

УДК 005: 51.77

DOI: [10.26102/2310-6018/2023.42.3.005](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.42.3.005)

Алгоритмизация принятия управленческих решений при реализации проектов

Л.В. Россихина¹, А.В. Калач^{1✉}, С.А. Нефедьев²

¹Воронежский институт ФСИН России, Воронеж, Российская Федерация

²Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Резюме. В современном мире все большее внимание уделяется вопросам оценки и управления рисками, являющихся неотъемлемыми спутниками процесса глобализации современной цивилизации. На основе анализа и обобщения доступных статистических данных по вопросам управления рисками реализации проектов установлено, что менее половины всех существующих организаций практикуют мероприятия, направленные на управление рисками (выявление, мониторинг, разработку и реализацию мер по снижению рисков). В статье рассмотрен частный случай решения задачи управления рисками, состоящей в достижении цели программы при минимальных затратах с учетом ограничений на финансирование проектов с высоким риском либо на их количество. Необходимо отметить, что в существующих документах по регламентации процессов проектного управления вовсе отсутствует методическое обеспечение выявления, оценки и минимизации рисков. Кроме того, в настоящее время отсутствуют эффективные методики сравнительного выявления, анализа взаимосвязей и взаимного влияния величин рисков и механизмов их минимизации при реализации проектов и осуществлении проектного управления. Для учета степени риска реализации проектов предложены две постановки задачи формирования выполняемых задач. В первой задаче определяются одноцелевые проекты для включения в программу, обеспечивающие достижение ее цели при минимальных затратах с учетом ограничений на финансирование проектов с высоким риском либо на их число. Представлены оригинальный алгоритм решения задачи на основе метода ветвей и границ с предложенным способом оценки снизу подмножества решений и приближенный эвристический алгоритм на основе метода «Затраты-эффект». Вторая задача состояла в уменьшении стоимости реализации программы за счет перевода ряда проектов с низким риском на варианты со средним и высоким рисками реализации. Для решения данной задачи применяли метод ветвей и границ с получением оценок решений методом сетевого программирования.

Ключевые слова: проект, программа, риск, метод ветвей и границ, эвристический алгоритм, обобщенная двойственная задача.

Для цитирования: Россихина Л.В., Калач А.В., Нефедьев С.А. Алгоритмизация принятия управленческих решений при реализации проектов. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2023;11(3). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1368> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.42.3.005

Algorithmizing the management of project launch risks

L.V. Rossikhina¹, A.V. Kalach^{1✉}, S.A. Nefediev²

¹Voronezh Institute of the Russian Federal Penitentiary Service, Voronezh, the Russian Federation

²Saint Petersburg University of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Saint Petersburg, the Russian Federation

Abstract. Nowadays, increasing attention is paid to the issues of risk assessment and management, which are strongly associated with the globalization process of modern civilization. Based on the analysis and generalization of available statistical data on project risk management, it was found that less than half of the existing organizations carry out activities aimed at risk management (identification, monitoring, development and implementation of risk mitigation measures). The article considers a special case of solving the problem of risk management which consists in achieving the goal of the program at minimal cost taking into account restrictions on financing high-risk projects or on their number. It should be noted that in the existing documents on the regulation of project management processes, there is no methodological support for identifying, assessing and minimizing risks at all. In addition, there are currently no effective methods of comparative identification, analysis of interrelations and mutual influence of risk values and mechanisms for their minimization in the implementation of projects and project management. To account for the degree of project implementation risk, two objectives of forming the programs being implemented are proposed. The first objective implies identifying single-purpose projects for inclusion in the program that ensures the achievement of its goal at minimal cost with due regard for restrictions on high-risk project funding or their number. An original algorithm for solving the problem based on the branch-and-bound method with the proposed method for estimating a subset of solutions from below and an approximate heuristic algorithm using the “expense-effect” method are presented. The second objective was to reduce the cost of implementing the program by converting a number of low-risk projects to medium- and high-risk options. To solve this problem, the branch-and-bound method to obtain estimates of solutions by the network programming method was employed.

Keywords: project, program, risk, branch-and-bound method, heuristic algorithm, generalized dual problem.

