

УДК 681.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2025.51.4.057](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.51.4.057)

Оптимизация управления в организационной системе с территориальным распределением результатов деятельности объектов

Ю.Ю. Боклашов¹, Д.В. Иванов², Я.Е. Львович¹

¹Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российской Федерации

²Воронежский государственный технический университет, Воронеж,
Российская Федерация

Резюме. Статья посвящена применению эксперто-оптимизационного подхода для повышения эффективности управления в организационной системе с территориально распределенными результатами деятельности объектов. Показано, что основным механизмом управления является распределение управляющим центром интегрального ресурсного обеспечения между объектами при заданном временном периоде функционирования системы. Определены компонентные составляющие, влияющие на приоритетность распределения ресурса, обеспечивающего получение заданных результатов деятельности объектов. Предложена процедура получения количественных оценок в форме коэффициентов приоритетности, основанная на ранговой упорядоченности по каждому компоненту вычисления аддитивной свертки их значений. Указанная процедура представляет собой многометодную комбинацию группового экспертного оценивания правил приоритета по временным характеристикам числового упорядочения и индивидуальной экспертизы при определении весовых коэффициентов свертки с применением метода логического упорядочения. Приведены результаты логического упорядочения составляющих, характеризующих неоднородную среду объектов по выделению ресурсного обеспечения для завершения в установленный срок запланированного объема деятельности. Определена необходимость использования результатов оценивания коэффициентов приоритетности для последующего оптимизационного выбора множества объектов, которым выделяется запланированный ресурс. Сформирована многоальтернативная оптимизационная модель, обеспечивающая выбор объектов с максимальной приоритетностью при выполнении балансового условия. Для применения многометодного подхода предложено осуществлять численную оптимизацию различными поисковыми алгоритмами. Разработана процедура группового экспертного оценивания с доминирующим экспертом результатов оптимизации, позволяющая принять окончательное решение по управлению интегральным ресурсным обеспечением в организационной системе с территориальным распределением результатов деятельности объектов.

Ключевые слова: организационная система, управление, экспертное оценивание, территориальная распределенность, оптимизация, многометодный подход.

Для цитирования: Боклашов Ю.Ю., Иванов Д.В., Львович Я.Е. Оптимизация управления в организационной системе с территориальным распределением результатов деятельности объектов. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2025;13(4). URL: <https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=2093> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.51.4.057

Optimization of management in an organizational system with territorial distribution of the results of the activities of objects

I.I. Boklashov¹, D.V. Ivanov², Ya.E. Lvovich¹

¹Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation

²Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation

Abstract. This article explores the use of an expert-optimization approach to improve management efficiency in organizational systems with geographically dispersed outcomes. The core management mechanism involves the central authority allocating integrated resources among objects within a specific operational timeframe. The study identifies key factors that influence resource allocation priorities to achieve targeted outcomes for these objects. A method is proposed to derive quantitative priority coefficients, based on ranking each component and calculating an additive combination of their values. This method integrates multiple approaches, combining group expert evaluations of priority rules based on temporal characteristics of numerical rankings with individual expertise to determine weighting factors using logical ordering techniques. The article presents the results of logically ordering components that characterize the diverse environments of objects, focusing on resource allocation to meet planned volume within set deadlines. The study emphasizes the importance of using priority coefficient evaluations for optimizing the selection of objects to receive allocated resources. A multi-option optimization model is developed to select objects with the highest priority while satisfying balance constraints. To implement this multi-method approach, numerical optimization is recommended using various search algorithms. Additionally, a group expert evaluation process, led by a primary expert, is proposed to finalize decisions on managing integrated resource allocation in organizational systems with geographically distributed outcomes.

Keywords: organizational system, management, expert evaluation, territorial distribution, optimization, multi-method approach.

