

Accepted: 14.03.2026