For citation: Rossikhina L.V., Kalach A.V, Nefediev S.A. Algorithmizing the management of project launch risks. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2023;11(3). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1368> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.42.3.005 (In Russ.).

Введение

В современных условиях перехода к цифровой экономике сложно переоценить значение внедрения риск-ориентированного подхода к оценке результативности и эффективности реализации проектов в организационных системах. Риск стал важной частью современных предприятий и затронул широкий круг организаций во всех секторах экономики. При этом ограниченные возможности источников ресурсного развития в современной экономике диктуют необходимость совершенствования методов проектного управления. В связи с этим, во всем мире все большее внимание уделяют вопросам управления рисками, которые являются результатом глобализации современной цивилизации. Управление рисками включает в себя выявление источников неопределенности (идентификация риска), оценку вероятности и влияния случайных событий (условий) на эффективность реализации проекта (анализ рисков), выработку стратегий реагирования и, наконец, мониторинг рисков во время выполнения проекта [1].

Анализ и обобщение статистических данных, приведенных в открытой научной печати по вопросам управления рисками реализации проектов, показывают, что лишь порядка 40 % организаций осуществляют мероприятия, направленные на управление рисками (выявление, мониторинг, разработку и реализацию мер по снижению рисков) [1].

Эффективная оценка рисков представляет возможным решение проблемы эффективного управления проектами в целом. В настоящее время оценка рисков рассматривается исследователями как подсистема управления проектом, включающая идентификацию рисков, их анализ и оценку, разработку методов управления риском, принятие решений в условиях неопределенности и неполноты данных, оперативное

управление рисками, разработку мер по снижению рисков и их реализацию, контроль действий по снижению рисков и выработку управленческих решений, направленных на смягчение последствий реализации рисков [2-6].

Следует отметить, что проектирование позволяет решать сложные и масштабные задачи в современном обществе, требующие одновременного привлечения знаний множества специализированных экспертов и специалистов из различных организаций. При этом в результате такой кооперации становится возможным реализация таких проектов, в которых сочетаются различные оригинальные инженерно-технические, социально-экономические решения. Выполнение проектов, зачастую, представляет собой рациональное сочетание кропотливого планирования и контроля в условиях неопределенности и неполноты данных, что ведет к противоречивости требований при принятии управленческих решений и находит свое отражение в известных открытых научных источниках по управлению проектами. Некоторые авторы отмечают, что проекты требуют четкого планирования и контроля. Другие, напротив, подчеркивают, что проекты требуют гибкости и оперативности реагирования при принятии управленческих решений, что позволяет отказаться от системы жесткого планирования и контроля. В организационных системах, как правило, применяют конкурентный подход вместо алгоритмизации планирования операционной деятельности при управлении проектами, что негативно сказывается на эффективности функционирования предприятий [7].

В связи с этим, актуальным представляется алгоритмизация принятия управленческих решений, соответствующих требованиям своевременного и безопасного достижения поставленной цели, при реализации проекта в рамках выделенных бюджетов времени и финансов.

Таким образом, управление рисками представляет собой стратегическую задачу проектных организаций, предусмотренную законодательством, отраслевыми стандартами и внутренними инструкциями. Следует отметить, что к методам управления рисками относятся методы компенсации рисков, распределения рисков, локализации рисков, ухода от рисков, снижения рисков. Вопросам эффективного решения частных задач управления рисками проектов в организационных системах посвящены работы [8-10].

При проектировании управленческие решения по выбору стратегии, распределению ресурсов и ранжированию проектами по степени важности (приоритету) зависят от нескольких заинтересованных сторон и их агентских отношений. Кроме того, взаимодействия, созданные для реализации проектов, имеют различную организационную структуру и могут быть основаны на различных нормах, регламентах и схемах реализации, начинаться и заканчиваться в разное время. Однако следует отметить, что проектные организации зачастую используют методы управления проектными рисками лишь в качестве формального упражнения для галочки [11, 12].

Подобные факты свидетельствуют об отсутствии результативного алгоритма принятия управленческих решений при реализации проектов и позволили сформулировать общую постановку задачи управления рисками при реализации проектов в следующем виде.