For citation: Boklashov I.I., Ivanov D.V., Lvovich Ya.E. Optimization of management in an organizational system with territorial distribution of the results of the activities of objects. *Modeling, Optimization, and Information Technologies*. 2025;13(4). (In Russ.). URL: <https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=2093> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.51.4.057

Введение

Среди организационных систем, в которых управляющий центр объединяет в организационное целое объекты с однородными видами деятельности [1], выделим класс организационных систем с территориально распределенными результатами деятельности объектов. Особенностью этого класса является не столько привязка к геолокации объекта, как это показано в [2], сколько привязка к территории результатов деятельности, выполненных в рамках функционирования этого объекта. На практике таким видом деятельности являются монтажные работы [3], ресурсы и сроки выполнения которых определяет управляющий центр [4]. В случае территориально распределенных объектов при централизации ресурсов в месте расположения управляющего центра кроме сроков выполнения работ должна учитываться логистическая доступность объектов.

По проблеме управления ресурсным планированием комплекса работ разработан ряд алгоритмов принятия решений [5]. Эти алгоритмы основаны на правилах приоритета при организации ресурсораспределительного процесса, связанных со сроками выполнения работ и упущеной выгодой. Учет территориальных характеристик в этих алгоритмах управления отсутствует. Поэтому требуется принимать управленческие решения по комплексу приоритетов. В [2] показано, что для обеспечения указанного требования эффективным является оптимизационный подход.

На современном этапе в условиях активной цифровой трансформации бизнеса [6] требуется увязка методов оптимизации с использованием цифровых данных по множеству территориально распределенных характеристик и показателей [7]. Кроме формализованного поиска управленческого решения с применением поисковых алгоритмов оптимизации в случае использования правил приоритета необходимо привлечение методов экспертного оценивания [8].

Однако отдельные механизмы принятия решений на основе оптимизационных моделей и экспертной информации недостаточны для управления результатами деятельности в организационной системе с территориально распределенными объектами, и требуется многометодный подход, предполагающий альтернативные управлочные решения и выбор наиболее приемлемых для управляющего центра.

Поэтому целью работы является формирование процедуры принятия управлочных решений в организационной системе с территориальным распределением результатов деятельности объектов на основе многометодной интеграции оптимизационного моделирования и экспертного оценивания.

Для достижения поставленной цели в статье решены следующие задачи:

- оценивание приоритетности выделения ресурсного обеспечения для получения объектных результатов деятельности;
- формирование процедуры принятия управлочных решений на основе оценок экспертов альтернативных результатов оптимизационного моделирования.

Материалы и методы

Организационная система с территориальным распределением результатов деятельности представляет собой совокупность объектов $O_i, i = \overline{1, I}$, объединенных управляющим центром в организационное целое. Ее особенностью является привязка i -го объекта к определенной территории $\tau_i, i = \overline{1, I}$, находящейся от управляющего центра на расстоянии r_i . Функционирование системы в целом рассматривается в течение ряда временных периодов $t = \overline{1, T}$.

Для получения объектных результатов деятельности за промежуток времени T управляющий центр располагает интегрированным ресурсом $V(T)$. Кроме того, известно, что сроки получения результатов деятельности для каждого объекта $t_i \leq T, t_i \in \overline{1, T}$, и для этого требуется объектное ресурсное обеспечение $V_i^0(t_i), i = \overline{1, I}$, и возникают затраты на перемещение этого ресурса на территорию $\tau_i - C_i, i = \overline{1, I}$. В условиях ограниченности интегрального ресурса управляющий центр в состоянии распределить $V(T)$ некоторому множеству объектов $i_1 = \overline{1, I_1} \in \overline{1, I}$ так, чтобы выполнялось балансовое условие:

$$\sum_{i=1}^{I_1} V_{i1}^0(t_{i1}) \leq V(T). \quad (1)$$

Для формирования множества объектов $i_1 = \overline{1, I_1}$, отвечающего условию (1), предлагается оценить приоритетность выделения ресурсного обеспечения для получения результатов деятельности всех объектов $O_i, i = \overline{1, I}$ по следующим составляющим:

- экспертному мнению управляющего центра $\alpha_i^3, i = \overline{1, I}$;
- срокам получения результатов деятельности $\alpha_i^t, i = \overline{1, I}$;
- потребности в ресурсном обеспечении $\alpha_i^V, i = \overline{1, I}$;
- расстоянию территории τ_i от месторасположения управляющего центра $\alpha_i^r, i = \overline{1, I}$;
- затратами $\alpha_i^c, i = \overline{1, I}$ на перемещение ресурса V_i^0 на территорию τ_i .

