ISSN 2658-5014 (Print) СИИТ ISSN 2686-7044 (Online)
http://siit.ugatu.su 2026. Т. 8, № 5(29)
СИСТЕМНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
Научная статья

УДК 004.942:658.5 DOI: 10.54708/SIIT-2026-no5-p153 EDN: EKQOMQ

Алгоритм интеллектуализации поддержки принятия решений при управлении мультиорганизационными системами

А. Ю. Бакулин • П. Ю. Гусев

Воронежский институт высоких технологий

Рассматривается класс мультиорганизационных систем – организационных систем с единым управляющим центром, в которых агрегация в организационное целое выполняется по нескольким группам компонентов, однородных внутри группы и различающихся по природе и механизму объединения. Введено понятие средств агрегации варьируемых структурных компонентов и предложена их классификация по информационному, техническому и модельно-алгоритмическому уровням. Разработан алгоритм интеллектуализации поддержки принятия решений, объединяющий имитационное моделирование системы массового обслуживания, многоальтернативную и параметрическую оптимизацию, прогностическое моделирование по данным цифрового мониторинга и коллективное экспертное оценивание в единый цикл с контуром адаптации. Алгоритм реализован в программном комплексе управления сборкой заказов трех маркетплейсов. По данным двухлетней эксплуатации получены согласованные решения о числе каналов обслуживания, соотношении персонала и устройств и сроке ввода дополнительного ресурса; время обработки суточного объема заказов сократилось с 16,5 до 1,46 ч, доля ошибочных комплектаций – с 2,3 до менее 0,1 %.

Мультиорганизационная система; средства агрегации; варьируемые структурные компоненты; интеллектуализация принятия решений; система массового обслуживания; имитационное моделирование; многоальтернативная оптимизация

Введение

Цифровые платформы агрегации заказов изменили условия работы организаций, выполняющих заказы потребителей. Входной поток формируется несколькими независимыми платформами, каждая из которых устанавливает собственные регламенты исполнения, временные окна передачи заказов в логистику и санкции. Управляющий центр (УЦ) организации не может изменить эти регламенты, но обязан выполнять их одновременно. Заказы обслуживаются совместно персоналом и автоматизированными устройствами, т. е. в человеко-машинной среде [Губ82], а число каналов обслуживания, устройств и исполнителей определяется, как правило, экспертно: аналитические зависимости показателей эффективности от структуры для подобных систем установить затруднительно, и последствия решения обнаруживаются только при эксплуатации.

Теория управления организационными системами описывает двухуровневые структуры «УЦ – элементы» [Бур99] и многоуровневые иерархии [Нов99], полагая элементы однородными. Объединение нескольких организаций рассматривается как межорганизационные информационные системы [Шер06], не имеющие единого центра; в мультиагентной парадигме введены многоорганизационные системы агентов [Hor04], в системной инженерии – системы систем с независимыми составляющими. В моделях товаропроводящих и логистических систем [Вал24, Вал26], при дискретно-событийном моделировании организационных

Бакулин А. Ю., Гусев П. Ю. Алгоритм интеллектуализации поддержки принятия решений при управлении мультиорганизационными системами // СИИТ. 2026. Т. 8, № 5(29). С. 153-161. DOI: 10.54708/SIIT-2026-no5-p153. EDN: EKQOMQ.

Bakulin A. Yu., Gusev P. Yu. “Algorithm for intelligent decision support in the management of multi-organizational systems” // SIIT. 2026. Vol. 8, no. 5(29), pp. 153-161. DOI: 10.54708/SIIT-2026-no5-p153. EDN: EKQOMQ. (In Russian).

процессов как систем массового обслуживания [Фал26] и в интеллектуальных контурах внутрифирменного планирования [Адш26] компоненты также однородны по природе.

Для выбора структуры при отсутствии аналитических зависимостей разработаны методы многоальтернативной оптимизации и адаптивного поиска [Льв06, Льв16, Кап76]. Ранее построены структурные модели [Бак25б], модели имитации и оптимизации [Бак24, Бак25а] и модель планирования развития [Гус26] организационной системы обслуживания заказов. Не определены, однако, порядок их совместного применения, данные, передаваемые от одной модели к другой, место экспертного решения и программная реализация такого цикла.

Цель работы – разработать алгоритм интеллектуализации поддержки принятия решений при управлении мультиорганизационной системой, объединяющий указанные модели в единый цикл, реализовать его в программном комплексе и оценить результаты на данных эксплуатации. Для этого уточняются понятия мультиорганизационной системы и средств агрегации, определяются этапы алгоритма и точки участия экспертов, описывается программная реализация и приводятся результаты применения.

Материалы и методы

Мультиорганизационная система и средства агрегации

Определение 1. Мультиорганизационная система (МОС) – организационная система с единым УЦ, в которой агрегация в организационное целое осуществляется по нескольким группам компонентов, однородных внутри группы и различающихся между группами по природе и механизму объединения; состав и число компонентов каждой группы являются варьируемыми и определяются управленческим решением.