Разрабатывается многопроектная программа, включающая несколько направлений. Целью программы является достижение требуемой величины комплексной оценки состояния объекта. Каждый проект характеризуется эффектом от его реализации, затратами на его реализацию, степенью риска (проект с низким, средним или высоким риском). Требуется определить проекты для включения в программу, обеспечивающие достижения при минимальных затратах с учетом рисков.

В работах [13, 14] приведено подробное описание оригинального метода формирования программы, содержащей проекты с высоким и низким рисками, обеспечивающие достижение цели программы при минимальных затратах с учетом ограничений на финансирование проектов с высоким риском в каждом направлении.

В исследовании [13] представлен метод формирования программы, включающей проекты с высоким, средним и низким рисками, реализация которых обеспечивает максимальный суммарный эффект при ограничении затрат на их реализацию. Представляется логичным полагать, что для успешной реализации проектов необходимо обеспечение четкого взаимодействия между техническими системами организации (сквозными технологиями) и социальными системами (например, организационными уровнями и пользователями системы).

Следует отметить, что при небольшом числе выполняемых проектов возможно ограничиться простым перебором, однако при решении задачи принятия управленческих решений при реализации проектов в условиях их значительного числа хорошо себя зарекомендовали алгоритмы на основе метода ветвей и границ. Сам метод ветвей и границ представляет собой усовершенствованный метод перебора, при котором эффективный перебор целенаправленно идет в направлении наилучшего варианта, при наихудшем варианте он является методом простого перебора.

Проведенный анализ сложности операций принятия управленческих решений при реализации значительного числа проектов позволил сделать вывод о том, для решения задач размерностью 10 и более наилучшим образом подходит алгоритм на основе метода ветвей и границ.

В данной статье рассмотрены особенности решения частного случая задачи управления рисками при реализации проектов.

Постановка задачи управления проектами с высоким риском

Рассмотрим решение задачи, сформулированной в исследовании [15] и заключающейся в определении множества одноцелевых проектов для включения в программу, обеспечивающих достижение ее целей по каждому j -му направлению, с минимальными затратами при ограничении либо на финансирование проектов с высоким риском C либо на их число p .

Рассматривали n одноцелевых проектов, каждый из которых характеризуется эффектом a_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$ и может реализовываться в двух вариантах: с низким риском с затратами b_i или с высоким риском с затратами c_i , соответственно $b_i < c_i$, $i = \overline{1, n}$.

Для математической формулировки задачи введем переменные x_i и y_i , которые принимают значения $x_i=1$, если проект включен в программу с низким риском, в противном случае $x_i=0$; $y_i=1$, если проект включен в программу с высоким риском, в противном случае $y_i=0$.

Запишем неравенство (1):

$$x_i + y_i \leq 1, \quad i = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Математическая модель имеет вид:

$$\Phi = \sum_{i=1}^n (b_i x_i + c_i y_i) \rightarrow \min \quad (2)$$

Зададим следующие граничные условия:

$$R(x) = \sum_{i=1}^n (x_i + y_i) \alpha_i \geq A, \quad (3)$$

$$\sum_i y_i c_i \leq C, \quad i = \overline{1, n} \quad (4)$$

Или в следующем виде:

$$\sum_i y_i \leq p, \quad i = \overline{1, n}, \quad (5)$$

где $R(x)$ – величина эффекта для соответствующего направления программы при заданных значениях переменных $x_i, y_i, i = \overline{1, n}$, причем $A_l \leq R(x) \leq A_{l+1}, l = \overline{1, k}$, где A_l – граничные величины эффекта при балльной оценке l , соответствующего направления программы;

k – размерность балльной шкалы оценивания;

A – одно из значений A_l , которое зависит от цели соответствующего направления программы;

C – допустимый объем финансирования проектов с высоким риском соответствующего направления программы;

p – допустимое количество проектов с высоким риском в соответствующем направлении программы.

Из постановки задачи следует, что при выборе проектов необходимо рассматривать лишь перспективные и оставлять без реализации бесперспективные. Кроме того, успешное функционирование организационной системы и реализация проектов предусматривает обеспечение непрерывного координирующего и интегрирующего воздействия в условиях неопределенности и ограничениях по финансовым затратам, человеческим ресурсам, срокам исполнения и качеству исполняемых работ. Как известно, для решения задач оптимизации хорошо себя зарекомендовал метод ветвей и границ, представляющий обратный поиск решений с использованием дерева пространства состояний.