Каждой составляющей соответствует определенная ранговая последовательность $\rho_i, i = \overline{1, I} : \rho_i^3, \rho_i^t, \rho_i^V, \rho_i^r, \rho_i^c$, на основании которой определяются коэффициенты приоритетности α_i : $\alpha_i^3, \alpha_i^t, \alpha_i^V, \alpha_i^r, \alpha_i^c$:

$$\alpha_i = \frac{\frac{1}{\rho_i}}{\sum_{i=1}^I \frac{1}{\rho_i}}, 0 \leq \alpha_i \leq 1, i = \overline{1, I}, \sum_{i=1}^I \alpha_i = 1. \quad (2)$$

Выполнение (2) определяется тем, что ранг $\rho_i = 1$ соответствует объекту с наибольшей приоритетностью, поэтому образуется следующий ряд упорядоченности:

$$\rho_i = 1, 2, \dots, I. \quad (3)$$

Рассмотрим, каким образом построить ранговую последовательность (3) для каждой составляющей.

В случае использования экспертных мнений целесообразно ориентироваться на метод априорного ранжирования [9], когда группа $d = \overline{1, D}$ экспертов располагает объекты, присваивая им номера в соответствии с индивидуальной оценкой от 1 до I по степени убывания их значимости для выделения ресурсного обеспечения. В результате формируется матрица ранжирования размерностью $D \times I$. Далее по каждому i -му столбцу определяется сумма рангов $\sum_{d=1}^D \rho_{di}^3$, и по степени возрастания этой суммы фиксируются ранги ρ_i^3 с формированием ранговой последовательности (3).

По срокам получения результатов деятельности управляющий центр выбирает одно из правил приоритета [5]: по степени критичности выполнения работ, по минимальной продолжительности работ, по минимальным поздним моментам окончания и устанавливает ранги ρ_i^t с формированием ранговой последовательности (3).

По остальным составляющим упорядочение осуществляется по количественным оценкам: $V_i - \rho_i^V$; $r_i - \rho_i^r$; $C_i - \rho_i^c$. Используя коэффициенты приоритетности, вычисленные по формуле (2) для каждой составляющей, предлагается определить интегрированный коэффициент приоритетности $\hat{\alpha}_i$ как аддитивную свертку вычисленных коэффициентов:

$$\hat{\alpha}_i = \lambda_1 \alpha_i^3 + \lambda_2 \alpha_i^t + \lambda_3 \alpha_i^V + \lambda_4 \alpha_i^r + \lambda_5 \alpha_i^c \quad (4)$$

где $\overline{\lambda_1, \lambda_5}$ – весовые коэффициенты: $0 \leq \lambda_1 \leq 1, 0 \leq \lambda_2 \leq 1, 0 \leq \lambda_3 \leq 1, 0 \leq \lambda_4 \leq 1, 0 \leq \lambda_5 \leq 1$, $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 = 1$.

Для определения весовых коэффициентов $\lambda_1, \dots, \lambda_5$ в свертке (4) используем метод логического упорядочения Черчмена-Акоффа [8]. С этой целью эксперт управляющего центра выдвигает вариант упорядочения составляющих оценки приоритетности выделения ресурсного обеспечения по степени убывания, ориентируясь на коэффициенты значимости:

$$F_{i1} = \alpha_i^3, F_{i2} = \alpha_i^t, F_{i3} = \alpha_i^c, F_{i4} = \alpha_i^V, F_{i5} = \alpha_i^r. \quad (5)$$