Каждая группа вместе с присущим ей механизмом агрегации образует отдельную организационную структуру, а МОС – объединение таких структур единым УЦ. От моноструктурной организационной системы МОС отличается числом агрегируемых структур, от многоуровневой – их объединением одним центром, а не по вертикали иерархии, от межорганизационной системы и системы систем – наличием единого центра. Варьируемыми структурными компонентами называются элементы МОС, состав и число которых УЦ вправе изменять; в отличие от параметров процесса их изменение меняет структуру системы.

Платформы-агрегаторы не подчинены УЦ и потому образуют внешнюю среду, задающую поток заявок и граничные требования (временные окна, санкции, формат заказа). Компонентом МОС является канал приема заявок платформы – принадлежащий организации программный адаптер. Структура МОС показана на рис. 1.

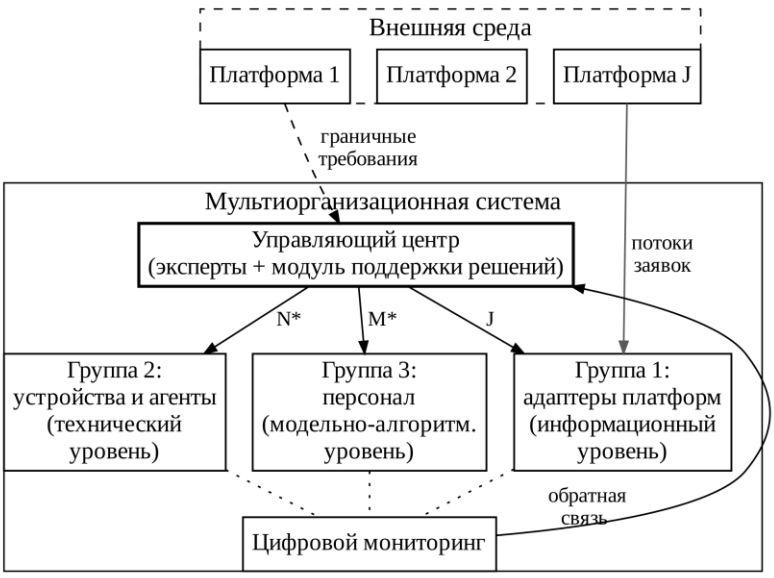


Рис. 1. Структура мультиорганизационной системы и ее связь с внешней средой

Определение 2. Средства агрегации варьируемых структурных компонентов – совокупность программно-алгоритмических механизмов, приводящих разнородные компоненты к единому представлению в контуре УЦ, вследствие чего состав и число компонентов становятся варьируемыми параметрами моделей управления, а не константами их постановки. Уровни средств агрегации приведены в табл. 1.

Таблица 1

Уровни средств агрегации

Уровень	Реализация	Что становится варьируемым
Информационный	Адаптеры API платформ, транслирующие заказ во внутренний формат заявки.	Число и состав платформ *J*.
Технический	Программные агенты устройств, подключаемые к УЦ через обратный туннель.	Число неэргатических элементов *N*.
Модельно-алгоритмический	Альтернативные и непрерывные оптимизируемые переменные, алгоритм интеллектуализации.	Совместный состав эргатических и неэргатических элементов.

Под интеллектуализацией поддержки принятия решений понимается встраивание в экспертный механизм решений УЦ модулей, которые по данным цифрового мониторинга формируют и сужают множество допустимых вариантов с помощью имитационных, оптимизационных и прогностических моделей, оставляя эксперту окончательный выбор. Ее признаки – оценивание прогностических моделей на данных мониторинга, адаптивная настройка поисковых процедур по результатам имитации и замкнутый цикл обновления решений; применение методов искусственного интеллекта при этом не обязательно.

Модели, объединяемые алгоритмом

Процесс обслуживания формализуется как система массового обслуживания (СМО) с входным потоком $\lambda = \Sigma\lambda_j$, образованным суперпозицией потоков J платформ. Канал обслуживания – связка «сборщик–сканер–принтер», дисциплина – в порядке поступления с ожиданием. Обслуживание – физическая операция с ненулевой минимальной длительностью, поэтому его время описывается логнормальным законом, и система относится к классу M/G/n. Для M/G/n при $n > 1$ точного аналитического решения нет, и показатели эффективности вычисляются имитационным моделированием по алгоритму

$$\begin{aligned} t_k^{\text{пост}} &= t_{k-1}^{\text{пост}} - \frac{1}{\lambda}\ln\xi_k, \quad t_k^{\text{нач}} = \max\left(t_k^{\text{пост}},\ \min_i t_i^{\text{осв}}\right), \\ t_{i^*}^{\text{осв}} &= t_k^{\text{нач}} + \tau_k, \end{aligned} \tag{1}$$

где ξ_k – случайное число, равномерно распределенное на (0, 1); i^* – канал с минимальным временем освобождения; τ_k – время обслуживания со средним $1/\mu$; время ожидания заявки $w_k = t_k^{\text{нач}} - t_k^{\text{пост}}$.

