

DOI: 10.26794/2587-5671-2026-30-1-93-102
 УДК 004.891(045)
 JEL M15

Модель финансирования разработки информационно-управляющих систем на основе многокритериального анализа данных

И.В. Трундаев¹, В.Б. Гисин², А.В. Тимошенко³, В.А. Панкратов⁴

^{1,2,3} Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация;

⁴ АО «Научно-производственное объединение дальней радиолокации», Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Цель исследования – предложить модель, в рамках которой формулируется и решается задача определения оптимального финансирования разработки информационно-управляющей системы (ИУС) путем контроля и динамической корректировки параметров. Модель описывает динамику разработки ИУС ситуационного центра (СЦ) с помощью системы нелинейных дифференциальных уравнений, включающих управляющее воздействие и параметр, подверженный случайности. Представлен оригинальный подход к формализации процесса финансирования разработки ИУС, при котором учитывается освоение бюджета и соблюдение финансовых этапов. Модель дает аналитическую и графическую картину текущего статуса разработки ИУС, которая может быть использована для оперативного управления. Управление процессом разработки осуществляется в условиях неопределенности и неполноты данных о готовности компонент ИУС, в том числе технологий их изготовления. Исследуется эффективность применения модифицированного метода «мягких вычислений» с плохо формализуемой неопределенностью. Показано, что реализация «мягкого управления» финансированием позволяет снизить риски разработки и создать перспективную систему поддержки принятия решений в рамках бюджетных ограничений. Математическая трехмерная модель может быть применена и к иным областям, где необходимо наблюдать за состоянием объекта во времени. Модель представляет интерес и с точки зрения математической теории автоматического управления как междисциплинарный инструмент поиска альтернатив традиционным методам управления.

Ключевые слова: экспертные системы; риск; бизнес-процессы; нечеткое управление; ситуационный центр

Для цитирования: Трундаев И.В., Гисин В.Б., Тимошенко А.В., Панкратов В.А. Модель финансирования разработки информационно-управляющих систем на основе многокритериального анализа данных. *Финансы: теория и практика*. 2026;30(1):93-102. DOI: 10.26794/2587-5671-2026-30-1-93-102

A Model For Financing the Development of Information Management Systems Using Multi-criteria Data Analysis

I.V. Trundaev¹, V.B. Gisin², A.V. Timoshenko³, V.A. Pankratov⁴

^{1,2,3} Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation;

⁴ Joint Stock Company “Scientific and Production Association of Long-Range Radar”, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

This study aims to develop a model to determine the optimal financing required for the development of an information control system (ICS). The model will be based on monitoring and dynamically adjusting certain parameters to solve the task. The model will describe the dynamic development of the IMS (information management system) in a situation center using a system of nonlinear differential equations. An original approach to formalizing the process of financing IMS development is presented, accounting for budget planning and compliance with financial milestones. The model provides an analytical and visual representation of the current state of IMS development, useful for operational management purposes. The development process is managed under conditions of uncertainty and incompleteness of data on the readiness of IUS components, including their manufacturing technologies. The effectiveness of a modified “soft computing” method for handling poorly formalized uncertainty is investigated. It has been shown that implementation of “soft management” of financing can reduce the development risks and create a promising decision-making system within

budgetary constraints. A mathematical three-dimensional model can be applied to other areas where it is necessary to monitor the state of an object over time. This model is also interesting from the perspective of mathematical control theory, an interdisciplinary tool for developing alternatives to traditional control methods.

Keywords: expert systems; risk; business processes; fuzzy control; situational centers

For citation: Trundaev I.V., Gisin V.B., Timoshenko A.V., Pankratov V.A. A model for financing the development of information management systems using multi-criteria data analysis. *Finance: Theory and Practice*. 2026;30(1):93-102. DOI: 10.26794/2587-5671-2026-30-1-93-102

ВВЕДЕНИЕ

Модели интеллектуальной поддержки принятия решений при разработке ИУС различного назначения в условиях неопределенности готовности и состояния компонент необходимы для повышения уровня конкурентоспособности и технологического развития [1, 2]. В частности, в информационном обществе объектами такого рода моделирования являются ситуационные центры различного назначения.

Эффективное управление финансами становится критическим для выживания и развития компаний. Традиционные подходы, ориентированные на краткосрочную финансовую стабилизацию, оказываются недостаточными перед лицом системных рисков [3]. Разработка ситуационных центров управления на основе многокритериального анализа данных представляет собой финансово обоснованный ответ на эти вызовы.

Ситуационные центры являются ключевыми узлами для управления в условиях кризисов, стратегического планирования и оперативного контроля в самых разных сферах. Разработка и модернизация ситуационных центров — стратегическая необходимость в эпоху цифровой трансформации, растущих угроз и сложности управления, продиктованной совокупностью внешних вызовов (киберугрозы, конкуренция, эффективность) и внутренних факторов (устаревание, новые возможности технологий).

