

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

УДК 004.94:681.3

## ОПТИМИЗАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕБАЛАНСИРОВКОЙ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЦЕССА РАЗВИТИЯ МНОГООБЪЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

И.М. БУХОЛЬЦЕВ<sup>1</sup>, асп., Н.А. РЫНДИН<sup>2</sup>, д-р техн. наук

<sup>1</sup> Воронежский институт высоких технологий,  
394043, Воронеж, ул. Ленина, 73а, e-mail: ksen.me@inbox.ru

<sup>2</sup> Воронежский государственный технический университет,  
394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, e-mail: nikita.ryndin@gmail.com

© Бухольцев И.М., Рындин Н.А., 2025

В статье рассмотрен оптимизационный подход к повышению эффективности управления распределением инвестиционного ресурса между объектами организационной системы с учетом интегрального объема инвестиций и уровня показателей эффективности развития, определяемых управляющим центром. С целью повышения эффективности программно-целевого подхода к развитию многообъектной организационной системы (МОС) разработан ряд моделей и алгоритмов моделирования и оптимизации распределения инвестиций при управлении данным процессом. При этом рассмотрены как процессы балансировки назначения инвестиций по направлениям программы развития, так и процессы ребалансировки по результатам мониторинга первоначальной программы и наличия высвободившихся ресурсов. Приведен пример формализации оптимизационной задачи ребалансировки, ее экстремальных и граничных условий. Предложен способ ранжирования объектов по критерию упущеной выгоды, определяемому по итогам мониторинга выполнения планов развития МОС по отдельным программам и экспертным путем. В качестве меры близости этих ранговых рядов используется коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Показано применение разработанных программных средств, сопряженных с информационной системой мониторинга реализации программы развития, в практике управления инвестированием организационных систем на примере распределения субсидий для реализации программы сельскохозяйственного развития региона в департаменте аграрной политики Воронежской области.

*Ключевые слова:* оптимизационное моделирование, многообъектная организационная система, инвестиции, ребалансировка, программный комплекс.

**DOI:10.46573/2658-5030-2025-1-55-65**

## ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе управление развитием организационных систем осуществляется с использованием программно-целевого подхода [1,2]. На его основе процесс принятия управленческих решений направлен на формирование программы развития организационных систем разной сложности: автономных, сетевых, отраслевых, региональных. Большинство из них являются многообъектными, базирующимися на взаимодействии управляющего центра и отдельных объектов. При этом главное внимание уделяется распределению инвестиционного ресурса между объектами системы с учетом интегрального объема инвестиций и уровня показателей эффективности развития, определяемых управляющим центром. Для характеристики структуры инвестирования структура МОС рассматривается как множество объектов с однородными видами деятельности  $O_i, i = \overline{1, I}$ , объединенных в организационно-целое. Их целенаправленное взаимодействие при инвестировании программы развития на множестве временных промежутков  $t = \overline{1, T}$  обеспечивает управляющий центр [3,4].

Развитие МОС представлено как смена программ развития и их целеориентированности [5,6]. Пусть в периоды  $t_1 = \overline{1, T_1}$  действовала программа 1, цели которой определялись достижением показателями  $y_{j_1}$  уровня  $y_{j_1}^0, j_1 = \overline{1, J_1}$ . При этом осуществлялось инвестирование по  $n_1$ -му ( $n_1 = \overline{1, N_1}$ ) направлению программы в объемах  $C_{in_1}(t)$  и проводился мониторинг значений показателей каждого объекта  $O_i, i = \overline{1, I}, y_{j_1 in_1}(t_1), t_1 = \overline{1, T_1}$ .

После выполнения указанной программы и достижения значений  $y_{j_1 in_1}(T_1)$  разрабатывается включающая  $n = \overline{1, N}$  направлений программа 2, цели которой определяются достижением показателями  $y_j$  уровня  $y_j^0, j = \overline{1, J}$ , где  $\overline{1, J_1} \cap \overline{1, J} \neq \emptyset$ , при заданном горизонте планирования  $t = \overline{1, T}$ .