Модель выбора структуры [Бак24] кодирует варьируемые компоненты топологии альтернативными переменными $x_{ni} \in \{0, 1\}$ (вводится ли параллельный канал для n-го элемента i-го объекта) и $y_i \in \{0, 1\}$ (дублируется ли объект):

$$\begin{aligned} &\textstyle\sum_{i=1}^{I}[d_i(x,y) - c_i(x,y)] \to \max_{x,y}, \\ &\textstyle\sum_{i=1}^{I}\tau_i^{\text{пр}}(x,y) \le \hat{\tau}^{\text{пр}}, \quad \tau_i^{\text{ож}}(x,y) \le \hat{\tau}^{\text{ож}}, \quad i = \overline{1,I}, \end{aligned} \tag{2}$$

где d_i, c_i – доход и затраты, $\tau^{\text{пр}}$, $\tau^{\text{ож}}$ – время простоя и ожидания, вычисляемые по модели (1). При перечислимом множестве конфигураций выбор описывается группой переменных x_j с условием $\Sigma x_j = 1$.

Модель соотношения эргатических и неэргатических элементов [Бак25а] оперирует суммарными интенсивностями печати $\mu^{\text{Н}} = N\mu^{\text{Н}}{}_1$ и сборки $\mu^{\text{Э}} = M\mu^{\text{Э}}{}_1$:

$$\Psi_1(\mu^{\text{Н}}, \mu^{\text{Э}}) \to \max, \quad \Psi_2 \le C^0, \quad \Psi_3 \le \Psi_3^0, \quad \Psi_1 \le \Lambda,$$
$$\mu^{\text{Н}} \in [\mu^{\text{Н}}_{\min}, \mu^{\text{Н}}_{\max}], \quad \mu^{\text{Э}} \in [\mu^{\text{Э}}_{\min}, \mu^{\text{Э}}_{\max}], \tag{3}$$

где Ψ_1, Ψ_2, Ψ_3 – производительность, затраты и доля невыполненных заказов; Λ – требуемая производительность расчетного режима. Ограничение $\Psi_1 \le \Lambda$ дополняет постановку [Бак25а]: без него при нагрузке ниже пропускной способности максимизация производительности приводит к избыточному ресурсу.

На стадии развития прирост ресурса ΔM распределяется между периодами $t = 1, \ldots, T$ горизонта планирования [Гус26]:

$$\sum_{t=1}^{T} \frac{f(\Delta M(t), t)}{\psi^0(t)} \to \max, \quad \sum_{t=1}^{T} \Delta M(t) = \Delta M, \quad \Delta M(t) \ge 0, \tag{4}$$

где f – прогностическая модель, построенная по временным рядам мониторинга; $\psi^0(t)$ – точки развития, заданные УЦ.

Алгоритм интеллектуализации

Модели (2)–(4) решают разные задачи и используют разные типы переменных. Алгоритм объединяет их в последовательный цикл, в котором выход каждого этапа служит входом следующего (рис. 2; пунктиром показано обращение к имитационной модели, А – соединитель).