При этом разработка СЦ является сложным процессом с множеством взаимозависимых критериев, таких как стоимость (что особенно важно при ограниченности бюджета), производительность, надежность, безопасность, масштабируемость, совместимость, время внедрения, квалификация персонала и т.п. Сопутствующая процессам разработки неопределенность в ряде случаев имеет не вероятностную природу (неполнота данных, неточность экспертных оценок, изменяющиеся требования, качественные факторы), что делает неэффективным, а в ряде случаев и невозможным применение вероятностных методов. Традиционные методы выбора варианта разработки часто субъективны и в недостаточной степени учитывают всю сложность взаимосвязей.

Множество связей, свойств и компонентов в сложных технических системах, в особенности в комплексах СЦ, требуют разработки новых методов организации процессов обновления функциональных характеристик СЦ на всех этапах жизненного цикла этих систем. Для этого необходим значительный объем финансовых ресурсов. Следует отметить и тот факт, что разработка сложной технической системы в условиях нестабильности современной экономики нуждается не только в теоретическом обосновании методов, но и в возможности практической реализации для устранения систематических ошибок в прогнозировании, что прямо влияет на сроки сдачи объектов.

В силу того, что разработка является неотъемлемым элементом жизненного цикла собственно самого СЦ, при формировании программы (плана) разработки требуется анализ множества альтернативных решений и оценка их последствий, что обуславливает необходимость создания специализированного программного обеспечения для автоматизации этих процессов, и в первую очередь модели процесса разработки.

Регулирование разработки СЦ необходимо реализовывать посредством как точных оценок (всей системы и отдельных частей), так и с использованием математического моделирования для определения наилучшего сочетания элементов и построения структуры СЦ в заданных временных и финансовых ограничениях [4].

В работе [5] академик В.Л. Макаров обосновывает целесообразность формализации процесса разработки сложных производственно-экономических систем в форме «постиндустриальной модели управления процессами когерентных экономических систем». Неотъемлемой частью эффективной разработки по В.Л. Макарову является не только поиск необходимых для этого новых технических, аппаратно-программных решений, но и разработка в рамках такой модели упреждающего механизма финансирования. Такая модель, по мнению академика, будет обеспечивать регулирование мер стимулирования и поддержки, а следовательно, и всеобъемлющий контроль процесса разработки. Это должно привести к комплексной оптимизации (в том числе в трансак-

ционной сфере), направленной на «достижение виртуально-когнитивной интероперабельности» любых видов предметной деятельности в экономике» и обеспечивающей «формирование спроса на промышленную продукцию через манипуляцию с ценами».

При разработке СЦ различного назначения, в особенности для обеспечения безопасности объектов критической инфраструктуры, необходимо оперативно с помощью финансовых вложений влиять на те или иные производственные процессы.

В частности, требуется оптимизировать различные расходы и затраты, которые не должны привести сроки сдачи объекта или его общее состояние в область повышенных рисков. Как показала классификация и анализ проектных рисков в работе [6], успешная реализация проектов требует особых подходов, включая методы и инструменты снижения рисков, а также эффективного управления рисками в этой области инвестиционной деятельности.

Различным техническим проектам необходима всесторонняя связь с внешней или с внутренней средой. Решением в таких случаях часто выступает использование цифровых двойников. Однако у этого подхода есть свои минусы. Сложности, связанные с оценками состояния, связями, оперативностью, могут приводить к повышенной дороговизне создания и обслуживания таких комплексов программ.

Существующие модели и методы управления процессом создания СЦ, как правило, основаны на принципах всестороннего анализа и синтеза проектных решений. В работах [7–9] в качестве универсального показателя эффективности создания сложной технической системы (СТС) рассматривается показатель риска. При этом риск понимается как вероятностная мера отклонения характеристик создаваемой системы от заданных в техническом задании значений, учитывающая как текущие характеристики производственного процесса создания СТС, прежде всего его технологическую готовность, так и финансовые и временные ограничения.

В работах [10, 11] предложен комплексный критерий оценки эффективности создания СТС, учитывающий три ключевых параметра: технические характеристики, стоимость и временные затраты. Комплексный критерий помогает принимать оптимальные проектные решения при разработке СТС и оценивать возможности модернизации существующих систем. Однако существенным недо-

статком этого критерия является невозможность оценки технической реализуемости компонент с учетом неопределенности данных.

В работах [12, 13] предложено применение оригинального, так называемого поискового потенциала для формирования оптимального облика перспективной РЛС при минимизации стоимости изготовления аппаратуры. Вместе с тем эффективность применения указанного показателя в значительной мере снижается при отсутствии достоверных эмпирических данных или необходимых для этого метода экспертных оценок.