Процесс балансировки инвестиций при формировании программы 2 направлен на обеспечение следующих балансовых условий распределения интегрального ресурса  $C$ , выделенного управляющим центром на развитие  $O_i, i = \overline{1, I}$  объектов по  $n = \overline{1, N}$  направлениям с целью достижения показателями значений  $y_{j i_n}^0$  при заданном горизонте планирования  $t = \overline{1, T}$ :

между направлениями программы:

$$\sum_{n=1}^N C_n = C, \quad (1)$$

где  $C_n$  – объем инвестиций для реализации  $n$ -го направления программы 2;

между объектами организационной системы по участию в реализации  $n$ -го направления и объема инвестиций  $C_{in}$ :

$$\sum_{i=1}^I C_{i_n} = C_n, \quad (2)$$

между мероприятиями программы 2, направленными на достижение показателями значений  $y_{j i_n}^0$ :

$$\sum_{j i_n=1}^{J i_n} C_{j i_n} = C_{in}, \quad (3)$$

где  $C_{j i_n}$  – объем инвестиций, позволяющий реализовать мероприятия  $j$ -го направления на развитие объекта по показателю  $j$  за все периоды  $t = \overline{1, T}$ ;

между периодами реализации программы 2 при заданном горизонте планирования:

$$\sum_{t=1}^T C_{j i_n}(t) = C_{j i_n}, \quad (4)$$

где  $C_{j i_n}(t)$  – объем инвестиций в каждый промежуток времени  $t$ ,  $t = \overline{1, T}$ , для реализации мероприятий, обеспечивающих заданный рост значений показателя  $y_{j i_n}$ .

Выполнение балансового условия (2) достигается за счет привлечения к  $j$ -му направлению программы 2 подмножества объектов организационной системы  $i_n' = \overline{1, I_n}$ . В этом случае оптимизационное моделирование направлено на выбор значений альтернативных переменных:

$$x_{in} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{й объект целесообразно инвестировать} \\ & \text{по } n - \text{му направлению программы развития,} \\ 0, & \text{в противном случае, } i_n = \overline{1, I_n}, n = \overline{1, N} \end{cases} \quad (5)$$

в соответствии с оптимизационной моделью

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \alpha_{in} x_{in} &\rightarrow \max_{x_{in}} \\ \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N C_{i_n}^0 x_{in} &\leq C, \\ x_{in} &= \begin{cases} 1, \\ 0, \end{cases} \quad i_n = \overline{1, I_n}, n = \overline{1, N}. \end{aligned} \quad (6)$$

Для формализации экстремального требования в модели (6) используется линейная функция, в которой коэффициенты  $\alpha_{in}$  определяют значимость влияния инвестиций по  $n$ -му направлению на развитие  $i$ -го объекта.

Коэффициенты значимости определяются с использованием экспертных оценок значений:

объема инвестиций  $C_{i_n}^{np}$ , прогнозируемого для обеспечения оптимальных условий развития  $i$ -го объекта по  $n$ -му направлению программы 2;

термов лингвистической переменной <Допустимо изменить показатели развития  $i$ -го объекта в соответствии с требованиями за счет инвестирования  $j$ -го направления программы 2>.

Для решения задачи (6) используется алгоритм, основанный на интеграции рандомизированного поиска на множестве булевых переменных и верхних оценок корня дерева метода ветвей и границ [7].

## ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССА РЕБАЛАНСИРОВКИ ИНВЕСТИЦИЙ

Назначение инвестиций по направлениям программы развития осуществляется на основе балансового условия (3) путем решения оптимизационной задачи (6). В результате по каждому  $j$ -му направлению определяется подмножество объектов

$i_n = \overline{1, I_n} \in \overline{1, I}$ , которые используют инвестиции  $C_{in}^* = C_{in}^0$  в рамках программы развития. Поскольку значения  $C_{in}^0$ ,  $i_n = \overline{1, I_n}$  есть экспертные прогностические оценки потребности в инвестиционном ресурсе каждого объекта  $i_n = \overline{1, I_n}$ , распространенной ситуацией при реализации программы развития в течение промежутка времени  $\tau$ , включающего временные периоды  $t = \overline{1, \tau}$ , является освоение инвестиций  $C_{i_n}^*(t)$  рядом объектов  $i_n' = \overline{1, I_n}$  в неполном объеме. В этом случае для последующих периодов  $t = \overline{\tau + 1, T}$  целесообразно провести ребалансировку инвестиций за счет высвободившегося ресурса:

$$\Delta C_n = \sum_{i_n'=1}^{I_n'} \sum_{t=1}^{\tau} (C_{i_n}^*(t) - C_{i_n'}^P(t)), \quad (7)$$

где  $C_{i_n}^*(t)$  и  $C_{i_n'}^P(t)$  – соответственно установленный управляющим центром и реально освоенный инвестиционный ресурс в период  $t = \overline{1, \tau}$ .

При балансировке назначения инвестиций по направлениям программы развития в задаче (6) используются коэффициенты значимости влияния инвестиций по -му направлению на развитие  $i$ -го объекта, которые формируются с использованием априорных экспертных оценок. На основе известных моментных значений освоенных инвестиций  $C_{i_n}^P(t)$  предлагается для каждого объекта  $i = \overline{1, I}$  установить упущенную выгоду по -му направлению программы развития:

$$v_{i_n'}(t) = \begin{cases} C_{i_n}^*(t) - C_{i_n'}^P(t) & \text{для объектов с номерами } i = i_n', \\ 0 & \text{для объектов с номерами } i = \overline{1, I}, i \neq i_n'. \end{cases} \quad (8)$$

Значения (8) позволяют определить упущенную выгоду и на ее основе распределять высвободившийся ресурс (7) времени  $t = \overline{1, \tau}$ :

$$v_{i_n'} = \sum_{t=1}^{\tau} v_{i_n'}(t). \quad (9)$$

В свою очередь значения (9) дают возможность установить ранговую последовательность объектов в смысле упущеной выгоды с рангами  $r_i^n = \overline{1, I}$ . Ранг  $r^n = 1$  присваивается объекту с наибольшей упущеной выгодой, далее следуют объекты с убывающими значениями (9) и возрастанием величины ранга на единицу. Затем определяются ранги объектов  $r_i^n$  при  $v_{i_n'}(t) = 0$ . Здесь величина рангов возрастает по мере уменьшения значений коэффициентов значимости  $a_{in}$ .

Кроме рангового ряда  $r^n = \overline{1, I}$  формируется экспертный ранговый ряд  $e_i^n = \overline{1, I}$ , который отражает упорядоченность объектов в смысле упущеной выгоды по -му направлению программы развития.

В качестве меры близости ранговых рядов  $r^n$  и  $e^n$  используем коэффициент ранговой корреляции Спирмена:

$$\rho^n = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^I (e_i^n - r_i^n)^2}{I(I^2 - 1)}. \quad (10)$$

Совпадению рангового ряда по результатам реализации программы развития и экспертного рангового ряда соответствует значение  $\rho^n = 1$ , что в редких случаях возможно для некоторых направлений развития. Тогда на промежуток времени  $t_1 = \overline{\tau + 1, T}$  сохраняют назначение, принятое в процессе балансировки инвестиций.

