

УПРАВЛЕНИЕ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ

DOI: 10.18137/RNU.V9I187.24.02.P.41

УДК 681.3

И.М. Бухольцев, Я.Е. Львович, Н.А. Рындин

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ИНВЕСТИЦИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ МНОГООБЪЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. Рассматривается одна из задач применения оптимизационного подхода к управлению процессом инвестирования программ развития многообъектной организационной системы на стадии ее реализации. Показано, что за некоторый период времени реализации программы возникает неполное освоение запланированного инвестиционного ресурса рядов объектов системы. В этом случае создаются возможности для ребалансировки неиспользованного ресурсного обеспечения. При этом такая ребалансировка инвестиций привязана к направлениям реализации программы развития и требует оптимизации распределения дополнительного объема инвестиционного ресурса между объектами организационной системы. На основании формализации экстремальных и граничных требований, определяющих процесс ребалансировки инвестиций, сформирована многокритериальная оптимизационная задача с ограничениями. Осуществлено свертывание векторного критерия с использованием принципа гарантированного результата и введены условия оптимальности управленческого решения. Предположен проблемно-ориентированный алгоритм оптимизации процесса принятия решений, включающий формирование множества вариантов ребалансировки объемов инвестиций и выбора окончательного варианта на основе экспертного оценивания.

Ключевые слова: многообъектная организационная система, управление, инвестирование развития, ребалансировка инвестиций, многокритериальная оптимизация, экспертное оценивание.

I.M. Bukholtsev, Ya.E. Lvovich, N.A. Ryndin

OPTIMIZATION OF INVESTMENT VOLUME ALLOCATION WHEN IMPLEMENTING A PROGRAM FOR THE DEVELOPMENT OF A MULTI-OBJECT ORGANIZATIONAL SYSTEM

Abstract. The article considers one of the problems of applying the optimization approach to managing investment in development programs of a multi-object organizational system at the stage of its implementation. It is shown that for some period of time of the program implementation there is an incomplete development of the planned investment resource of a number of objects of the system. In this case, the opportunities for rebalancing of unused resource provision are created. Such rebalancing of investments is tied to the directions of implementation of the development program and requires optimization of the distribution of additional investment resource between the objects of the organizational system. Based on the formalization of extreme and boundary requirements that define the process of investment rebalancing, a multicriteria optimization problem with constraints is formed. The vector criterion convolution using the principle of guaranteed result is carried out and conditions of optimality of managerial decision are introduced. A problem-oriented algorithm for optimizing the decision-making process, including the formation of a set of options for rebalancing investment volumes and the selection of the final option on the basis of expert evaluation, is proposed.

Keywords: multi-objective organizational system, management, development investment, investment rebalancing, multi-criteria optimization, expert evaluation.

Бухольцев Иван Михайлович

аспирант, Воронежский институт высоких технологий, город Воронеж. Сфера научных интересов: управление в социальных и экономических системах. Автор шести опубликованных научных работ.

Электронный адрес: ksen.me@inbox.ru

Львович Яков Евсеевич

доктор технических наук, профессор, президент, Воронежский институт высоких технологий, город Воронеж. Сфера научных интересов: моделирование и оптимизация. Автор более 900 опубликованных научных работ. SPIN-код: 9029-3251, AuthorID: 100464.

Электронный адрес: office@vivot.ru

Рындин Никита Александрович

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры систем автоматизированного проектирования и информационных систем, Воронежский государственный технический университет, город Воронеж. Сфера научных интересов: управление в социальных и экономических системах, разработка информационных систем. Автор более 60 опубликованных научных работ. SPIN-код: 4408-0298, AuthorID: 1043662.

Электронный адрес: hrimfaxi@icloud.com

Введение

В современных условиях развития экономики всё большее значение приобретает эффективное управление инвестированием программы развития многообъектной организационной системы (далее – МОС). Инвестиции являются одним из ключевых источников финансирования для развития организаций. Однако часто возникают ситуации, когда инвестиции не приносят ожидаемой прибыли или не используются наиболее эффективным образом. В связи с этим существует актуальная задача поиска возможностей повышения эффективности управления процессом инвестирования [1–3].