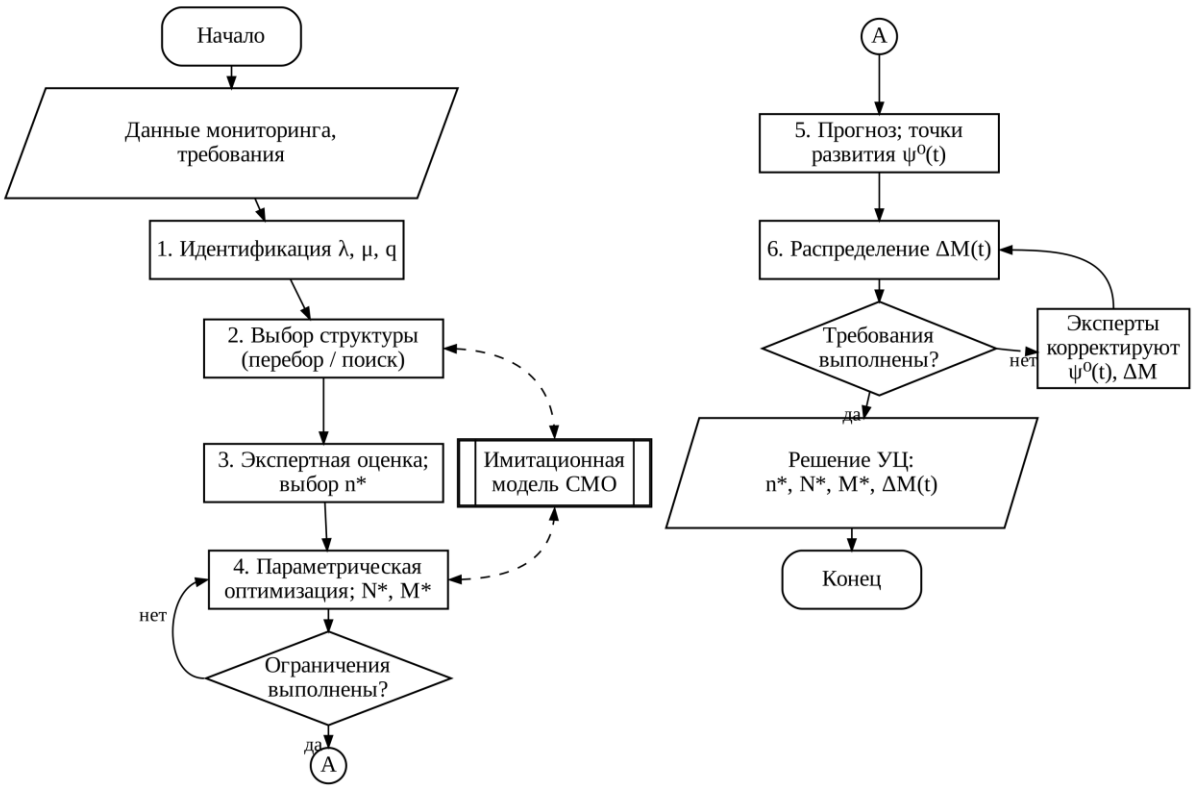


Рис. 2. Схема алгоритма интеллектуализации поддержки принятия решений

Этап 1 – идентификация по журналам мониторинга интенсивностей λ_j, μ, вероятностей сбоев q и затрат; результат – параметры модели (1). Этап 2 – выбор структуры по модели (2): при малой размерности варианты перебираются с расчетом показателей по модели (1), при большой применяется направленный рандомизированный поиск [Льв06, Кап76]. Переменные разыгрываются с вероятностями P_j, которые настраиваются по вариации эквивалентной функции $\varphi = \psi + \Sigma\alpha_l(b_l - f_l)$, вычисленной при $x_j = 1$ и $x_j = 0$ при одинаковых случайных значениях остальных переменных:

$$P_j^{k+1} = P_j^k + \kappa_k \frac{\Delta\varphi_j^k}{\max\limits_j \left|\Delta\varphi_j^k\right|},$$
$$\alpha_l^{k+1} = \max\left\{0,\ \alpha_l^k - \beta_k \left(b_l - f_l\left(x^k\right)\right)\right\}, \quad (5)$$

где κ_k, β_k – шаги; $\Delta\varphi_j$ – вариация функции по j-й переменной. Результат этапа – множество доминирующих вариантов.

Этап 3 – экспертный выбор. Множество доминирующих вариантов не определяет соотношения затрат и времени обслуживания; его задает экспертная группа УЦ весом α в свертке нормированных показателей затрат и времени с весами α и 1 – α. Для каждого варианта вычисляется интервал значений α, на котором он оптимален, и эксперты указывают не точный вес, а интервал приоритетов, что снижает требования к согласованности оценок [Лит96]. Этап 4 – решение задачи (3) для расчетного режима, заданного прогнозом, адаптивным алгоритмом Кифера–Вольфовица с коррекцией коэффициентов эквивалентной функции; интенсивности переводятся в целые N^*, M^* и проверяются повторной имитацией. Этапы 5 и 6 – построение прогностической модели нагрузки с сезонной составляющей, задание точек развития и решение задачи (4) рекуррентной схемой динамического программирования; при равенстве значений критерия выбирается наиболее поздний ввод ресурса. Если требования на горизонте T не выполняются, эксперты корректируют $\psi^0(t)$ или ΔM.

После исполнения решения новые данные мониторинга возвращаются на этап 1, образуя контур адаптации. Имитационная модель служит вычислительным ядром этапов 2 и 4, прогноз задает расчетный режим этапа 4 и требования будущих периодов, а эксперт участвует в трех точках: выбор приоритетов, задание точек развития и корректировка при невыполнении требований.

Программная реализация

Алгоритм реализован в программном комплексе управления сборкой заказов, введенном в эксплуатацию в организации, которая работает с тремя маркетплейсами ($J = 3$) по моделям FBS и FBO. Состав компонентов и их размещение показаны на рис. 3.