Указанные выше ограничения стали предметом исследований академика Ю.И. Шокина, который в своих работах о применении риск-анализа в технических системах [14] отмечал сложность учета факторов фундаментальной неопределенности будущего, что снижает эффективность классических методов принятия решений по результатам прогнозирования рисков. В качестве дальнейшего развития теории риск-анализа Ю.И. Шокин предложил использовать технологию цифровых двойников, которые позволяли бы оценивать процесс разработки при любом количестве информации для каждого из этапов с учетом того факта, что при этом риск не является статической величиной.

При классическом вероятностном подходе риск, связанный с принятием решений, оценивается с использованием функции потерь $z = f(x, y)$, где $x \in \mathbb{R}^n$ представляет решение, $y \in \mathbb{R}^n$ — возможные будущие значения переменных, описывающих состояние системы. Если вектор y случаен, потери являются случайной величиной, закон распределения которой определяется выбором управления x . Любая задача оптимизации, связанная с оценкой потерь в зависимости от принятого решения, должна учитывать не только ожидаемые потери, но и риски, обусловленные самим решением.

Меру риска (как функционал в пространстве распределений) называют когерентной, если она положительно однородна, инвариантна относительно сдвигов, монотонна и субаддитивна. Из субаддитивности и положительной однородности следует выпуклость меры риска. С учетом этого иногда под когерентной понимают меру риска, которая выпукла и инвариантна относительно сдвигов.

Возможная неаддитивность меры риска не позволяет применять непосредственно интеграл Лебега для оценки математического ожидания. Избежать затруднений помогает интегрирование по Шоке (см. [15]).

Известно (напр., [16]), что классическая оценка *VaR* не субаддитивна, а *CVaR* (условная *VaR*) — когерентна. Если распределение потерь достаточно «хорошее» (например, нормальное) *VaR* и *CVaR* дают одинаковый результат. Если же распределение потерь обладает тяжелым хвостом, *VaR* занижает оценку рисков по сравнению с *CVaR* и, тем самым, не может служить достаточно надежной оценкой.

Известны кибернетические подходы к пониманию риска, в частности — в работе [17] предложена структура механизма, состоящего из нескольких уровней управления рисками.

Высокую практическую значимость показала мягкая оценка рисков предприятия через цепь нечетких оценок (см. [18]). Однако с ростом числа уровней доверия функции принадлежности все больше размываются и могут потерять информативность. Использование нейронной сети до определенной степени решает вычислительные проблемы, однако ставит разработчика перед необходимостью выбора между интерпретируемостью и точностью. Кроме того, для реализации упомянутого метода необходим достаточный статистический набор данных или большой объем экспертной информации. Предложенный подход может использоваться при работе с финансовыми рисками с позиции оперативного менеджмента. При недостаточной информации и высокой изменчивости этот метод может потребовать серьезных модификаций.

В условиях, когда имеется недостаток информации не только о будущем состоянии системы, но и даже о текущем (например, из-за недоступности оперативного наблюдения), возможности усовершенствованного метода риск-анализа существенно снижаются. Так, в случае малой управляемости процессов разработки ошибка в прогнозировании приводит к срыву сроков разработки и невыполнению требований технического задания, что особенно характерно для крупных и долгосрочных проектов.

Таким образом, модель разработки должна учитывать как основные факторы, которые оказывают наибольшее влияние на состояние проекта СЦ, так и только адекватное количество компонентов и связей, чтобы получать приемлемо логически интерпретируемые результаты при решении задачи о планировании сроков сдачи объекта с ограниченными финансами на реализацию технического задания данного проекта. Высокая неопределенность при взаимодействии множества предприятий (возможность обмана контрагента,

срыв логистики, финансовая нестабильность) диктует сложные условия для создания оптимальной финансовой защиты проекта [19]. Оптимальная «финансовая подушка» должна защитить заказчика и исполнителя от юридических последствий за срыв сроков сдачи объектов критической инфраструктуры, которые могут привести не только к финансовым потерям компаний, но и к уголовной ответственности.

РИСКИ НА ЭТАПЕ РАЗРАБОТКИ

С одной стороны, риск определяется текущей экономико-политической ситуацией, задающей бизнес-среду как хаотичную и быстроменяющуюся, с другой стороны — тем, что может быть не обеспечено достижение необходимых функциональных характеристик в заданные сроки. Мы рассматриваем оптимальный порядок финансирования, который позволяет снизить и те и другие риски.

С этой целью формализация процессов разработки должна учитывать следующие события, для которых характерна высокая степень неопределенности:

- задержки при установке и вводе аппаратуры из-за неопределенности в экономико-финансовой области (проблемы с логистикой, изменение цен, кредитные ставки);
- неисправности при эксплуатации (из-за ошибок в расчетах, непредсказуемости внешней среды или из-за сложности в прогнозировании внутренних тенденций системы);
- непредвиденные расходы при изготовлении оборудования (изменение спроса-предложения на рынке, изменение кредитной политики).