Поскольку в МОС объединены в организационное целое $i = \overline{1, I}$ объектов с однородными видами деятельности, оптимизационный подход приобретает важное значение при распределении инвестиционного ресурса C , установленного управляющим центром:

- между $n = \overline{1, N}$ мероприятиями программы развития с формированием подмножеств объектов $i_n = \overline{1, I_n}$, участвующих в использовании инвестиций по n -му направлению;
- между объектами по каждому направлению $C_{i_n}, i = \overline{1, I}, n = \overline{1, N}$.

Значимость оптимизационного моделирования для перечисленных задач подтверждена практическими исследованиями процесса управления инвестированием развития гражданской авиации [4] и агропромышленного комплекса [5].

В процессе реализации программы развития во временные периоды $t = \overline{1, \tau}$ возникают ситуации, когда для ряда объектов в заданные временные периоды $t \in \tau$ фиксируют наличие отклонений реальных объемов инвестиций $C_{i_n}^0(t)$ от установленных $C_{i_n}^*(t)$ и значений показателей эффективности МОС $y_{j_n}, j = \overline{1, J}, i = \overline{1, I}, n = \overline{1, N}$ от запланированного уровня $y_{j_n}^0$.

Оптимизация распределения объема инвестиций при реализации программы развития ...

Возникает необходимость корректировки выполнения программы развития на последующие временные периоды, что приводит к ребалансировке инвестиций [6].

В первую очередь по отклонениям объемов инвестиций от запланированных реализуется ребалансировка назначения инвестиций объектам по направлениям программы путем

коррекции множества объектов $i_n = \overline{1, I_n}$, инвестируемых по определенному направлению.

Для скорректированного множества объектов предполагается провести ребалансировку объемов инвестиций, исходя из выделения максимального дополнительного ресурса. Такое требование приводит к многокритериальной оптимизационной задаче.

Целью статьи является разработка модели и алгоритма для принятия управленческого решения по балансировке объемов инвестиций с применением оптимизационного подхода.

- формирование оптимизационной модели ребалансировки объемов инвестиций;
- алгоритмизация принятия управленческих решений на основе оптимизационной модели.

Формирование оптимизационной модели ребалансировки объемов инвестиций

Ребалансировка объемов инвестиций заключается в перераспределении высвободившегося ресурса

$$\Delta C_n = \sum_{i_n=1}^{I_n} \sum_{t=1}^{\tau} (C_{i_n}^*(t) - C_{i_n}^p(t)), \quad (1)$$

где $C_{i_n}^*(t), C_{i_n}^p(t)$ – соответственно, установленный управляющим центром и реально освоенный инвестиционный ресурс в период времени $t = \overline{1, \tau}$, между объектами с номерами $i_n = \overline{1, I_n}$, то есть в определении дополнительных объемов инвестиций $C_{i_n}^d$ на промежуток времени $t_1 = \overline{\tau + 1, T_1}$.

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

$$C_{i_n}^d \rightarrow \max, i_n = \overline{1, I_n}. \quad (2)$$

Требование (2) является экстремальным требованием задачи ребалансировки [7].

Граничные требования определяются балансовым условием соответствия объему дополнительных инвестиций (1)

$$\sum_{i_n=1}^{I_n} C_{i_n}^d = \Delta C_n \quad (3)$$

и экспертной оценкой интервалов потребности объектов в дополнительном инвестиционном ресурсе

$$C_{i_n}^{min} \leq C_{i_n}^d \leq C_{i_n}^{max}. \quad (4)$$

Объединяя экстремальные требования (2) с граничными (3), (4), получаем следующую оптимизационную модель:

$$\begin{aligned}
C_{i_n}^{\partial} &\rightarrow \max, i_n'' = \overline{1, I_n''}, \\
\sum_{i_n=1}^{I_n''} C_{i_n}^{\partial} &= \Delta C_n, \\
C_{i_n}^{\min} &\leq C_{i_n}^{\partial} \leq C_{i_n}^{\max}.
\end{aligned} \tag{5}$$

Отметим, что из (3), (4) следует условие

$$\sum_{i_n=1}^{I_n''} C_{i_n}^{\min} < \Delta C_n < \sum_{i_n=1}^{I_n''} C_{i_n}^{\max}. \tag{6}$$

Сгруппируем локальные экстремальные требования (2) в виде векторного критерия оптимизации

$$\bar{C}_n = (C_{i_n}^{\partial}, \dots, C_{i_n}^{\partial}, \dots, C_{i_n}^{\partial}) \tag{7}$$

и преобразуем (7) с учетом относительной важности получения дополнительных инвестиций объектами с номерами $i_n'' = \overline{1, I_n''}$, которая определяется экспертами управляющего центра многообъектной организационной системы.