Несовпадение рассматриваемых ранговых рядов при  $-1 \leq \rho^n < 1$  требует изменения назначения инвестиций. Для выполнения процесса ребалансировки предлагается коррекция коэффициентов значимости с учетом значений уравнения (10). При односторонности ранговых рядов  $0 \leq \rho^n < 1$  имеем

$$a_{in}^{ck} = \rho^n a_{in}. \quad (11)$$

При разнонаправленности ранговых рядов  $-1 \leq \rho^n \leq 0$  значимость необходимо корректировать следующим образом:

$$a_{in}^{ck} = (1 + \rho^n) a_{in}. \quad (12)$$

Значения уравнений (11), (12) используются при формировании экстремального требования процесса ребалансировки с введением оптимизируемых альтернативных переменных:

$$z_{in} = \begin{cases} 1, & \text{если } i' - \text{объект целесообразно инвестировать по } n - \text{му} \\ & \text{направлению на промежутке времени } t_1 = \overline{\tau + 1, T_1}, \\ 0, & \text{в противном случае, } i' = \overline{1, I}, \quad n = \overline{1, N}. \end{cases} \quad (13)$$

Границные условия направлены на освоение высвободившегося ресурса (7) при экспертных оценках потребности  $i'$ -го объекта в инвестициях по  $n$ -му направлению на промежуток времени  $t_1 = \overline{\tau + 1, T_1}$ . Окончательно, с учетом условий бипарности (13), получаем следующую оптимизационную модель:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N a_{in}^{ck} z_{in} \rightarrow \max_{z_{in}}, \\ & \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N a_{in}^{\tau} z_{in} \leq \sum_{n=1}^N \Delta C_n, \\ & z_{in} = \begin{cases} 1, & i = \overline{1, I}, \quad n = \overline{1, N}. \\ 0, & \end{cases} \end{aligned} \quad (14)$$

В результате решения задачи (14) получаем назначение инвестиций по направлениям программы развития на промежуток времени  $t = \overline{\tau + 1, T}$ , характеризующихся нумерационными множествами

$$i_n'' = \overline{1, I_n''}, \quad n = \overline{1, N}. \quad (15)$$

Таким образом, сформированы модель и алгоритм принятия управленческого решения при ребалансировке инвестиций по направлениям программы развития, отличающиеся формой использования сравнительного анализа ранговых рядов объемов

упущенной выгоды в процессе оптимизации и обеспечивающие включение новых объектов для дополнительного инвестирования.

Оптимизация ребалансировки объемов заключается в максимально возможном выделении дополнительных инвестиций объектам с номерами  $i_n'' = \overline{1, I_n''}$  в соответствии равенствами (15) по -му направлению:

$$C_{i_n''}^{\Delta} \rightarrow \max, \quad i_n'' = \overline{1, I_n''}. \quad (16)$$

Требование (16) является экстремальным требованием задачи.

Границные требования определяются балансовым условием соответствия объему дополнительных инвестиций (7):

$$\sum_{i_n''=1}^{I_n''} C_{i_n''}^{\Delta} = \Delta C_n \quad (17)$$

и экспертной оценкой интервалов потребности объектов в дополнительном инвестиционном ресурсе

$$C_{i_n''}^{\min} \leq C_{i_n''}^{\Delta} \leq C_{i_n''}^{\max}. \quad (18)$$

Объединив экстремальные требования (16) с граничными (17), (18), получим следующую оптимационную модель:

$$\begin{aligned} C_{i_n''}^{\Delta} &\rightarrow \max, \quad i_n'' = \overline{1, I_n''}, \\ \sum_{i_n''=1}^{I_n''} C_{i_n''}^{\Delta} &= \Delta C_n, \\ C_{i_n''}^{\min} &\leq C_{i_n''}^{\Delta} \leq C_{i_n''}^{\max}. \end{aligned} \quad (19)$$

Для получения управлеченческого решения на основе решения задачи (19) разработана структурная схема алгоритма преобразования и поиска оптимального решения, приведенная на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема оптимизации ребалансировки объемов инвестиций по направлениям программы развития МОС

# ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАЗРАБОТАННЫХ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ БАЛАНСИРОВКИ И РЕБАЛАНСИРОВКИ ИНВЕСТИЦИЙ В МНОГООБЪЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Для использования разработанного комплекса моделей и алгоритмов балансировки и ребалансировки инвестиций в практике управления развитием МОС созданы следующие программные средства:

модуль 1. «Оптимизация назначения инвестиций по направлениям программы развития многообъектной организационной системы»;

модуль 2. «Оптимизация распределения объема инвестиций по направлениям программы развития многообъектной организационной системы»;

модуль 3. «Оптимизация распределения инвестиций по временным периодам программы развития многообъектной организационной системы».