Далее с учетом (5) устанавливается шкала численных оценок относительной важности, считая, что для:

$$F_{i5} - \mu_5 = 1,$$

$$F_{i4} - \mu_4 = 2,$$

$$F_{i3} - \mu_3 = 4,5,$$

$$F_{i2} - \mu_2 = 6,$$

$$F_{i1} - \mu_1 = 11.$$

Используя знак «<» для строгого предпочтения левой части соотношения, «>» – правой части и «~» для эквивалентности, эксперт предлагает следующие соотношения:

$$F_1 < F_2 + F_3 + F_4 + F_5,$$

$$F_1 \sim F_2 + F_3 + F_4,$$

$$F_2 < F_3 + F_4 + F_5, \quad (6)$$

$$F_2 > F_3 + F_4,$$

$$F_3 > F_4 + F_5.$$

Переведем соотношения (6) в соотношение оценок μ :

$$1) \mu_3 > \mu_4 + \mu_5 ? \Rightarrow 4,5 > 2 + 1? - \text{оценка } \mu_3 \text{ остается без изменения: } \mu'_3 = 4,5;$$

$$2) \mu_2 > \mu_3 + \mu_4 ? \Rightarrow 6 > 4,5 + 2? - \text{корректируем оценку } \mu_2: \mu'_2 = 6,6;$$

$$3) \mu'_2 < \mu_3 + \mu_4 + \mu_5 ? \Rightarrow 6,6 < 4,5 + 2 + 1? - \text{оценка } \mu'_2 \text{ остаётся без изменения: } \mu'_2 = 6,6;$$

$$4) \mu_1 = \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 ? \Rightarrow 11 = 6 + 4,5 + 2? - \text{корректируем оценку } \mu_1: \mu'_1 = 12,5;$$

$$5) \mu'_1 < \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 + \mu_5 \Rightarrow 12,5 < 6,6 + 4,5 + 2 + 1? - \text{оценка } \mu'_1 \text{ остаётся без изменения: } \mu'_1 = 12,5.$$

В результате проверки соотношений и коррекции оценок μ_i имеем:

$$\mu_1 = 12,5; \mu_2 = 6,6; \mu_3 = 4,5; \mu_4 = 2; \mu_5 = 1,$$

которые позволяют определить отношения каждой оценки к их сумме, которые рассматриваются в качестве весовых коэффициентов λ в (4):

$$\lambda_1 = 0,47; \lambda_2 = 0,248; \lambda_3 = 0,169; \lambda_4 = 0,075; \lambda_5 = 0,038. \quad (7)$$

Используя (7) и (4), определяем $\hat{\alpha}_i, i = \overline{1, I}$. Полученные оценки приоритетности $\hat{\alpha}_i, i = \overline{1, I}$ позволяют перейти к формированию оптимизационной задачи, решение которой служит основой для формирования процедуры принятия управленческих решений.

Результаты

Для формализации процесса принятия управленческого решения введем альтернативные переменные [10]:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-объект включается в множество } i_1 = \overline{1, I_1} \\ 0, & \text{в противном случае, } i = \overline{1, I}. \end{cases} \quad (8)$$

Выбор конкретного значения (7) требует определения зависимостей экстремального и граничного требования оптимизационной модели от оптимизируемых переменных. Предлагается в качестве экстремального требования определить максимизацию приоритетности выделения ресурсного обеспечения для получения результатов деятельности:

$$\sum_{i=1}^I \hat{\alpha}_i x_i \rightarrow \max, \quad (9)$$

а граничного – балансовое условие (1):

$$\sum_{i=1}^I v_i(t_i) x_i \leq V(T). \quad (10)$$

Оптимизационная модель объединяет в единую математическую структуру (9), (10), (8):

$$\sum_{i=1}^I \hat{\alpha}_i x_i \rightarrow \max,$$

$$\sum_{i=1}^I v_i(t_i) x_i \leq V(T), \quad (11)$$

$$x_i = \begin{cases} 1, & i = \overline{1, I} \\ 0, & \text{в противном случае, } i = \overline{1, I}. \end{cases}$$

В результате имеем задачу многоальтернативной оптимизации [10]. По классификации задач дискретного программирования она относится к классу задач о ранце [10].