Для преобразования векторного критерия оптимальности (7) используем положительно линейную трансформацию в вектор

$$\bar{\psi} = (\psi_{i_n}, \dots, \psi_{i_n}, \dots, \psi_{i_n})$$

с сохранением истинности отношений предпочтения [8]:

$$\bar{C}_n \sim \bar{\psi}(\bar{C}_n), \tag{8}$$

$$\psi_{i_n}(C_{i_n}^{\partial}) = a e_{i_n} = (C_{i_n}^{\partial} + b_{i_n}) / \beta_{i_n} = \alpha_{i_n} C_{i_n}^{\partial} + \gamma_{i_n},$$

где $\alpha_{i_n} = \frac{1}{\beta_{i_n}} > 0$ и $\gamma_{i_n} = \frac{b_{i_n}}{\beta_{i_n}}$.

Учитывая, что в (8) сохраняется сравнительная предпочтительность значений векторного критерия \bar{C}_n (если $\bar{C}_n > \bar{C}_n$, то $\bar{\psi}(\bar{C}_n) < \bar{\psi}(\bar{C}_n)$, где $<$ – знак, обозначающий предпочтения вектора слева по отношению к вектору справа), построим новый критерий

$$\bar{a}e = (ae_1, \dots, ae_{i_n}, \dots, ae_{I_n}). \tag{9}$$

Компоненты (9) связаны с компонентами исходного критерия (7) следующим образом:

$$C_{i_n}^{\partial} = \beta_{i_n} ae_{i_n} - b_{i_n}, i_n'' = \overline{1, I_n''}. \tag{10}$$

Коэффициент β_{i_n} выражает балльную оценку важности инвестирования объекта i_n'' по n -му направлению программы развития МОС.

Если управляющий центр организационной системы определяет для объекта i_n'' большее значение β_{i_n} , то согласно (10) при ребалансировке этому объекту выделяется больший объем инвестиционного ресурса $C_{i_n}^{\partial}$. Будем считать, что

$$\beta_{i_n} = \theta(\bar{G}^{i_n}, \bar{\lambda}^*) / \sum_{i_n=1}^{I_n''} \theta(\bar{G}^{i_n}, \bar{\lambda}^*), \tag{11}$$

Оптимизация распределения объема инвестиций при реализации программы развития ...

где

$$\theta(\vec{G}^n, \vec{\lambda}^*) = \sum_{m=1}^M \lambda_m^* (\vec{G}^1, \dots, \vec{G}^n, \dots, \vec{G}^n) G_m^n, \quad (12)$$

$m = \overline{1, M}$ – нумерационное множество, характеризующее линейное преобразование (12).

С использованием коэффициентов $b_{i_n} = C_n^0 - C_{i_n}^{min}$ частные критерии оптимальности C_{i_n} приводятся к общему началу отсчета C^0 .

В качестве значения объема инвестиций, характеризующего значение начала отсчета C^0 , предлагается один из вариантов:

$$C_n^0 = \frac{\Delta C_n}{I_n},$$

$$C_n^0 = \frac{\sum_{i_n=1}^{I_n} C_{i_n}^{min}}{I_n},$$

$$C_n^0 = \min_{i_n=1, I_n} (C_{i_n}^{min}).$$

Чем выше значение минимального объема инвестиций $C_{i_n}^{min}$, тем меньше значение коэффициента b_{i_n} (для некоторых значений $C_{i_n}^{min}$ коэффициент b_{i_n} может принимать отрицательное значение). Таким образом, нижняя оценка $C_{i_n}^{min}$ с использованием коэффициента b_{i_n} трансформируется в информацию о важности инвестирования объекта i_n (чем выше нижняя оценка $C_{i_n}^{min}$, тем важнее является развитие объекта i_n по n -му направлению с позиций управляющего центра).