Схематично особенности метода ветвей и границ приведены на Рисунке 1.

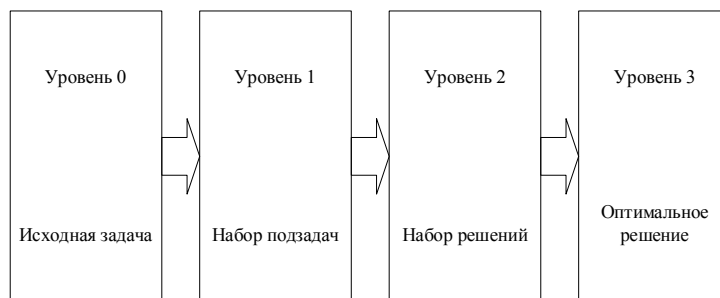


Рисунок 1 – Схематичное изображение реализации метода ветвей и границ
 Figure 1 – Layout of the branch-and-bound method implementation

Необходимо отметить, что эффективность реализации метода в значительной степени зависит от верного задания нижних и верхних пределов ветвей пространства поиска. Рассмотрим формальную запись поставленной задачи в понятиях и терминах линейного программирования.

После формализации условий и исходных данных, ограничений на переменные, полагали $z_i = x_i + y_i$, $i = \overline{1, n}$, тогда математическая модель задачи (2)-(5) примет вид (6)-(8):

$$\Phi(z, y) = \sum_{i=1}^n (b_i z_i - \Delta_i y_i) \rightarrow \min, \quad (6)$$

при ограничениях

$$\sum_i^n z_i a_i \geq A, \quad (7)$$

$$y_i \leq z_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (8)$$

где $\Delta_i = b_i - c_i$.

Таким образом, получены две оценочные задачи, описание которых приведено в выражениях (9), (10), (11) и (12).

Задача 1. Минимизировать величину:

$$F_1(z) = \sum_i b_i z_i \rightarrow \min \quad (9)$$

при заданном ограничении следующего вида:

$$\sum_i z_i a_i \geq A, \quad i = \overline{1, n}. \quad (10)$$

Задача 2. Максимизировать величину

$$F_2(y) = \sum_i y_i \Delta_i \rightarrow \max \quad (11)$$

при заданном ограничении следующего вида:

$$\sum_i y_i c_i \leq C, \quad i = \overline{1, n}. \quad (12)$$

Таким образом, получим для целевой функции выражение (13)

$$\Phi(z, y) = \sum_{i=1}^n (b_i z_i - \Delta_i y_i) \rightarrow \min, \quad (13)$$

Зададим следующие граничные условия: (14), (15):

$$\sum_i^n z_i a_i \geq A, \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i c_i \leq C. \quad (15)$$

Рассмотрим следующую разность (16):

$$\Phi_1 - \Phi_2, \quad (16)$$

где $\Phi_1 = F_1(z)$ – opt решения задачи 1, $\Phi_2 = F_2(y)$ – opt решения задачи 2, представляющей собой нижнюю оценку подмножества решений (17):

$$\min \Phi(z, y) \geq \min F_1(z) + \min (-F_2(y)) = \min F_1(z) - \max F_2(y). \quad (17)$$

Чтобы минимизировать возможные ошибки при получении opt решения задачи необходима проверка условия выполнения следующего неравенства (18):

$$y < z \left(y_i \leq z_i, i = \overline{1, n} \right). \quad (18)$$

Успешное решение задачи достигается путем поэтапной реализации алгоритма, в процессе реализации которого происходит обработка исходных данных согласно следующей схеме:

1. Найти множество допустимых решений M_1 задачи 1. Найти множество допустимых решений M_2 задачи 2. Если существует пара (z, y) , при которой неравенство (18) верно, то оптимальное решение найдено.

2. Выбрать проект i , для которого выполняются условия $y_i=1, z_i=0$ и произвести разбиение множества всех решений на два подмножества: в первом $y_i=1, z_i=1$; во втором $y_i=0$, для которых решить оценочные задачи и выбрать подмножество с лучшей оценкой. Продолжить вычислительный процесс согласно схеме метода ветвей и границ.