Построение процедуры принятия управленческого решения будем ориентировать на многометодный подход поискового алгоритма оптимизации. В результате поиска получаем множество альтернативных переменных, значения которых $x_{i1}^* = 1, i_1 = \overline{1, I_1}$, что соответствует управленческому решению: объекту $O_{i1} = 1, i_1 = \overline{1, I_1}$ выделяется ресурсное обеспечение для получения результатов деятельности.

Решение задачи (11) осуществляется на основе приближенных алгоритмов. Поэтому возникает некоторое множество вариантов $B_l, l = \overline{1, L}$ решения $x_{i1}^* = 1, i_1 = \overline{1, I_1}$, которые отличаются итерационным множеством $\overline{1, I_1} \in \overline{1, I}$.

Для исследования такого многометодного подхода используем следующие алгоритмы поиска решений:

- ветвей и границ [10];
- альтернативной оптимизации [11];
- генетический алгоритм [9];
- популяционные алгоритмы (роя частиц, муравьиной колонии) [12].

Из решений с применением перечисленных алгоритмов формируется множество непересекающихся вариантов $B_l, l = \overline{1, L}$, которые затем анализируются группой экспертов $d = \overline{1, D}$ управляющего центра. Среди экспертов этой группы в большинстве случаев выделяется доминирующий эксперт, которому присваивается номер $d = 1$. Остальным участникам экспертного оценивания присваиваются номера $d = \overline{2, D}$. Каждый участник выбора окончательного решения предполагает вариант A_{ld} , который характеризуется соответствующим нумерационным множеством $C_{1ld} = \overline{1, I_{1ld}}$. В качестве приоритетного принимается вариант, принятый доминирующим экспертом, A_{l1} . Далее доминирующий эксперт разделяет варианты $A_{ld}, d = \overline{2, D}$ остальных экспертов на 3 класса:

- класс I – нумерационное множество i_{1ld} полностью совпадает с множеством i_{1l1} ;
- класс II – пересечение нумерационных множеств i_{1ld} и i_{1l1} составляет более половины всех элементов;
- класс III – пересечение нумерационных множеств i_{1ld} и i_{1l1} составляет половину или менее всех элементов.

Такую же процедуру согласования вариантов проводят эксперты с номерами $d = \overline{2, D}$.

В результате получаем следующее распределение количества голосов по классам I, II, III:

$$K_d^I, K_d^{II}, K_d^{III}, d = \overline{1, D}. \quad (12)$$

Если в распределении (12) максимальным окажется K_d^{III} , то процесс согласования d -му эксперту предлагается повторить с пересмотром варианта B_{ld} . После этого выбирается максимальный из K_d^I, K_d^{II} вариант $B_{ld}^*, d = \overline{1, D}$ и формируется пересекающееся множество вариантов, имеющее меньшую размерность $B_{l'}^*, l' = \overline{1, L'}$, что позволяет доминирующему эксперту указать окончательный вариант нумерационного множества $i_1^* = 1, I_1^*$, и соответствующий вариант управленческого решения.

Заключение

Повышение эффективности управления в организационных системах с территориально распределенными результатами деятельности объектов достигается осуществлением интеллектуальной поддержки решений управляющего центра на основе экспертно-оптимизационного подхода.

Методы, используемые в рамках указанного подхода, отличаются по трудоёмкости и точности, что приводит к большому объему предварительных исследований по их выбору. Ориентация на многометодную комбинацию обеспечивает синергетический эффект.

Неоднородность характеристик процессов, направленных на получение результатов деятельности объектов приводит к необходимости распределения управляющим центром интегрального ресурсного обеспечения по принципу приоритетности выделения ресурса каждому объекту.