Свертывание векторного критерия (9) осуществим с использованием принципа гарантированного результата [8]. Тогда после упорядочения объекта МОС по степени возрастания нижних оценок $ae_{i_n}^{min}$ получим следующую оптимизационную модель вида

$$\max_{ae} \min_{i_n=1, I_n} (ae_{i_n}),$$

$$\sum_{i_n=1}^{I_n} \beta_{i_n} ae_{i_n} = R, \quad (13)$$

$$ae_{i_n}^{min} \leq ae_{i_n} \leq ae_{i_n}^{max}, 0 \leq ae_1^{min} \leq ae_2^{min} \leq \dots \leq ae_{i_n}^{min} \leq ae_{I_n}^{min},$$

$$\sum_{i_n=1}^{I_n} \beta_{i_n} ae_{i_n}^{min} < \sum_{i_n=1}^{I_n} \beta_{i_n} ae_{i_n}^{max}, \quad (14)$$

где

$$ae_{i_n}^{min} = (ae_{i_n}^{max} + b_{i_n}) / \beta_{i_n}, ae_{i_n}^{max} = (ae_{i_n}^{max} + b_{i_n}) / \beta_{i_n}, R = \Delta C_n + \sum_{i_n=1}^{I_n} b_{i_n}.$$

Алгоритмизация принятия управленческих решений на основе оптимизационной модели

В [9] доказано, что оптимальным решением (13) и (14) является вектор \vec{ae}^* с компонентами

$$ae_{i_n}^* = \begin{cases} ae_0, i_n = \overline{1, I_n''}; \\ ae_{i_n}^{min}, i_n = \overline{w, I_n''}, \end{cases} \quad (15)$$

$$\tau_0 = \left(R + \sum_{i_n=w+1}^{I_n''} \beta_{i_n} ae_{i_n}^{min} \right) / \sum_{i_n=1}^w \beta_{i_n},$$

w – наибольшее значение индекса i_n'' , при котором выполняется неравенство

$$\left(R - \sum_{i_n=w+1}^{I_n''} \beta_{i_n} ae_{i_n}^{min} \right) \sum_{i_n=1}^{i_n''} \beta_{i_n} \geq ae_{i_n}^{min}, i_n = \overline{1, I_n''}.$$

Исходя из обоснования оптимального решения (15) в [9], предлагается проблемная ориентация алгоритмизации поиска этого решения для ребалансировки объемов инвестиций по направлениям в виде последовательности следующих шагов.

1. С учетом упорядоченной последовательности компонентов вектора \overline{ae} (14) поиск начнем с объекта организационной системы в этой последовательности, имеющей индекс I_n'' :

$$i_n'' = I_n'', R_{i_n} = R.$$

2. Проверяем условие оптимальности

$$\left(R_w / \sum_{i_n=1}^{i_n''} \beta_{i_n} \right) \geq ae_w^{min},$$

тогда

$$ae_{i_n}^* = R_{i_n} / \sum_{i_n=1}^{i_n''} \beta_{i_n}, i_n'' = \overline{1, I_n''}. \quad (16)$$

Если

$$ae_l^* \leq \min_{i_n=1, i_n''} ae_{i_n}^{max} = ae_q^{max}, q = \overline{1, Q} < I_n'', l = 1, i_n'',$$

то задача (15) решена. В противном случае переходим к шагу 3.

3. Полагаем $ae_q^* = ae_q^{max}$; $R = R - \beta_q ae_q^{max}$ и исключаем q -ю компоненту из дальнейшего рассмотрения.

4. Вводим новую нумерацию для оставшихся компонентов $ae_{i_n}^*$ в порядке возрастания нижних оценок $ae_{i_n}^{min}$, повторяем все вычисления с шага 2.