Применение описанного выше алгоритма на основе метода ветвей и границ для решения задачи управления рисками потребует значительных вычислительного времени и ресурсов, поэтому для получения допустимого решения возможно применить простой эффективный эвристический алгоритм на основе метода «затраты-эффект».

Алгоритм решения задачи управления проектами с высоким риском реализации

Как известно, управление рисками позволяет организации предусмотреть возникающие на стадии проектирования опасности и угрозы. В современных организационных системах, реализующих значительное число проектов представляется недостаточным управлять исключительно рисками отдельных проектов и необходимо учитывать перекрестные и парциальные риски.

Рассмотрим подробнее особенности управления высокорискованными проектами.

Этап 1. Рассчитать эффективность проектов с высоким риском по формуле (19)

$$q_{1i} = a_i / c_i, i = \overline{1, n_1}. \quad (19)$$

Ранжировать в порядке убывания эффективности проектов с высоким риском. Отобрать проекты в порядке убывания их эффективности, суммарные затраты на реализацию которых не превысят допустимого значения C , или не достигнут требуемого эффекта величиной не меньше заданного A .

Этап 2. Если цель программы не достигнута, рассчитать эффективность проектов с низким риском по формуле (20):

$$q_{2i} = a_i / b_i, i = \overline{1, n_2}. \quad (20)$$

Ранжировать в порядке убывания эффективности проектов с низким риском.

Отобрать проекты в порядке убывания их эффективности, суммарные затраты на реализацию которых не превысят допустимого значения B , или не достигнут требуемого эффекта величиной не меньше заданного A .

Этап 3. В случае, когда цель программы не достигнута, необходимо исключить отобранные ранее проекты, а оставшиеся проекты упорядочить по величине эффективности. Отобрать проекты в этой очередности до достижения требуемого эффекта. Пересмотреть размер финансирования на реализацию проектов программы.

Постановка задачи управления проектами со средним и высоким рисками реализации

Пусть сформирована программа, содержащая n проектов с низким риском с затратами b_i , $i = \overline{1, n}$ на их реализацию. При этом стоимость программы превышает величину допустимого финансирования [15].

Необходимо уменьшить стоимость реализации программы за счет перевода ряда проектов с низким риском на варианты со средним риском с затратами $d_i < b_i$ или с высоким риском с затратами $c_i < d_i < b_i$, $i = \overline{1, n}$, соответственно, с учетом ограничения финансирования на реализацию проектов со средним риском D , проектов с высоким риском – C .

Эффект от реализации проектов без изменений.

Введем переменные $x_i = 1$, если i -ый проект реализуется со средним риском, в противном случае $x_i = 0$; $y_i = 1$, если i -ый проект реализуется с высоким риском, в противном случае $y_i = 0$.

Математическая модель вида:

$$F(x, y) = \sum_i \delta_i x_i + \sum_i \Delta_i y_i \rightarrow \max, \quad (21)$$

при следующих граничных условиях:

$$\sum_i d_i x_i \leq D, \quad (22)$$

$$\sum_i c_i y_i \leq C, \quad (23)$$

$$x_i + y_i \leq 1, \quad i = \overline{1, n}, \quad (24)$$

где $\delta_i = b_i - d_i$, $\Delta_i = b_i - c_i$.

Для решения задачи применим метод ветвей и границ с получением оценок подмножеств решений методом сетевого программирования [15], согласно которому коэффициент целевой функции возможно представить в виде (25), (26).