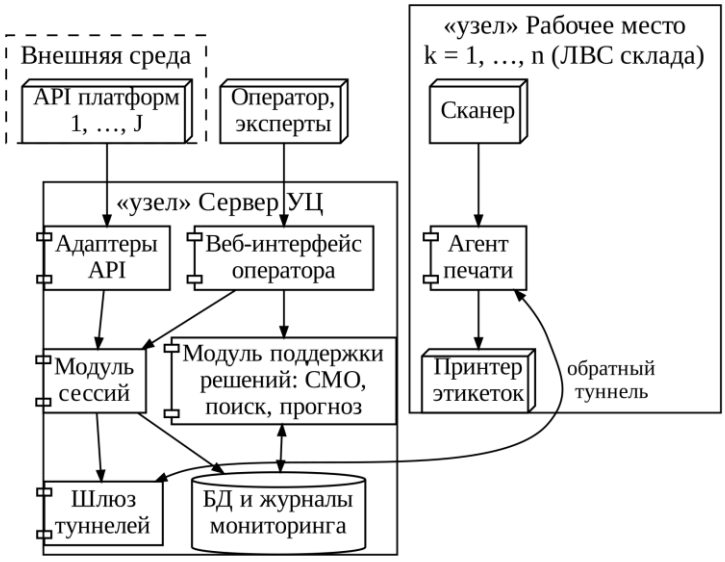


Рис. 3. Диаграмма компонентов и развертывания программного комплекса

Сервер УЦ включает адаптеры API платформ (информационный уровень агрегации), модуль формирования и изоляции сессий сборки, обеспечивающий параллельную работу каналов без пересечения заказов, базу данных с журналами мониторинга, модуль поддержки решений, реализующий модель (1), процедуры этапов 2, 4, 6 и прогноз, и веб-интерфейс оператора и экспертов. На каждом рабочем месте работает программный агент печати, связанный

со сканером и принтером. Агент находится в локальной сети склада за NAT и сам инициирует обратный туннель к серверу (технический уровень), поэтому новое рабочее место включается в структуру без изменения сети объекта и кода УЦ: число каналов становится управляемым параметром, значение которого определяет алгоритм. Этикетка печатается только после подтверждения состава заказа сканированием, т. е. эргатический и неэргатический элементы канала связаны одним событием. Журналы агентов и транзакционная база автоматически дают данные для этапа 1.

Результаты

Идентификация и имитационное моделирование

Использованы данные 24 месяцев эксплуатации (апрель 2023 – март 2025 г.). Расчетный суточный объем – 2100 заказов в трех сессиях по 700, что при рабочем дне 480 мин дает $\lambda \approx 4{,}4$ зак./мин. Поток принят пуассоновским по свойствам оформления заказов независимыми покупателями; статистическая проверка этого допущения по меткам времени платформ – направление дальнейшей работы, а основные результаты получены в пакетном режиме поступления и от него не зависят. По хронометражу цикл «подбор – сканирование – печать – укладка» занимает в среднем 7,5 с ($\mu = 8{,}0$ зак./мин); время обслуживания моделировалось логнормальным законом с коэффициентом вариации 0,5. До внедрения сессия из 700 заказов выполнялась за 5,5 ч ($\mu \approx 2{,}12$ зак./мин), а три сессии – последовательно. Время обработки суточного объема при норме смены 8 ч для четырех сценариев нагрузки приведено в табл. 2 (среднее по 30 прогонам, стандартное отклонение не более 0,07 ч).

Таблица 2

Время обработки суточного объема заказов, ч

Сценарий, зак./сут	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$	$n = 6$	$n = 8$
С1, 2100	1,48	1,11	0,90	0,75	0,57
С2, 4200	2,95	2,22	1,79	1,49	1,13
С3, 10 500	7,35	5,52	4,43	3,70	2,79
С4, 21 000	14,64	11,00	8,83	7,38	5,55

Конфигурация $n = 3$ выдерживает норму до сценария С3 без резерва, для С4 требуется $n \geq 6$. При снижении производительности на 10 и 20 % время для С3 возрастает до 8,16 и 9,18 ч, поэтому порог перехода к следующей конфигурации следует планировать по нижней границе производительности. В режиме пуассоновского поступления среднее ожидание в очереди при $n = 3$ составило 0,018 мин при загрузке $\rho = 0{,}55$ и 0,26 мин при $\rho = 0{,}92$, т. е. возросло в 14 раз.

Выбор конфигурации, соотношение элементов и план развития

Стоимость канала – 2565 руб. за смену (оплата сборщика и содержание принтера). В сценарии С1 все конфигурации $n = 3\ldots8$ допустимы, и выбор определяется приоритетом. Расчет интервалов оптимальности дал: $n = 3$ при $\alpha \geq 0{,}72$; $n = 4$ при $0{,}60 \leq \alpha < 0{,}72$; $n = 5$ при $0{,}51 \leq \alpha < 0{,}60$; $n = 6$ при $0{,}39 \leq \alpha < 0{,}51$; $n = 8$ при $0{,}28 \leq \alpha < 0{,}39$. Экспертная группа (руководитель склада, оператор системы, экономист) с учетом пятикратного запаса времени относительно нормы отдала приоритет затратам ($\alpha \geq 0{,}72$), т. е. $n^* = 3$.