5. Если на очередном этапе задача 2 решена и определены оптимальные значения $ae_{i_n}^*$ (16), получаем оптимальную ребалансировку объемов инвестиций по n -му направлению программы развития МОС для $i_n'' = \overline{1, I_n''}$ объектов:

$$C_{i_n}^{\partial*} = \beta_{i_n} ae_{i_n}^* - b_{i_n}, i_n'' = \overline{1, I_n''}. \quad (17)$$

6. Решение (17) рассматривается экспертами управляющего центра МОС. Если оно соответствует их оценкам влияния $C_{i_n}^{\partial*}$ на развитие i_n'' -го объекта, то ребалансировка осуществляется в соответствии с этим решением. В противном случае экспертам предлагается перейти к многовариантному выбору при выполнении условия, что объем неиспользо-

Оптимизация распределения объема инвестиций при реализации программы развития ...

ванного инвестиционного ресурса меньше минимальной суммарной потребности в нем объектов $i_n^* = \overline{1, I_n^*}$:

$$\Delta C_n < \sum_{i_n^*=1}^{I_n^*} C_{i_n^*}^{min}. \tag{18}$$

7. Формируется новая многокритериальная задача оптимизации процесса ребалансировки, исходя из условия (18) на основе невязки между значениями объемов ресурсов $C_{i_n^*}^\partial$ и их нижними оценками $C_{i_n^*}^{min}$:

$$\max \left(C_{i_n^*}^\partial - C_{i_n^*}^{min} \right), i_n^* = \overline{1, I_n^*} \tag{19}$$

при условии, что

$$\sum_{i_n^*=1}^{I_n^*} C_{i_n^*}^\partial = \Delta C_n, 0 \leq C_{i_n^*}^\partial \leq C_{i_n^*}^{max}, i_n^* = \overline{1, I_n^*}.$$

8. Осуществляется преобразование задачи (19) в экстремальную задачу, реализующую принцип гарантированного результата. Для этого значения частных критериев в (19) сделаем неотрицательными путем суммирования с константой

$$C^{min} = \max_{i_n^* = \overline{1, I_n^*}} C_{i_n^*}^{min}$$

и введем для них положительное линейное преобразование

$$ae_{i_n^*} = \left(C_{i_n^*}^g + \rho_{i_n^*} \right) / \beta_{i_n^*},$$

где $\rho_{i_n^*} = \left(C^{min} - C_{i_n^*}^{min} \right)$.

В результате имеем следующую оптимизационную задачу

$$\begin{aligned} & \max_{ae} \min_{i_n^* = \overline{1, I_n^*}} \left(ae_{i_n^*} \right), \\ & \sum_{i_n^*=1}^{I_n^*} \beta_{i_n^*} ae_{i_n^*} = R, ae_{i_n^*}^{min} \leq ae_{i_n^*} \leq ae_{i_n^*}^{max}, i_n^* = \overline{1, I_n^*}, \\ & 0 \leq ae_1^{min} \leq ae_2^{min} \leq \dots \leq ae_{I_n^*}^{min} \end{aligned} \tag{20}$$

где $R = \Delta C_n + \sum_{i_n^*=1}^{I_n^*} \rho_{i_n^*}$; $ae_{i_n^*}^{min} = \rho_{i_n^*} / \beta_{i_n^*}$; $ae_{i_n^*}^{max} = \left(C_{i_n^*}^{max} + \rho_{i_n^*} \right) / \beta_{i_n^*}$.

9. Для решения (20) возвращаемся к шагам 1–4, но с новыми параметрами. В результате получаем $ae_{i_n^*}^*$, и в соответствии с (17) новый вариант ребалансировки объемов инвестиций по n -му направлению программы развития

$$C_{i_n^*}^{\partial*}, i_n^* = \overline{1, I_n^*}. \tag{21}$$

10. С учетом условия (18) формируются три дополнительных варианта ребалансировки, ориентированные на потребности объектов $C_{i_n^*}^{min}, i_n^* = \overline{1, I_n^*}$ [10]:
– пропорциональный

$$C_{i_n}^{\partial^*} = \begin{cases} C_{i_n}^{min}, \text{ если } \Delta C_n \geq \sum_{i_n=1}^{I_n} C_{i_n}^n, \\ \frac{C_{i_n}^{min}}{\sum_{i_n=1}^{I_n} C_{i_n}^{min}} \Delta C_n, \text{ если } \Delta C_n < \sum_{i_n=1}^{I_n} C_{i_n}^{min}; \end{cases} \quad (22)$$