$$\delta_i = u_i + v_i, \quad (25)$$

$$\Delta_i = z_i + w_i, \quad i = \overline{1, n}. \quad (26)$$

Поскольку управление проектами представляет собой важную область стратегических исследований в современном мире, то нами предварительно проведен анализ и рассмотрены три оценочные задачи, затронутые ранее в исследовании [15]:

$$1) F_1(x) = \sum_i u_i x_i = \sum_i (\delta_i - v_i) x_i \rightarrow \max, \quad (27)$$

$$\sum_i d_i x_i \leq D, \quad i = \overline{1, n}. \quad (28)$$

$$2) F_2(y) = \sum_i z_i y_i = \sum_i (\Delta_i - w_i) y_i \rightarrow \max, \quad (29)$$

$$\sum_i c_i y_i \leq C, \quad i = \overline{1, n}. \quad (30)$$

$$3) F_3(x, y) = \sum_i v_i x_i + \sum_i w_i y_i \rightarrow \max, \quad (31)$$

$$x_i + y_i \leq 1, \quad i = \overline{1, n}. \quad (32)$$

Нижней оценкой целевой функции $F(x, y)$ (21) является величина (33):

$$\Phi(v, w) = \Phi_1(v) + \Phi_2(w) + \Phi_3(v, w), \quad (33)$$

где $\Phi_1(v)$ – значение целевой функции $F_1(x)$ (27) при поиске оптимального решения оценочной задачи 1,

$\Phi_2(w)$ – значение целевой функции $F_2(y)$ (29) при поиске оптимального решения оценочной задачи 2,

$\Phi_3(v, w)$ – значение целевой функции $F_3(x, y)$ (31) при поиске оптимального решения оценочной задачи 3.

При этом $\Phi_3(v, w) = \sum_i \max(v_i + w_i)$, $i = \overline{1, n}$, то есть для каждого i нужно выбрать максимальное из принимаемых значений v_i, w_i .

В случае выполнения неравенства $v_i \geq w_i$, принимаем $x_i = 1, y_i = 0$, в противном случае $x_i = 0, y_i = 1$ при $v_i \leq w_i$.

Поскольку исследуемая обобщенная двойственная задача (ОДЗ) включает субъективный и контекстные компоненты, то при решении определяли значения v, w , необходимые для обеспечения минимума функции $\Phi(v, w)$ (33) с учетом заданных ограничений $v_i \geq 0, w_i \geq 0, i = \overline{1, n}$. Оптимальным решением ОДЗ являются $v_i = w_i, i = \overline{1, n}$.

Поскольку, чем больше v_i, w_i , тем меньше величины $(\delta_i - v_i), (\Delta_i - w_i)$, следовательно, меньше $\Phi_1(v), \Phi_2(w)$. Поэтому, при $v'_i = w'_i = \max(v_i, w_i)$ значение $\Phi_3(v, w)$ не изменится, значения $\Phi_1(v), \Phi_2(w)$ не увеличатся.

Запишем функцию $\Phi(v, w)$ (33) в виде (34):

$$\Phi(\lambda) = \max_{x, y} \sum_i [\delta_i x_i + \Delta_i y_i - \lambda_i (x_i + y_i - 1)], \quad i = \overline{1, n}, \quad (34)$$

где $\lambda_i = v_i = w_i$.

Выражение (34) является Лагранжианом с множителями λ_i , $i = \overline{1, n}$.

Следовательно, нахождение оптимального решения исследуемой ОДЗ возможно с применением метода Лагранжа.

Заключение

В статье рассмотрены задачи формирования программ, учитывающие степень риска реализации проектов. Рассмотрены особенности реализации управления рисками реализации одноцелевых проектов. Для достижения поставленной цели решали две задачи, одна из которых, направлена на выбор одноцелевых проектов для включения в программу, позволяющих достичь поставленные цели при минимальных затратах с учетом финансовых ограничений на реализацию проектов с высоким риском либо на их количество. Приведено описание разработанного алгоритма решения задачи с использованием возможностей метода ветвей и границ с предложенным способом оценки снизу подмножества решений, и разработан оригинальный эвристический алгоритм на основе положений метода «затраты-эффект».

Вторая задача состояла в уменьшении стоимости реализации программы за счет перевода проектов с низким риском на варианты со средним и высоким рисками реализации. Для решения задачи применен метод ветвей и границ с получением оценок решений методом сетевого программирования. Результаты исследования могут быть использованы при совершенствовании современной методологии управления рисками проектов.