Количественная оценка приоритетности является многокомпонентной с последующим переходом к интегральному значению на основе аддитивной свёртки. Для вычисления интегральной оценки по значениям компонентных целесообразным является многометодный подход, объединяющий ранговое упорядочение на основе групповых экспертных оценок (метод априорного ранжирования), правил приоритета по временным характеристикам, количественного оценивания и метод логического упорядочения при индивидуальном экспертом оценивании весовых коэффициентов свертки.

Формирование процедуры принятия управленческих решений путем оптимизации с учетом коэффициентов приоритетности выделения ресурса объектом и балансового условия приемлемо организовать на основе получения результата разнообразными приближенными алгоритмами решения задачи о ранце с последующим проведением группового экспертного оценивания по выбору лучшего варианта.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Новиков Д.А. *Теория управления организационными системами*. Москва: ЛЕНАНД; 2022. 500 с.
2. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н. и др. *Оптимизация цифрового управления в организационных системах*. Воронеж: Научная книга; 2021. 191 с.
3. Сокольников В.В. Моделирование обеспечения качества строительно-монтажных работ и организационного развития строительного предприятия. *Жилищное строительство*. 2013;(5):47–50.
4. Цопа Н.В., Халилов А.Э. Ресурсное обеспечение инвестиционно-строительных проектов. *Экономика строительства и природопользования*. 2022;(1-2):23–30.
Tsopa N.V., Khalilov A.E. Resource Support of Investment and Construction Projects. *Ekonomika stroitel'stva i prirodopol'zovaniya*. 2022;(1-2):23–30. (In Russ.).
5. Баркалов С.А., Буркова И.В., Колпачев В.Н., Потапенко А.М. *Модели и методы распределения ресурсов в управлении проектами*. Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН; 2004. 85 с.
6. Вайл П., Ворнер С. *Цифровая трансформация бизнеса: Изменение бизнес-модели для организации нового поколения*. Москва: Альпина Паблишер; 2019. 257 с.
Weill P., Woerner S. *What's Your Digital Business Model?: Six Questions to Help You Build the Next-Generation Enterprise*. Moscow: Alpina Publisher; 2019. 257 p. (In Russ.).
7. Корчагин С.Г., Рынднин А.А., Рынднин Н.А. *Управление в организационных системах на основе цифровых технологий*. Воронеж: Научная книга; 2025. 248 с.

8. Литvak Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. Москва: Патент; 1996. 271 с.
9. Львович И.Я. Принятие решений на основе оптимационных моделей и экспертной информации. Воронеж: Научная книга; 2023. 231 с.
10. Юдин Д.Б., Юдин А.Д. Экстремальные модели в экономике. Москва: Экономика; 1979. 288 с.
11. Львович Я.Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения. Воронеж: Квартал; 2006. 415 с.
12. Карпенко А.П. Анализ и синтез популяционных алгоритмов глобальной оптимизации. Т. 1. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана; 2024. 368 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Боклашов Юрий Юрьевич, аспирант, **Iurii I. Boklashov**, Postgraduate, Voronezh
Воронежский институт высоких технологий, Institute of High Technologies, Voronezh, the
Воронеж, Российская Федерация. Russian Federation.

e-mail: boklashov@gmail.com
ORCID: [0009-0006-2572-0882](https://orcid.org/0009-0006-2572-0882)

Иванов Денис Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация. **Denis V. Ivanov**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.

e-mail: ivanov.sapris@mail.ru
ORCID: [0009-0000-6690-8335](https://orcid.org/0009-0000-6690-8335)

Львович Яков Евсеевич, доктор технических наук, профессор, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация. **Yakov E. Lvovich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation.

e-mail: office@vivt.ru
ORCID: [0000-0002-7051-3763](https://orcid.org/0000-0002-7051-3763)

*Статья поступила в редакцию 06.10.2025; одобрена после рецензирования 12.12.2025;
принята к публикации 18.12.2025.*

The article was submitted 06.10.2025; approved after reviewing 12.12.2025; accepted for publication 18.12.2025.