– на основе обратных приоритетов

$$C_{i_n}^{\partial^*} = \begin{cases} C_{i_n}^{min}, \text{ если } \Delta C_n \geq \sum_{i_n=1}^{I_n} C_{i_n}^n, \\ \min \left(C_{i_n}^{min}, \frac{\frac{a_{i_n}^n}{C_{i_n}^{min}}}{\sum_{i_n=1}^{I_n} \frac{a_{i_n}^n}{C_{i_n}^{min}}} \right), \text{ если } \Delta C_n < \sum_{i_n=1}^{I_n} C_{i_n}^{min}, \end{cases} \quad (23)$$

где параметр $a_{i_n}^n$ – коэффициент значимости влияния инвестиций по n -му направлению на развитие i_n -го объекта, вычисляемый на основе экспертных оценок [10];

– параметрический

$$C_{i_n}^{\partial^*} = C_{i_n}^{min} - \sigma \left(\left(\max_{i_n=1, I_n} a_{i_n}^n \right) - a_{i_n}^n \right), \quad (24)$$

где параметр σ имеет размерность объема инвестиций и определяется из условия

$$\sum_{i_n=1}^{I_n} C_{i_n}^{\partial^*} = \Delta C_n.$$

11. Эксперты сравнивают между собой варианты (17), (21)–(24) и выбирают тот, который в наибольшей степени согласуется с целями управляющего центра МОС [11].

На рисунке приведена структурная схема оптимизации ребалансировки объемов инвестиций по направлениям программы развития МОС.

Оптимизация распределения объема инвестиций при реализации программы развития ...



Рисунок. Структурная схема оптимизации ребалансировки объемов инвестиций по направлениям программы развития МОСВ

Источник: [11].

Заключение

В процессе реализации программы развития многообъектной организационной системы некоторые объекты не используют установленный управляющим центром инвестиционный ресурс в полном объеме. За определенный период времени накапливается дополнительное ресурсное обеспечение и требуется ребалансировка инвестиций. Процесс ребалансировки определяется экстремальными и граничными требованиями и формализуется с использованием оптимизационных моделей распределения дополнительного ресурса между направлениями программы развития, а внутри направлений – между объектами организационной системы.

Оптимизация назначения инвестиций по направлениям программы развития позволяет перейти к принятию управленческих решений по ребалансировке объемов инвестиционного ресурса для выделенного множества объектов, исходя из требования максимизации этих объемов при установленных управляющим центром граничных требований. При этом решение задачи многокритериальной оптимизации с использованием принципа гарантированного результата является не единственным вариантом управленческого решения, что определяет необходимость многовариантного выбора на основе экспертных оценок.

Литература

1. Воронцовский А.В. Инвестиции и финансирование: Методы оценки и обоснования. СПб. : Изд-во С.-Петербургского гос. ун-та, 1998. 528 с. ISBN 5-288-02108-2.
2. Казанова А.В. Оценка эффективности инвестиций: современные подходы // Прикладные экономические исследования. 2020. № 5 (39). С. 24–28. EDN HIVGTK.
3. Руткаускас Т.К., Домников А.Ю., Медведева Л.А. и др. Инвестиции и инвестиционная деятельность организаций : учебное пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. 316 с. ISBN 978-5-7996-2636-5.
4. Борзова А.С., Иванов Д.В. Оптимизационное моделирование процессов развития отраслевой организационной системы гражданской авиации // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2021. Т. 9. № 1 (32). Ст. 7. EDN FYXPOU. DOI: 10.26102/2310-6018/2021.32.1.030
5. Рындин Н.А. Многовариантная структуризация цифровой среды управления в организационных системах : Монография. Воронеж : Научная книга, 2023. 172 с. ISBN 978-5-907328-22-8.
6. Курилова А.А. Мониторинг и ребалансировка инвестиционного портфеля // Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования : монография / Под ред. Г.Ю. Гуляева. Пенза : Наука и Просвещение, 2021. С. 23–37. EDN IINHSC.
7. Львович И.Я., Львович Я.Е., Фролов В.Н. Информационные технологии моделирования и оптимизации: краткая теория и приложения. Воронеж : Научная книга, 2016. 444 с. ISBN 978-5-4446-0836-4. EDN ZUZDNN.
8. Батищев Д.И., Львович Я.Е., Фролов В.Н. Оптимизация в САПР. М. : Высшая школа, 1997. 421 с. ISBN 5-7455-0812-4. EDN UEOPPV.
9. Батищев Д.И. Принятие оптимальных решений в экономических исследованиях. Горький : Изд-во ГГУ, 1982. 108 с.
10. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н. и др. Оптимизация цифрового управления в организационных системах : коллективная монография. Воронеж : Научная книга, 2021. 191 с. ISBN 978-5-4446-1550-8.