Кроме того, научно-методологический аппарат должен учитывать и тот факт, что со временем уменьшается энтропия указанной неопределенности. Однако определяющее значение для снижения риска при формировании программы разработки СЦ имеет неопределенность именно на начальном, так называемом концептуальном этапе разработки, когда энтропия находится на максимальном уровне.

Модель разработки ИУС, в которой отсутствует учет возможностей финансирования как средства корректировки процесса разработки, приводит к существенному возрастанию рисков срыва сроков работ по причине неверного выбора технических и технологических решений.

Интеграция финансовых показателей (время выполнения, дополнительные вложения) в многокритериальную оценку траектории ИУС дает эко-

номически обоснованный (а не только технически оптимальный) путь разработки с максимальной отдачей от вложений. «Мягкое управление» финансированием минимизирует риски и эффективно распределяет бюджет для адаптации к непредвиденным обстоятельствам.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Аппарат дифференциальных уравнений позволяет адекватно формализовать динамическую природу риска. Дифференциальные уравнения точно описывают, как неопределенность меняется со временем. Они связывают этот процесс с изменениями в состоянии системы и эффектами накопления информации.

Представление системы динамической моделью позволяет моделировать уникальные, не имеющие прецедентов ситуации, что особенно важно при разработке сложных новых систем, где каждый блок является в значительной степени уникальной разработкой. Это обеспечивает возможность анализа рисков в условиях, когда традиционные статистические подходы неприменимы из-за отсутствия репрезентативных исторических данных.

В качестве примера рассмотрим риски, связанные с разработкой СЦ ИУС.

Готовность компонентов СЦ на момент времени t будем оценивать комплексным показателем $G(t) \in [0; 1]$, который объединяет в себе оценку в завершенности всех (конструкторских, эскизных, технологических и испытательных) функциональных характеристик на всех этапах жизненного цикла разработки ИУС для всех модулей. Будем считать, что недостижение требуемого уровня готовности на одном из этапов останавливает изменение готовности на всех последующих этапах до того момента.

Будем полагать, что $G(t) = 1$, если модуль был полностью описан и спроектирован на первом этапе разработки ИУС, все модули данного типа были изготовлены и собраны на втором этапе и успешно прошли испытания. Считается, что $G(t) < 1$, если хотя бы один из этих процессов не выполнен должным образом.

Поскольку стоимость работ, как правило, является недостаточно определенной особенно при большом горизонте прогнозирования, то, как показано в работе [20], следует рассматривать не стоимость, а так называемый бюджет. В рассматриваемом примере целевой бюджет складывается из бюджетов, выделенных на каждый этап разработки.

Обозначим через $C = C(G(t))$ остаток бюджета на момент, когда уровень готовности оценивается величиной $G(t)$.

Финансирование выполняется поэтапно и зависит от уровня готовности системы. Соответственно, величина C меняется скачкообразно. На начальном этапе имеем $C = a_1$, где a_1 — объем средств, выделенных на проектирование. Если $G = 1$, дальнейшее финансирование не требуется, так что в этом случае $C = 0$.

Риск $R(t)$ оценивается условной вероятностью того, что на момент планового завершения разработки T готовность $G(T)$ окажется ниже допустимого порога готовности невыполнения планового задания и представлен функцией текущего состояния разработок

$$R(t) = F(t, G, C, \hat{\varepsilon}) \quad (1)$$

с учетом оценки возможных препятствующих выполнению работ возмущений $\hat{\varepsilon}$, связанных с неучтенными факторами, влияющими на готовность (смена численности кадров, изменение унификации и т.п.).

Предполагается, что скорость выполнения работ удовлетворяет логистическому уравнению с поправками на возмущения ε , остаток бюджета и величины $u(t)$ дополнительных (управляемых) финансовых средств, выделяемых на ликвидацию неучтенных задержек и расходов. Таким образом,

$$\ddot{G}(t) = (1 - \dot{G}(t))\dot{G}(t) - \varepsilon(t) + C(G(t)) + u(t). \quad (2)$$

Начальный темп работ определяется финансированием. С учетом этого функция готовности удовлетворяет начальным условиям вида

$$\dot{G}(0) = g(C). \quad (3)$$

Уравнение (2) представляет собой автономное дифференциальное уравнение второго порядка. Его структура отражает фундаментальные свойства процессов разработки: первое слагаемое описывает логистический рост — характерное замедление темпов разработки по мере приближения к завершению проекта. Оставшиеся слагаемые моделируют баланс между возмущениями, бюджетом и финансовыми управляющими воздействиями.