Необходимо отметить, что представляет научный интерес дальнейшее исследование задач управления проектными рисками в организационных системах и разработка оригинальных вариантов с последующим включением подсистемы управления рисками в интегрированные системы менеджмента предприятий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Buganová K., Hudáková M., Šimíčková J., Mošková E. Disparities in the Implementation of Risk Management in the SMEs. *Systems*. 2023;11(2):71. DOI: 10.3390/systems11020071.
2. Jiang J.J., Klein G. Risks to different aspects of system success. *Inf. Manag.* 1999;36(5):263–272. DOI: 10.1016/S0378-7206(99)00024-5.
3. Kwak Y.H., Stoddard J. Project risk management: lessons learned from software development environment. *Technovation*. 2004;24(11):915–920. DOI: 10.1016/S0166-4972(03)00033-6.
4. Branscomb L.M. Sustainable cities: safety and security. *Technol. Soc.* 2006;28:225–234. DOI: 10.1016/j.techsoc.2005.10.004.
5. Holzmann R., Jørgensen S. Social risk management: a new conceptual framework for social protection, and beyond. *Int. Tax Public Financ.* 2001;8(4):529–556. DOI: 10.1023/A:1011247814590.
6. Kostogryzov A., Nistratov A., Nistratov G. Analytical risks prediction. Rationale of system preventive measures for solving quality and safety problems. *Communications in Computer and Information Science*. 2020;1201:352–364. DOI: 10.1007/978-3-030-46895-8_27.
7. Koppenjan J., Veeneman W., van der Voort H., ten Heuvelhof E., Leijten M. Competing management approaches in large engineering projects: The Dutch RandstadRail project. *International Journal of Project Management*. 2011;29(6):740–750.

8. Баркалов С.А., Котенко А.М., Половинкина А.И., Шевченко Л.В. Управление риском в организационных проектах. *Вестник Воронеж. гос. техн. ун-та.* 2003;2.3:83–90.
9. Баркалов С.А., Половинкина А.И., Шевченко Л.В. Управление проектными рисками. *Системы управления и информационные технологии.* 2005;2(19):68–71.
10. Бурков В.Н., Щепкин А.В. *Экологическая безопасность.* М.: ИПУ РАН; 2003. 92 с.
11. Lehtiranta L. Risk perceptions and approaches in multi-organizations: A research review 2000–2012. *International Journal of Project Management.* 2014;32(4):640–653. DOI: 10.1016/j.ijproman.2013.09.002.
12. Willumsen P., Willumsen P., Oehmen J., Stingl V., Geraldi J. Value creation through project risk management. *International Journal of Project Management.* 2019;37(5):731–749. DOI: 10.1016/j.ijproman.2019.01.007.
13. Kalach A.V., Khasianov R.R., Rossikhina L.V., Zybin D.G., Melnik A.A. Information technologies for taking into account risks in business development programme. *Journal of Physics: Conference Series.* 2018;1015(4):042051. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/4/042051.
14. Россихина Л.В. Метод формирования программ повышения эффективности деятельности с учетом рисков. *Вестник Воронежского института ФСИИ России.* 2015;1:64–69.
15. Половинкина А. И. *Методы и алгоритмы управления рисками в региональных системах.* Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук. Академия Государственной противопожарной службы МЧС России. 2012. 264 с.
16. Буркова И.В., Кашенков А.Р. Метод сетевого программирования в задаче целочисленного линейного программирования. *Теория активных систем-2011: тр. междунар. науч.-практ. конф.* М.: ИПУ РАН; 2011. 25–26 с.

REFERENCES

1. Buganová K., Hudáková M., Šimíčková J., Mošková E. Disparities in the Implementation of Risk Management in the SMEs. *Systems.* 2023;11(2):71. DOI: 10.3390/systems11020071.
2. Jiang J.J., Klein G. Risks to different aspects of system success. *Inf. Manag.* 1999;36(5):263–272. DOI: 10.1016/S0378-7206(99)00024-5.
3. Kwak Y.H., Stoddard J. Project risk management: lessons learned from software development environment. *Technovation.* 2004;24(11):915–920. DOI: 10.1016/S0166-4972(03)00033-6.
4. Branscomb L.M. Sustainable cities: safety and security. *Technol. Soc.* 2006;28:225–234. DOI: 10.1016/j.techsoc.2005.10.004.
5. Holzmann R., Jørgensen S. Social risk management: a new conceptual framework for social protection, and beyond. *Int. Tax Public Financ.* 2001;8(4):529–556. DOI: 10.1023/A:1011247814590.
6. Kostogryzov A., Nistratov A., Nistratov G. Analytical risks prediction. Rationale of system preventive measures for solving quality and safety problems. *Communications in Computer and Information Science.* 2020;1201:352–364. DOI: 10.1007/978-3-030-46895-8_27.
7. Koppenjan J., Veeneman W., van der Voort H., ten Heuvelhof E., Leijten M. Competing management approaches in large engineering projects: The Dutch RandstadRail project. *International Journal of Project Management.* 2011;29(6):740–750.