Каждый модуль основывается на алгоритмах оптимизации инвестиций как при формировании, так и при реализации программы развития. При этом используются соответственно оптимизационные модели балансировки и ребалансировки инвестиций. Для реализации модулей 1, 2 требуется обращение к стандартному пакету программ оптимизации, включающему метод ветвей и границ. Для реализации модуля 3 требуется машинное обучение прогностической модели. С этой целью организуется обращение к стандартному пакету машинного обучения.

Структурная схема взаимодействия модулей с информационной системой мониторинга, стандартными пакетами программ машинного обучения и оптимизации в рамках системы управления инвестированием программы развития МОС приведена на рис. 2.

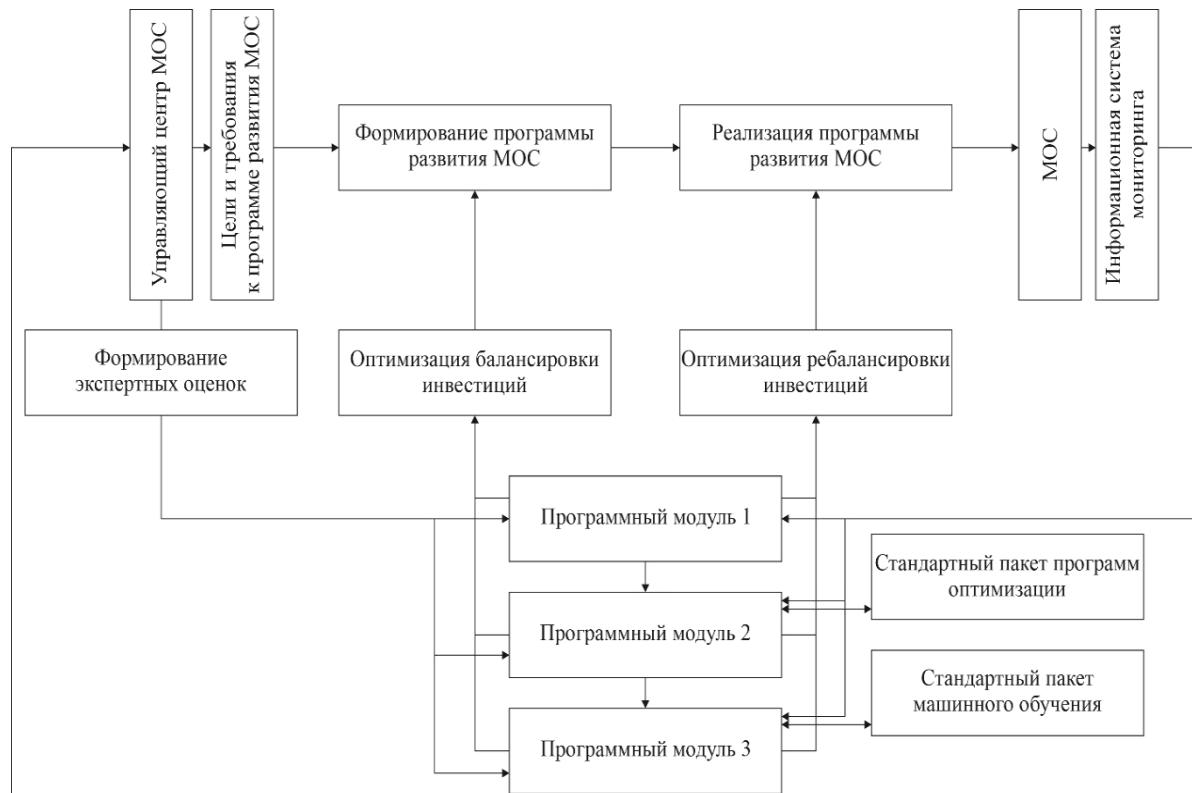


Рис. 2. Структурная схема взаимодействия разработанных программных модулей в рамках системы управления инвестированием развития МОС