Значения $\varepsilon(t)$ определяются гауссовским случайным процессом, в котором математическое ожидание и дисперсия стремятся к нулю при при-

ближении t к сроку завершения работ T . Последнее требование отражает рост предсказуемости на завершающих этапах по сравнению с начальной фазой, для которой характерна максимальная неопределенность.

Функция $C(t)$ представляет собой регламентированный контрактом график финансирования, где выплаты жестко привязаны к достижению конкретных пороговых значений готовности. Это выражается в том, что $C(t)$ является кусочно-постоянной (ступенчатой) функцией, которая «перескакивает» на следующее значение в моменты достижения G заданных контрольных точек (например, 30-, 60-, 90%-ной готовности).

Зависимость между финансированием и темпом роста готовности нелинейна: при недостаточном финансировании темпы процесса разработки снижаются, а при избыточном — не растут из-за насыщения. Несмотря на дискретный, «ступенчатый» характер выплат, их влияние на динамику разработки проявляется непрерывно и нелинейно через скорость изменения готовности. При недостатке средств темпы работ резко замедляются из-за ресурсных ограничений, тогда как при превышении оптимального уровня финансирования рост асимптотически стремится к пределу, определяемому технологическими и организационными величинами.

Предлагаемая модель основывается на положениях, сформулированных в работах [5, 7, 8, 14, 20]:

- уровень неопределенности наибольший в самом начале разработки (на этапе проектирования), а следовательно, риск максимален на начальных этапах;
- на ранних этапах изменение готовности характеризуется медленным ростом;
- по мере накопления данных неопределенность снижается, что приводит к снижению риска посредством уменьшения математического ожидания ущерба и его меры разброса;
- по мере накопления данных изменение готовности асимптотически устремляется к некоторому значению, характеризующему полную и оптимальную загрузку производственной линии;
- остаток бюджета влияет на возможность ликвидации аварийных и кризисных ситуаций, что прямо воздействует на скорость изменения готовности компонентов ИУС. Нехватка бюджета приводит к остановке разработки компонентов.

Кроме того, предполагается, что существует возможность привлечения дополнительных денежных средств на ликвидацию неучтенных последствий, если бюджет не справляется.

Если в уравнении (2) отбросить слагаемое $u(t)$, относительно $\dot{G}(t)$ возникает уравнение Риккати со стохастической компонентой (см. [17]).

Опишем на качественном уровне результаты исследования решений уравнения (2).

Положим:

$$c(t) = -\varepsilon(t) + C(G(t)) + u(t).$$

При $0 < c < 0,25$ возможны следующие ситуации:

- малый бюджет приведет к тому, что скорость изменения готовности будет падать и приведет к остановке роста готовности;
- в случае среднего бюджета скорость изменения готовности будет расти слабо;
- в случае большего бюджета — темпы не будут расти, а будут постепенно приближаться к некоторой границе.

При $c > 0,25$ возможна только одна ситуация, когда бюджета может не хватить для полноценной организации процесса разработки (т.е. разработка остановится на одном из этапов жизненного цикла).

Увеличение неучтенных факторов ε ведет к тому, что вырастает вероятность невыполнения разработки к концу срока.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Использование предложенного подхода может помочь при оптимизации управления процессом разработки сложной технической системы, такой, как ИУС СЦ различного назначения. В частности, для предложенных уравнений найдено так называемое мягкое управление финансированием проекта в условиях неполноты знаний о состоянии технических параметров ИУС СЦ на основе обратной связи, удерживающее фазовую траекторию в безопасной области за счет привлечения в проект разработки или экономии на нем дополнительных денежных средств компании. Целью управления является удержание траектории системы в допустимой области. Для управления используются так называемые мягкие методы [21–24].

ВЫВОДЫ

Численное решение уравнений, составляющих модель, показывает, что модель достаточно адекватно описывает процесс финансирования разработки и модернизации сложной технической системы.

Разработанная модель позволяет строить фазовые траектории в пространстве (готовность-бюджет-риск) прогнозировать состояние готовности и бюджета и оценивать риск срыва сроков разработки.

При построении модели предложена оригинальная математическая формализация процесса разработки ИУС в виде трехмерной динамической системы. Анализ фазовых траекторий позволяет в условиях неопределенности исходных данных и неполноты информации о связях между функциональными характеристиками, вариантами финансирования и технической реализуемостью компонентов ИУС достоверно

оценить текущий уровень риска невыполнения проекта разработки и последствия тех или иных управленческих решений. Оперативный мониторинг риска необходим для своевременной корректировки управляющих воздействий, направленных на минимизацию вероятности срыва сроков. Таким образом, вероятность выступает как динамическая метрика, чувствительная к изменениям параметров проекта в реальном времени.