Прогностическая модель построена по 18 штатным месяцам: $\hat{y}_t = 1265{,}5 \cdot e^{0{,}0193t}$ ($R^2 = 0{,}814$; MAPE = 4,6 %), сезонные коэффициенты ноября и декабря – 2,47 и 3,35. Пик декабря 2026 г. оценивается в 10 090 зак./сут (88 % емкости конфигурации $n = 3$, равной 11 520 зак./сут; 97 % при производительности на 10 % ниже номинала), пик декабря 2027 г. – в 12 710 зак./сут (110 %). Этот прогноз задает расчетный режим этапа 4: $\Lambda \approx 26{,}5$ зак./мин. Решение задачи (3) при $\mu^{Н}_1 = 14$ эт./мин, $\mu^{Э}_1 = 8$ зак./мин, бюджете 12 000 руб./смена

и Ψ_3^0 = 0,025 дало N^* = 3, M^* = 4: емкость 32 зак./мин покрывает пик, затраты – 10 195 руб./смена, доля невыполненных заказов – 0,020; узким местом канала является эргатический элемент.

Задача (4) для прироста $\Delta M = 1$ на кварталы 2027 г. с точками развития 3190, 3380, 3580 и 12 710 зак./сут дала распределение (0, 0, 0, 1): дополнительный сборщик вводится к IV кварталу. Таким образом, алгоритм дал согласованное решение: в штатном режиме – три канала по критерию затрат, в пиковом – четыре сборщика при трех принтерах с вводом ресурса к сезонному пику.

Результаты внедрения

Сокращение времени обработки суточного объема в 11,3 раза (табл. 3) складывается из двух составляющих, и обе обеспечены средствами агрегации. Переход к параллельным сессиям (кратность 3) стал возможен благодаря изоляции сессий и привязке агентов к рабочим местам (технический уровень) и единому формату заказов трех платформ (информационный уровень). Рост интенсивности в канале в 3,8 раза дала печать этикетки по событию подтверждения заказа, устранившая рассогласование сборщика и принтера; это же событие объясняет снижение доли ошибок. Без роста μ распараллеливание дало бы загрузку трех каналов 0,69 и время сессии 5,5 ч, после внедрения ρ = 0,18. Экономический эффект составил около 1,88 млн руб. в год при затратах на внедрение 630 тыс. руб. (срок окупаемости – около 4 мес.). Расчетное время сессии в штатные месяцы (1,10–1,46 ч при 530–695 заказах) совпадает с фактическим (1,1–1,45 ч); для пиковой сессии из 2253 заказов имитация дала 4,68 ч при фактических 4,5–4,9 ч, расхождение – не более 5 %.

Таблица 3

Показатели до и после внедрения

Показатель	До внедрения	После внедрения
Интенсивность обслуживания в канале, зак./мин	2,12	8,0
Выполнение трех сессий	последовательно	параллельно
Время обработки суточного объема, ч	16,5	1,46
Доля ошибочных комплектаций, %	2,3	менее 0,1
Штрафы платформ, тыс. руб./мес.	50–90	0

Заключение

Цель работы достигнута. Уточнено понятие мультиорганизационной системы как организационной системы с единым УЦ, агрегирующей несколько групп разнородных по природе компонентов; платформы-агрегаторы отнесены к внешней среде, задающей граничные требования. Введено понятие средств агрегации варьируемых структурных компонентов с классификацией по информационному, техническому и модельно-алгоритмическому уровням.

Разработан алгоритм интеллектуализации, объединяющий имитационное моделирование СМО, многоальтернативную и параметрическую оптимизацию, прогностическое моделирование и коллективное экспертное оценивание в цикл с определенной последовательностью этапов, передаваемыми данными, точками участия экспертов и контуром адаптации. Алгоритм реализован в программном комплексе, где механизм встраивания агентов и адаптеры платформ делают число каналов и элементов управляемым параметром без изменения УЦ. На данных двухлетней эксплуатации получены согласованные решения по числу каналов, соотношению элементов и сроку ввода ресурса; расхождение моделирования с фактом не превысило 5 %.

Дальнейшие исследования связаны со статистической проверкой закона входного потока по меткам времени платформ, учетом нестационарности потока в течение дня и приоритетов заказов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

[Адш26] Адышкин С. С., Пальчевский Е. В. Интеллектуальная архитектура контура внутрифирменного планирования промышленного предприятия: системный анализ и формализация задачи // СИИТ. 2026. Т. 8, № 2(26). С. 3–19. CPWXAA.

Adyshkin S. S., Palchevsky E. V. “Intelligent architecture of the internal planning circuit of an industrial enterprise: system analysis and formalization of the problem” // SIIT. 2026. Vol. 8, no. 2(26), pp. 3–19. CPWXAA. (In Russian).

[Бак24] Бакулин А. Ю., Львович Я. Е. Анализ и оптимизация эффективности функционирования организационной системы с автоматизированными устройствами обслуживания на основе имитационного моделирования // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2024. Т. 12, № 2. HVVYGF.

Bakulin A. Yu., Lvovich Ya. E. “Analysis and optimization of the efficiency of an organizational system with automated service devices based on simulation modeling” // Modeling, Optimization and Information Technology. 2024. Vol. 12, no. 2. HVVYGF. (In Russian).

[Бак25а] 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. LDHGIN.

Bakulin A. Yu., Lvovich Ya. E., Preobrazhensky Yu. P., Bukreev A. D. “Optimization modeling of personnel management with automated devices in an information system for fulfilling customer orders” // Modeling, Optimization and Information Technology. 2025. Vol. 13, no. 2. LDHGIN. (In Russian).