11. Львович И.Я. Принятие решений на основе оптимизационных моделей и экспертной информации. Воронеж : Научная книга, 2023. 232 с. ISBN: 9785444617885.

References

1. Vorontsovskiy A.V. (1998) *Investitsii i finansirovanie: Metody otsenki i obosnovaniya* [Investments and financing: Methods of evaluation and justification]. St. Petersburg : St. Petersburg State University Publ. 528 p. ISBN 5-288-02108-2. (In Russian).
2. Kazanova A.V. (2020) Evaluation of investment efficiency: Modern approaches. *Applied Economic Research Journal*. No. 5 (39). Pp. 24–28 (In Russian).
3. Rutkauskas T.K., Domnikov A.Yu., Medvedeva L.A., et al. (2019) *Investitsii i investitsionnaya deyatel'nost' organizatsii* [Investments and investment activity of organizations] : Textbook. Ekaterinburg : Ural State University Publ. 316 p. ISBN 978-5-7996-2636-5. (In Russian).
4. Borzova A.S., Ivanov D.V. (2021) Optimization modeling of the processes of development of the branch organizational system of civil aviation. *Modeling, optimization and information technologies*. Vol. 9. No. 1 (32). Art. no. 7. DOI: 10.26102/2310-6018/2021.32.1.030 (In Russian).
5. Ryndin N.A. (2023) *Mnogovariantnaya strukturizatsiya tsifrovoi sredy upravleniya v organizatsionnykh sistemakh* [Multivariant structurization of digital control environment in organizational systems] : Monograph. Voronezh : Nauchnaya kniga Publ. 172 p. ISBN 978-5-907328-22-8. (In Russian).
6. Kurilova A.A. (2021) Monitoring and unbalancing of the investment portfolio. In: Gulyaev G.Yu. (Ed) *Fundamental'nye osnovy innovatsionnogo razvitiya nauki i obrazovaniya* [Fundamental bases of innovative development of science and education] : Monograph. Penza : Nauka i Prosveshchenie Publ. Pp. 23–37. ISBN: 978-5-00173-136-8. (In Russian).
7. Lvovich I.Y., Lvovich Y.E., Frolov V.N. (2016) *Informatsionnye tekhnologii modelirovaniya i optimizatsii: kratkaya teoriya i prilozheniya* [Information technologies of modeling and optimization: Brief theory and applications]. Voronezh : Nauchnaya kniga Publ. 444 p. ISBN 978-5-4446-0836-4. (In Russian).
8. Batishchev D.I., Lvovich Ya.E., Frolov V.N. (1997) *Optimizatsiya v SAPR* [Optimization in CAD]. Moscow : Vysshaya shkola Publ. 421 p. ISBN 5-7455-0812-4. (In Russian).
9. Batishchev D.I. (1982) *Prinyatie optimal'nykh reshenii v ekonomicheskikh issledovaniyakh* [Adoption of optimal decisions in economic research]. Gorky : Gorky State University Publ. 108 p. (In Russian).
10. Lvovich Ya.E., Lvovich I.Y., Choporov O.N., et al. (2021) *Optimizatsiya tsifrovogo upravleniya v organizatsionnykh sistemakh* [Optimization of digital control in organizational systems] : Collective monograph. Voronezh : Nauchnaya kniga Publ. 191 p. ISBN 978-5-4446-1550-8. (In Russian).
11. Lvovich I.Y. (2023) *Prinyatie reshenii na osnove optimizatsionnykh modelei i ekspertnoi informatsii* [Decision-making on the basis of optimization models and expert information]. Voronezh : Nauchnaya kniga Publ. 232 p. ISBN 978-5-4446-1550-8. (In Russian).