Описание применения метода мягких вычислений для оценки оптимальных вариантов разработки СЦ различного назначения на основе комплексного показателя риска готовится к публикации.

БЛАГОДАРНОСТИ

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета. Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация.

ACKNOWLEDGEMENTS

The article was prepared based on the results of research carried out at the expense of budgetary funds under a state assignment to the Financial University. Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Domnikov A., Khodorovsky M., Domnikova L. Decision support system used to improve the competitiveness of a power generating company under conditions of uncertainty. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 2021;254:15-23. DOI: 10.2495/ESUS210021
2. Chang S., Castro-Lacouture D., Yamagata Y. Decision support for retrofitting building envelopes using multi-objective optimization under uncertainties. *Journal of Building Engineering*. 2020;32:101413. DOI: 10.1016/j.job.2020.101413
3. Артеменков А.И. и др. Разработка интегрированной финансовой модели для региональных авиалиний: опыт структурированной иерархической финансовой модели с автоматизированным графиком инвестиций и формирования резервов. *Финансы: теория и практика*. 2025;29(4):210-224. DOI: 10.26794/2587-5671-2025-29-4-210-224
4. Кравченко Т.К., Исаев Д.В. Принятие стратегических решений в условиях риска и неопределенности. *Финансы: теория и практика*. 2016;20(4):22-31. DOI: 10.26794/2587-5671-2016-20-4-22-31
5. Макаров В.Л. и др. Системные основы решения управленческих задач взаимодействия фундаментальной и прикладной науки с производственным сектором как основной фактор новой индустриализации России. *Экономические стратегии*. 2013;15(2):108-117.
6. Хармат А.М. Современные методы и инструменты регулирования рисков проектного финансирования. *Финансы: теория и практика*. 2014;(5):137-143.
7. Боев С.Ф., ред. Мощные надгоризонтные РЛС дальнего обнаружения: разработка, испытания, функционирование. М.: Радиотехника; 2013. 168 с.
8. Боев С.Ф. Управление рисками проектирования и создания радиолокационных станций дальнего обнаружения. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана; 2017. 430 с.
9. Боев С.Ф. и др. Управление созданием и эксплуатацией радиолокационных систем дальнего обнаружения. Т. 3. М.: Научная книга; 2019. 420 с.
10. Боев С.Ф. и др. О возможности снижения сроков и стоимости создания РЛС ДО с использованием стенда главного конструктора. *Журнал радиоэлектроники*. 2017;(9):14.
11. Логовский А.С. и др. Техничко-экономический показатель эффективности создания радиолокационных систем дальнего обнаружения. *Вооружение и экономика*. 2020;(2):9-23.

12. Казанцев А. М., Перлов А. Ю., Соколов К. С. Обоснование рациональных конструктивно-технических решений на этапе концептуального проектирования радиолокационных станций дальнего обнаружения. *Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России*. 2023;(4):45-53. DOI: 10.52135/2410-4124_2023_4_45
13. Бондаренко А. П. и др. Обобщенный показатель для обоснования конструктивно-технических решений радиолокационных станций на этапе концептуального проектирования. *Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук*. 2023;(3):70-75. DOI: 10.53816/20753608_2023_3_70
14. Лепихин А. М. и др. Концепция риск-анализа технических систем с использованием цифровых двойников. *Вычислительные технологии*. 2020;25(4):99-113. DOI: 10.25743/ICT.2020.25.4.009
15. Gisin V. V. Combining scenario approach and Choquet integral in decision making. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020;1703:012006. DOI: 10.1088/1742-6596/1703/1/012006
16. Минасян В. Б. Новые меры риска искажения дисперсии и меры катастрофических финансовых рисков. *Финансы: теория и практика*. 2021;25(6):165-184. DOI: 10.26794/2587-5671-2021-25-6-165-184
17. Логинов М. П. Механизм управления банковскими рисками (кибернетический подход). *Финансы: теория и практика*. 2017;21(1):56-63.
18. Фомченкова Л. В., Харламов П. С., Мелихов К. С. Прямое нечеткое оценивание «цепочек» финансовых рисков организации. *Финансы: теория и практика*. 2022;26(4):139-156. DOI: 10.26794/2587-5671-2022-26-4-139-156
19. Борисова О. В., Древинг С. Р., Лосева О. В., Федотова М. А. Меры финансовой господдержки и риск-факторы, влияющие на стоимость инвестиционных проектов по внедрению промышленных робототехнических комплексов. *Финансы: теория и практика*. 2025;29(3):20-34. DOI: 10.26794/2587-5671-2025-29-3-20-34
20. Боев С. Ф. и др. Создание и эксплуатация радиолокационных станций дальнего обнаружения. *Вопросы радиоэлектроники*. 2020;(5):35-48. DOI: 10.21778/2218-5453-2020-5-35-48
21. Баранов А. О., Музыко Е. И., Павлов В. Н. Нечетко-множественная оценка параметров эффективности инновационного проекта. *Финансы: теория и практика*. 2016;20(6):120-132. DOI: 10.26794/2587-5671-2016-20-6-120-132
22. Баранов А. О., Музыко Е. И., Павлов В. Н. Развитие методологии анализа эффективности венчурного инвестирования на основе опционного и нечетко-множественного подходов. *Проблемы прогнозирования*. 2023;(5):6-17. DOI: 10.47711/0868-6351-200-6-17
23. Трундаев И. В. Моделирование траекторного движения к цели в условиях неопределенности. *Нелинейный мир*. 2024;22(4):70-79. DOI: 10.18127/j20700970-202404-09
24. Трундаев И. В. Мягкое управление нелинейной экономической системой. *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*. 2025;(1):84-100. DOI: 10.21685/2227-8486-2025-1-7