[Бак25б] Бакулин А. Ю. Структуризация цифровизированной организационной системы обслуживания заказов потребителей и процесса управления // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2025. Т. 13, № 4. SGPTRF.

Bakulin A. Yu. “Structuring of a digitalized organizational system of customer order service and of the management process” // Modeling, Optimization and Information Technology. 2025. Vol. 13, no. 4. SGPTRF. (In Russian).

[Бур99] Бурков В. Н., Новиков Д. А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: СИНТЕГ, 1999. 128 с. PFGVRF.

Burkov V. N., Novikov D. A. Theory of Active Systems: State and Prospects. Moscow: SINTEG, 1999. PFGVRF. (In Russian).

[Вал24] Валеев Р. С., Юсупов А. Р., Кашаев Ш. З., Валеева А. Ф. Об одной задаче обеспечения эффективного товарооборота дистрибьютерной компании // СИИТ. 2024. Т. 6, № 4(19). С. 38–50. KSRBGK.

Valeev R. S., Yusupov A. R., Kashaev Sh. Z., Valeeva A. F. “On the problem of the effective trade turnover supporting of a distribution company” // SIIT. 2024. Vol. 6, no. 4(19), pp. 38–50. KSRBGK. (In Russian).

[Вал26] Валеев Р. С., Зайнуллин С. С., Хамитов А. И., Федоров М. Ю., Валеева А. Ф. Стратегическое и операционное планирование в задачах логистики // СИИТ. 2026. Т. 8, № 3(27). С. 54–70. TPKLAS.

Valeev R. S., Zainullin S. S., Khamitov A. I., Fedorov M. Yu., Valeeva A. F. “About certain tasks of the strategic and operational planning when making logistic decisions” // SIIT. 2026. Vol. 8, no. 3(27), pp. 54–70. TPKLAS. (In Russian).

[Губ82] Губинский А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. Л.: Наука, 1982.

Gubinsky A. I. Reliability and Quality of Functioning of Ergatic Systems. Leningrad: Nauka, 1982. (In Russian).

[Гус26] Гусев П. Ю., Бакулин А. Ю., Львович Я. Е. Оптимизация развития цифровизированной организационной системы обслуживания заказов на основе интеграции с машинным обучением прогностических моделей // Вестник Российского нового университета. Сер. «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2026. № 1. С. 68–78. EJYTQX.

Gusev P. Yu., Bakulin A. Yu., Lvovich Ya. E. “Optimization of the development of a digitalized organizational order service system based on integration with machine learning of predictive models” // Vestnik of Russian New University. Series: Complex Systems: Models, Analysis, Management. 2026, no. 1, pp. 68–78. EJYTQX. (In Russian).

[Кап76] Каплинский А. И., Чернышова Г. Д. Об одном способе построения адаптивных алгоритмов решения задач оптимизации с булевыми переменными // Автоматика и телемеханика. 1976. № 10. С. 66–77. RIOBJU.

Kaplinsky A. I., Chernyshova G. D. “On a method of constructing adaptive algorithms for optimization problems with Boolean variables” // Avtomatika i Telemekhanika. 1976, no. 10, pp. 66–77. RIOBJU. (In Russian).

[Лит96] Литвак Б. Г. Экспертные оценки и принятие решений. М.: Патент, 1996.

Litvak B. G. Expert Assessments and Decision Making. Moscow: Patent, 1996. (In Russian).

[Льв06] Львович Я. Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения. Воронеж: Кварта, 2006. 415 с.

Lvovich Ya. E. Multi-Alternative Optimization: Theory and Applications. Voronezh: Kvarta, 2006. (In Russian).

[Льв16] Львович И. Я., Львович Я. Е., Фролов В. Н. Информационные технологии моделирования и оптимизации. Краткая теория и приложения. Воронеж: Научная книга, 2016. 444 с.

Lvovich I. Ya., Lvovich Ya. E., Frolov V. N. Information Technologies of Modeling and Optimization. Brief Theory and Applications. Voronezh: Nauchnaya kniga, 2016. (In Russian).

[Нов99] Новиков Д. А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем. М.: Фонд «Проблемы управления», 1999.

Novikov D. A. Mechanisms of Functioning of Multilevel Organizational Systems. Moscow: Fond “Problemy upravleniya”, 1999. (In Russian).

[Фал26] Фальков М. К., Антонов В. В., Сулейманова А. М., Бирюкова И. И. Дискретно-событийное моделирование бизнес-процесса предзащиты выпускных квалификационных работ на уровне комиссии // СИИТ. 2026. Т. 8, № 3(27). С. 23–32. GNODXP.

Falkov M. K., Antonov V. V., Suleymanova A. M., Biryukova I. I. “Discrete event modeling of the business process of pre-defense of final qualifying works at the commission level” // SIIT. 2026. Vol. 8, no. 3(27), pp. 23–32. GNODXP. (In Russian).