Разработка программных средств позволяет перейти к их использованию в практике управления реальными МОС. Одним из классов таких систем являются региональные организационные системы аграрного профиля. Для них характерно повышение эффективности деятельности за счет инвестирования в рамках долгосрочных программ развития по целому ряду направлений. При этом инвестирование по направлению рассматривается как отдельный проект, взаимодействующий с другими проектами для обеспечения достижения заданных управляющим центром целей и выполнения требований к программе развития в целом.

Оценка результативности применения разработанных моделей, алгоритмов и программных средств осуществляется путем сравнения результатов вычислительных экспериментов по оптимизации балансировки и ребалансировки инвестиций с плановыми и мониторируемыми объемами освоенных инвестиций и достигнутыми уровнями показателей эффективности в рамках действующей программы развития региональной МОС аграрного профиля.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышение эффективности управления МОС целесообразно осуществлять в рамках оптимизационного подхода. Применение последнего связано с формированием оптимизационных моделей процессов балансировки и ребалансировки инвестиций. Оптимизационное моделирование базируется на многоуровневой системе балансовых условий. Нижний уровень связан с обеспечением требований управляющего центра к росту значений показателей эффективности в промежутки времени, обусловленные заданным горизонтом развития объектов организационной системы. Оптимизация распределения объема инвестиций между периодами определяет построение оптимальных моделей, обеспечивающих наилучший вариант распределения интегрального объема инвестиционного ресурса.

Оптимизационное моделирование процесса ребалансировки инвестиций направлено на обеспечение минимальных отклонений показателей эффективности от оптимальной стратегии, полученной на этапе балансировки. При этом приемлемы два способа ребалансировки в случае выявления отклонений по данным мониторинга: в заданный момент времени или при превышении отклонением порогового значения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Поспелов Г.С. Проблемы программно-целевого планирования и управления. М.: Наука, 2011. 460 с.
2. Райзберг Б.А. Программно-целевое планирование и управление. М.: ИНФРА-М, 2012. 428 с.
3. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н.[и др.]. Оптимизация цифрового управления в организационных системах: коллективная монография /под общ. ред. Я.Е. Львовича. Воронеж: ИПЦ Научная книга, 2021. 191 с.
4. Львович Я.Е., Рындин Н.А. Оптимизация распределения ресурсного обеспечения на стадиях развития и функционирования цифровизированных организационных систем //Информационные технологии. 2022. Т. 28. № 6. С. 294–301.
5. Руткаускас Т.К., Домников А.Ю., Медведева Л.А. [и др.]. Инвестиции и инвестиционная деятельность/ под общ. ред. Т.К. Руткаускас. Екатеринбург: изд-во Уральского университета, 2019. 316 с.
6. Бухольцев И.М., Львович Я.Е., Рындин Н.А. Оптимизация распределения объема инвестиций при реализации программы развития многообъектной

организационной системы //Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2024. С. 234–241.

7. Львович И.Я., Львович Я.Е., Фролов В.Н. Информационные технологии моделирования и оптимизации: краткая теория и приложения. Воронеж: ИПЦ Научная книга, 2016. 444 с.

8. Бухольцев И.М. Структуризация управления инвестированием многообъектной организационной системы на стадиях формирования и реализации программы развития с использованием оптимизационного подхода //Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2024. Т.12. №2.С. 1–12.

9. Львович Я.Е., Львович И.Я. Принятие решений в экспертно -виртуальной среде. Воронеж: ИПЦ Научная книга, 2010. 140 с.

10. Баркалов С.А., Буркова И.В., Колпачев В.Н., Потапенко А.М. Модели и методы распределения ресурсов в управлении проектами. М.: Институт проблем управления, 2004. 85 с.