REFERENCES

1. Domnikov A., Khodorovsky M., Domnikova L. Decision support system used to improve the competitiveness of a power generating company under conditions of uncertainty. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 2021;254:15-23. DOI: 10.2495/ESUS210021
2. Chang S., Castro-Lacouture D., Yamagata Y. Decision support for retrofitting building envelopes using multi-objective optimization under uncertainties. *Journal of Building Engineering*. 2020;32:101413. DOI: 10.1016/j.jobbe.2020.101413
3. Artemenkov A. I., et al. Developing a three-statement financial model for regional airlines: A case study of structured hierarchical financial model with automated investment schedule and provisioning features. *Finance: Theory and Practice*. 2025;29(4):210-224. DOI: 10.26794/2587-5671-2025-29-4-210-224
4. Kravchenko T. K., Isaev D. V. Making strategic decisions under risk and uncertainties. *Finance: Theory and Practice*. 2016;20(4):22-31. (In Russ.). DOI: 10.26794/2587-5671-2016-20-4-22-31
5. Makarov V. L., et al. The systemic foundations of solving managerial problems of interaction of fundamental and applied science with the manufacturing sector as the main factor of the new industrialization of Russia. *Ekonomicheskie strategii = Economic Strategies*. 2013;15(2):108-117. (In Russ.).
6. Harmath A. M. Modern methods and tools for regulation of project finance risks. *Finance: Theory and Practice*. 2014;(5):137-143. (In Russ.).
7. Boev S. F., ed. Powerful over-the-horizon long-range radar systems: Development, testing, and operation. Moscow: Radiotekhnika; 2013. 168 p. (In Russ.).