[Шер06] Шерешева М. Ю. Межорганизационные информационные системы в сетевом межфирменном взаимодействии // Российский журнал менеджмента. 2006. Т. 4, № 1. С. 55–76. HUBHWR.

Sheresheva M. Yu. “Inter-organizational information systems in the inter-firm networks” // Russian Management Journal. 2006. Vol. 4, no. 1, pp. 55–76. HUBHWR. (In Russian).

[Hor04] B. Horling, V. Lesser, “A survey of multi-agent organizational paradigms,” The Knowledge Engineering Review, vol. 19, no. 4, pp. 281–316, 2004. HPNXHT.

B. Horling, V. Lesser, “A survey of multi-agent organizational paradigms,” The Knowledge Engineering Review, vol. 19, no. 4, pp. 281–316, 2004. HPNXHT.

ОБ АВТОРАХ | ABOUT THE AUTHORS

БАКУЛИН Александр Юрьевич
Воронежский институт высоких технологий, Россия.
Bakulin-aleksandr@mail.ru
Соискатель ученой степени кандидата технических наук по спец. «Управление в организационных системах». Иссл. в обл. управления в организационных системах, имитационного моделирования и оптимизации.

ГУСЕВ Павел Юрьевич
Воронежский институт высоких технологий, Россия.
gsvpy@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-3752-0152.
Проф. департамента образования. Дипл. инженер по САПР (Воронежск. гос. техн. ун-т). Д-р техн. наук по по сист. анализу, управлению и обработке информации, статистике (Гос. ун-т Дубна). Иссл. в обл. интелл. систем управления.

BAKULIN Aleksandr Yurievich
Voronezh Institute of High Technologies, Russia.
Bakulin-aleksandr@mail.ru
Applicant for the degree of Candidate of Technical Sciences, specialty “Management in Organizational Systems”. Research in the field of management in organizational systems, simulation and optimization.

GUSEV Pavel Yurievich
Voronezh Institute of High Technologies, Russia.
gsvpy@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-3752-0152.
Prof. in the Dept. of Education. CAD Engineer (Voronezh State Technical University). Dr. of Techn. Sci. in the fields of systems analysis, control, information processing, and statistics (Dubna State University). Research focus: intelligent control systems.

МЕТАДАННЫЕ | METADATA

Заглавие: Алгоритм интеллектуализации поддержки принятия решений при управлении мультиорганизационными системами.

Title: Algorithm for intelligent decision support in the management of multi-organizational systems.

Авторы: Бакулин А. Ю., Гусев П. Ю.

Authors: Bakulin A. Yu., Gusev P. Yu.

Аннотация: Рассматривается класс мультиорганизационных систем – организационных систем с единым управляющим центром, в которых агрегация в организационное целое выполняется по нескольким группам компонентов, однородных внутри группы и различающихся по природе и механизму объединения. Введено понятие средств агрегации варьируемых структурных компонентов и предложена их классификация по информационному, техническому и модельно-алгоритмическому уровням. Разработан алгоритм интеллектуализации поддержки принятия решений, объединяющий имитационное моделирование системы массового обслуживания, многоальтернативную и параметрическую оптимизацию, прогностическое моделирование по данным цифрового мониторинга и коллективное экспертное оценивание в единый цикл с контуром адаптации. Алгоритм реализован в программном комплексе управления сборкой заказов трех маркетплейсов. По данным двухлетней эксплуатации получены согласованные решения о числе каналов обслуживания, соотношении персонала и устройств и сроке ввода дополнительного ресурса; время обработки суточного объема заказов сократилось с 16,5 до 1,46 ч, доля ошибочных комплектаций – с 2,3 до менее 0,1 %.

Abstract: The class of multi-organizational systems is considered: organizational systems with a single control center in which aggregation into an organizational whole is performed over several groups of components that are homogeneous within a group and differ between groups in nature and in the aggregation mechanism. The notion of aggregation means for variable structural components is introduced and classified into informational, technical and model-algorithmic levels. An algorithm for intelligent decision support is developed that combines queueing simulation, multi-alternative and parametric optimization, predictive modelling on digital monitoring data and collective expert assessment into a single cycle with an adaptation loop. The algorithm is implemented in an order-picking management software complex working with three marketplaces. Based on two years of operation, consistent decisions on the number of service channels, the ratio of personnel and devices and the timing of additional resources were obtained; the processing time of the daily order volume decreased from 16.5 to 1.46 h, and the share of picking errors from 2.3 to below 0.1 %.

Ключевые слова: Мультиорганизационная система; средства агрегации; варьируемые структурные компоненты; интеллектуализация принятия решений; система массового обслуживания; имитационное моделирование; многоальтернативная оптимизация

Key words: Multi-organizational system; aggregation means; variable structural components; intelligent decision support; queueing system; simulation; multi-alternative optimization

Язык: Русский.

Language: Russian.

Статья поступила в редакцию 5 октября 2026 г.

The article was received by the editors on 5 October 2026.