**Для цитирования:** Бухольцев И.М., Рындин Н.А. Оптимизационное моделирование при управлении ребалансировкой инвестиционного процесса развития многообъектной организационной системы // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2025. № 1 (25). С. 55–65.

## **OPTIMIZATION MODELING AT MANAGEMENT OF REBALANCING OF INVESTMENT PROCESS OF DEVELOPMENT OF MULTI-OBJECT ORGANIZATIONAL SYSTEM**

I.M. BUKHOLTSEV<sup>1</sup>, Postgraduate, N.A. RYNDIN<sup>2</sup>, Dr Sc.

<sup>1</sup>Voronezh Institute of High Technologies,  
73a, Lenina St., Voronezh, 394043, e-mail: ksen.me@inbox.ru

<sup>2</sup>Voronezh State Technical University,  
84, 20 Letiya Oktyabrya str., Voronezh, 394006, e-mail: nikita.ryndin@gmail.com.

The article considers an optimization approach to improving the efficiency of managing the distribution of investment resources between the objects of organizational systems, taking into account the integral volume of investments and the level of development efficiency indicators determined by the control center. In order to improve the efficiency of the program-targeted approach to the development of a multi-object organizational system (MOS), a number of models and algorithms for modeling and optimizing the distribution of investments in managing this process have been developed. At the same time, both the processes of balancing the assignment of investments in the areas of the development program and the processes of rebalancing based on the results of monitoring the initial program and the availability of released resources are considered. An example of formalizing the optimization problem of rebalancing, its extreme and boundary conditions is given. A method for ranking objects by the criterion of lost profit, determined based on the results of monitoring the implementation of MOS development plans for individual programs and by experts, is proposed. The Spearman rank correlation coefficient is used as a measure of the proximity of these rank series. The application of the developed software tools, coupled with the information system for monitoring the implementation of

the development program, in the practice of managing the investment of organizational systems is shown using the example of distributing subsidies for the implementation of the regional agricultural development program in the Department of Agrarian Policy of the Voronezh Region.

*Keywords:* optimization modeling, multi-object organizational system, investment, rebalancing, software package.

Поступила в редакцию/received: 07.10.2024; после рецензирования/revised: 14.10.2024;  
принята/accepted: 22.11.2024

УДК 623.618.5

## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Г.В. КАЗАКОВ, канд.техн.наук

4-й Центральный научно-исследовательский институт Минобороны России,  
141092, Московская обл., Королев, ул.М.К.Тихонравова, 29, e-mail: kgv.64@mail.ru

© Казаков Г.В., 2025

В статье раскрываются вопросы применения искусственного интеллекта в жизненном цикле автоматизированных систем подготовки данных управления летательными аппаратами. В настоящее время происходит затягивание сроков создания таких систем и сдачи их в эксплуатацию. Причинами этого является недостаточная степень автоматизации процессов проектирования, разработки конструкторской документации, испытаний и сопровождения эксплуатации системы. Предлагаемая универсальная система управления жизненным циклом системы подготовки данных основана на использовании искусственного интеллекта и состоит из совокупности автоматизированных рабочих мест: проектирования системы, программирования, испытаний и сопровождения эксплуатации системы. Проведен расчет времени, затрачиваемого на разработку системы, и показан предполагаемый эффект от применения искусственного интеллекта в этом процессе.

*Ключевые слова:* автоматизированное рабочее место, автоматизированная система подготовки данных, жизненный цикл, летательный аппарат, программирование, проектирование, сопровождение, тестирование

**DOI:10.46573/2658-5030-2025-1-65-76**

### ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных систем критического приложения, от функционирования которой зависит качественное выполнение задач полета летательными аппаратами (ЛА), является автоматизированная система подготовки данных (АСПД) управления ЛА. Под АСПД управления ЛА будем понимать организационно-техническую систему, предназначенную для подготовки данных управления ЛА, обеспечивающих вывод ЛА на заданный маршрут с требуемой точностью.