8. Boev S.F. Risk management for the design and creation of long-range radar stations. Moscow: Bauman Moscow State Technical University; 2017. 430 p. (In Russ.).
9. Boev S.F., et al. Control of the creation and operation of long-range radar detection systems. Vol. 3. Moscow: Nauchnaya kniga; 2019. 420 p. (In Russ.).
10. Boev S.F., et al. On the possibility of reducing the time and cost of creating a radar station using the chief designer's stand. *Zhurnal radioelektroniki = Journal of Radio Electronics*. 2017;(9):14. (In Russ.).
11. Logovsky A.S., et al. Technical and economic indicator of the early warning radar creation effectiveness. *Vooruzhenie i ekonomika = Armament and Economics*. 2020;(2):9-23. (In Russ.).
12. Kazantsev A.M., Perlov A.Yu., Sokolov K.S. Justification of rational constructive and technical decisions at the conceptual design stage of long-range radar stations. *Nauchnyi vestnik oboronno-promyshlennogo kompleksa Rossii = Scientific Bulletin of the Military-Industrial Complex of Russia*. 2023;(4):45-53. (In Russ.). DOI: 10.52135/2410-4124_2023_4_45
13. Bondarenko A.P., et al. Generalized indicator for substantiation of structural and technical solutions of radar stations at the stage of conceptual design. *Izvestiya Rossiiskoi akademii raketnykh i artilleriiskikh nauk*. 2023;(3):70-75. (In Russ.). DOI: 10.53816/20753608_2023_3_70
14. Lepikhin A.M., et al. Analysis of risk concept for technical systems using digital twins. *Vychislitel'nye tekhnologii = Computational Technologies*. 2020;25(4):99-113. (In Russ.). DOI: 10.25743/ICT.2020.25.4.009
15. Gisin V.B. Combining scenario approach and Choquet integral in decision making. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020;1703:012006. DOI: 10.1088/1742-6596/1703/1/012006
16. Minasyan V.B. New risk measures for variance distortion and catastrophic financial risk measures. *Finance: Theory and Practice*. 2021;25(6):165-184. DOI: 10.26794/2587-5671-2021-25-6-165-184
17. Loginov M.P. The bank risk management mechanism (the cybernetic approach). *Finance: Theory and Practice*. 2017;21(1):56-63. (In Russ.).
18. Fomchenkova L.V., Kharlamov P.S., Melikhov K.S. Direct fuzzy evaluation of financial risk "chains" of an organisation. *Finance: theory and practice*. 2022;26(4):139-156. DOI: 10.26794/2587-5671-2022-26-4-139-156
19. Borisova O.V., Dreving S.R., Loseva O.V., Fedotova M.A. State financial support measures and risk factors affecting the cost of investment projects for the introduction of industrial robotic complex. *Finance: Theory and Practice*. 2025;29(3):20-34. DOI: 10.26794/2587-5671-2025-29-3-20-34
20. Boev S.F., et al. Creation and operation of long-range detection radar. *Voprosy radioelektroniki = Issues of Radio Electronics*. 2020;(5):35-48. (In Russ.). DOI: 10.21778/2218-5453-2020-5-35-48
21. Baranov A.A., Muzyko E.I., Pavlov V.N. Fuzzy set assessment of innovative project effectiveness parameters. *Finance: Theory and Practice*. 2016;20(6):120-132. (In Russ.). DOI: 10.26794/2587-5671-2016-20-6-120-132
22. Baranov O.A., Muzyko E.I., Pavlov V.N. Development of a methodology for analyzing the effectiveness of venture capital investment based on option and fuzzy-sets approaches. *Studies on Russian Economic Development*. 2023;34(5):565-572. DOI: 10.1134/S1075700723050039 (In Russ.: *Problemy prognozirovaniya*. 2023;(5):6-17. DOI: 10.47711/0868-6351-200-6-17).
23. Trundaev I.V. Modeling of trajectory movement towards a goal under uncertainty. *Nelineinyi mir = Journal Nonlinear World*. 2024;22(4):70-79. (In Russ.). DOI: 10.18127/j20700970-202404-09
24. Trundaev I.V. Soft control of a non-linear economic system. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve = Models, Systems, Networks in Economics, Engineering, Nature and Society*. 2025;(1):84-100. (In Russ.). DOI: 10.21685/2227-8486-2025-1-7

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS



Иван Вячеславович Трундаев — аспирант кафедры математики и анализа данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Ivan V. Trundaev — Postgraduate Student, Department of mathematics and Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0009-0004-2935-2445>

ivan_t98@mail.ru

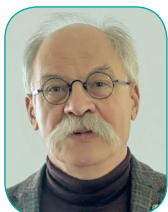


Владимир Борисович Гисин — кандидат физико-математических наук, профессор кафедры математики и анализа данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Vladimir B. Gisin — Cand. Sci. (Phys. Math.), Prof. of the Department of Mathematics and Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-7269-0587>

vgisin@fa.ru



Александр Васильевич Тимошенко — доктор технических наук, профессор кафедры информационной безопасности, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Aleksandr V. Timoshenko — Dr. Sci. (Eng.), Prof. of the Department of Information Security, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-9791-142X>

Автор для корреспонденции / Corresponding author:

u567ku78@gmail.com



Валерий Анатольевич Панкратов — кандидат технических наук, начальник лаборатории, АО «Научно-производственное объединение дальней радиолокации имени академика А.Л. Минца», Москва, Российская Федерация

Valerij A. Pankratov — Cand. Sci. (Eng.), Head of the laboratory, Joint Stock Company “Scientific and Production Association of Long-range Radar named after Academician A. L. Mints”, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0003-3390-2353>

valerqa@gmail.com

Заявленный вклад авторов:

И.В. Трундаев — разработка математической структуры модели и метода оценки.

В.Б. Гисин — сравнительный анализ преимуществ и недостатков существующих оценок риска.

А.В. Тимошенко — определение ключевых факторов для решения прикладной задачи и разработка теоретической основы концепции статьи.

В.А. Панкратов — постановка проблемы, разработка теоретической основы и анализ существующих подходов процесса разработки СЦ.

Authors' declared contribution:

I. V. Trundaev — development of the mathematical structure of the model and the evaluation method.

V. B. Gisin — comparative analysis of advantages and disadvantages of existing risk assessments.

A. V. Timoshenko — identification of critical factors for solving the applied problem and development of the theoretical basis of the concept of the article.

V. A. Pankratov — problem statement, development of a theoretical framework, and analysis of existing approaches to the process of SC modernization.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest Statement: The authors have no conflicts of interest to declare.

Статья поступила в редакцию 23.09.2025; после рецензирования 23.10.2025; принята к публикации 22.11.2025.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was submitted on 23.09.2025; revised on 23.10.2025 and accepted for publication on 22.11.2025.

The authors read and approved the final version of the manuscript.

Переводчик Н.И. Соколова