8. Barkalov S.A., Kotenko A.M., Polovinkina A.I., Shevchenko L.V. Risk management in organizational projects. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of Voronezh State Technical University*. 2003;2.3:83–90. (In Russ.).
9. Barkalov S.A., Polovinkina A.I., Shevchenko L.V. Project risk management. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii = Management systems and information technologies*. 2005;2(19):68–71. (In Russ.).
10. Burkov V.N., Shchepkin A.V. *Environmental safety*. Moscow, IPU RAS; 2003. 92 p. (In Russ.).
11. Lehtiranta L. Risk perceptions and approaches in multi-organizations: A research review 2000–2012. *International Journal of Project Management*. 2014;32(4):640–653. DOI: 10.1016/j.ijproman.2013.09.002.
12. Willumsen P., Willumsen P., Oehmen J., Stingl V., Geraldi J. Value creation through project risk management. *International Journal of Project Management*. 2019;37(5):731–749. DOI: 10.1016/j.ijproman.2019.01.007.
13. Kalach A.V., Khasianov R.R., Rossikhina L.V., Zybin D.G., Melnik A.A. Information technologies for taking into account risks in business development programme. *Journal of Physics: Conference Series*. 2018;1015(4):042051. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/4/042051.
14. Rossikhina, L.V. Method of forming programs to improve the efficiency of activities taking into account risks. *Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii = Bulletin of the Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia*. 2015;1:64–69. (In Russ.).
15. Polovinkina, A.I. *Methods and algorithms of risk management in regional systems*. Doctor of Technical Sciences dissertation. The State Fire Academy of EMERCOM of Russia. 2012. 264 p. (In Russ.).
16. Burkova I.V., Kashenkov A.R. The method of network programming in the problem of integer linear programming. *Theory of active systems-2011: Proceedings of International Scientific and Practical Conference*. Moscow, IPU RAS. 2011; 25–26 p. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Россихина Лариса Витальевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационной безопасности телекоммуникационных систем, Воронежский институт ФСИН России, Воронеж, Российская Федерация.
e-mail: rossihina_lv@mail.ru
ORCID: [0000-0002-4822-8819](https://orcid.org/0000-0002-4822-8819)

Larisa Vitalievna Rossikhina, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of Information Security of Telecommunication Systems, Voronezh Institute of the Russian Federal Penitentiary Service, Voronezh, the Russian Federation.

Калач Андрей Владимирович, доктор химических наук, профессор, начальник кафедры безопасности информации и защиты сведений, составляющих государственную тайну, Воронежский институт ФСИН России, Воронеж, Российская Федерация.
e-mail: a_kalach@mail.ru
ORCID: [0000-0002-8926-3151](https://orcid.org/0000-0002-8926-3151)

Andrey Vladimirovich Kalach, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Security and Protection of Information Constituting a State Secret, Voronezh Institute of the Russian Federal Penitentiary Service, Voronezh, the Russian Federation.

Нефедьев Сергей Аркадьевич, доктор военных наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Российская Федерация.

e-mail: doktorsan@mail.ru

ORCID: [0000-0002-2292-4638](https://orcid.org/0000-0002-2292-4638)

Sergey Arkadievich Nefediev, Doctor of Military Sciences, Professor, Professor at the Department of Fire Safety of Technological Processes and Productions, Saint Petersburg University of the Ministry of Emergencies of Russia, Saint Petersburg, the Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 19.05.2023; одобрена после рецензирования 26.06.2023; принята к публикации 11.07.2023.

The article was submitted 19.05.2023; approved after reviewing 26.06.2023; accepted for publication 11.07.2023.