

DOI: 10.17323/2587-814X.2025.1.72.92

Оценка рисков недостижения целевых значений показателей интеллектуального капитала организации на основе нечеткой модели

К.С. Солодухин* 

E-mail: k.solodukhin@mail.ru

Г.С. Завалин 

E-mail: georgiy.zavalin08@vvsu.ru

Д.В. Макарова 

E-mail: malnova.daria@vvsu.ru

Владивостокский государственный университет, Владивосток, Россия

Аннотация

Процессы формирования и развития интеллектуального капитала в цифровой экономике представляют собой слабоструктурированные процессы, протекающие в условиях значительно-го увеличения скорости и непредсказуемости изменений во внешней среде. Это крайне затрудняет возможность использования предыдущего опыта и вероятностных прогнозов при оценке рисков недостижения стратегических целей по развитию интеллектуального капитала организации. При этом нежелательные отклонения при достижении этих целей могут приводить к значительным негативным последствиям. В этой связи возникает необходимость разработки соответствующих нечетких методов и моделей, что обуславливает актуальность настоящей работы. Цель данного исследования состояла в разработке нечеткого метода оценки рисков недостижения стратегических целей организации в сфере развития интеллектуального капитала. В основе метода лежит разработанная авторами нечеткая модель, позволяющая учитывать толерантность к неопределенности лица, принимающего решения. Апробация метода на примере конкретной

* Автор, ответственный за переписку

организации показала возможность его практической применимости. Приведены количественные оценки и качественные интерпретации уровней рисков недостижения целевых показателей по развитию интеллектуального капитала организации (крупного регионального университета).

Ключевые слова: интеллектуальный капитал, нечеткая модель, риски недостижения целей, управление рисками портфеля проектов, толерантность к неопределенности

Цитирование: Солодухин К.С., Завалин Г.С., Макарова Д.В. Оценка рисков недостижения целевых значений показателей интеллектуального капитала организации на основе нечеткой модели // Бизнес-информатика. 2025. Т. 19. № 1. С. 72–92. DOI: 10.17323/2587-814X.2025.1.72.92

Введение

Формирование и реализация стратегических целей являются ядром стратегического процесса в организации [1, 2]. Другими важнейшими признаками стратегического процесса являются стратегическая рефлексия (поиск лучших путей достижения целей) и стратегические действия (реализация программ, проектов, мероприятий) [3].

Стратегический процесс (как и любая другая деятельность хозяйствующего субъекта) осуществляется в условиях неопределенностей, наличие которых приводит к рискам недостижения целей.

В системе стратегических целей организации могут быть цели, требующие безусловного выполнения. Недостижение этих целей может привести к прекращению ее существования. В этой связи точность оценки рисков недостижения таких целей приобретает критическое значение [4]. Наличие рисков недостижения цели требует запаса «омертвленных» («страховых») ресурсов, использование которых предполагается в случае возникновения угроз на пути движения к цели [5]. Повышение точности оценки рисков позволит избежать излишнего «замораживания» ресурсов.

Неточность оценки рисков недостижения целей может также привести к излишним затратам ресурсов, заложенным на этапе планирования стратегических действий (формирования планов и программ развития, отбора проектов). В свою очередь, это может привести к перевыполнению некоторых целей с соответствующими негативными последствиями [6].

С позиций операциональной теории управления риском уровень риска отклонения от целей организации можно считать характеристикой качества управления. В рамках теории экономического риска рассматривается как категория, отражающая меру реальности нежелательного отклонения от целей и величину обусловленных этим отклонением потерь. При этом оценка меры отклонения может быть осуществлена, например, в виде дополнительных затрат или снижения экономического эффекта, обусловленных реализацией управленческого решения [7].

В теории управления экономическим риском анализ и сопоставление информации о хозяйственной ситуации может происходить в двух различных ситуациях (временных срезах): на этапе подготовки решения и на этапе реализации решения [7].

Для второго этапа методы оценки рисков недостижения целей посвящены идентификации и оценке возможных помех — событий во внешней среде, препятствующих достижению целей. В зависимости от способа оценки помех модели могут быть вероятностными [8–13] или нечеткими [14–18]. Существуют также модели, в которых нечеткий подход дополнен вероятностным анализом [19].

На первом этапе происходит генерация вариантов решений (управленческих воздействий), оценивается достаточность (для принятия решений) имеющейся информации, исходная информация пополняется и уточняется, прогнозируются результаты применения выбранных решений и их соответствие поставленным целям [7].

Управленческим решением (вариантом решения) является решение о выборе из множества возможных стратегических мероприятий (за каждым из которых стоят необходимые ресурсы и определенные последствия) некоторой конкретной совокупности мероприятий, направленных на достижение целей [20]. В большинстве случаев стратегические мероприятия могут быть рассмотрены как проекты (реконструкции и развития), соответственно, выбор совокупности мероприятий представляет собой формирование портфеля проектов.

Управление рисками портфеля проектов (Project Portfolio Risk Management, PPRM) представляет собой сформировавшуюся область исследований, в фокусе внимания которой находятся процессы выявления и балансировки рисков портфеля проектов при стремлении максимизировать ценность, получаемую компанией, что отражается в достигнутом воздействии на стратегические цели [21]. Таким образом, в фокусе внимания PPRM находятся управленческие возможности организации по снижению негативного воздействия рисков и расширению возможностей с учетом взаимозависимостей между проектами и рисками [22–25].

В PPRM могут быть выделены как уже сложившиеся, так и перспективные направления исследований [21]. Одним из таких направлений является развитие моделей и методов оценки рисков портфеля проектов (Project Portfolio Risk, PPR).

В основе существующих методов оценки портфельного риска лежат различные подходы к моделированию неопределенности. В стохастических моделях неопределенность описывается распределением вероятностей. В нечетких моделях — функцией принадлежности [26]. В нестохастических игровых моделях задается неструктурированное множество потенциально возможных значений элементарного события [7].

Теория управления риском смещает акцент в сторону исследования слабоструктурированных явлений [7]. В настоящее время эти явления происходят в условиях значительного увеличения скорости и непредсказуемости изменений во внешней среде. Это крайне затрудняет возможность использования предыдущего опыта (исторических данных) [27] и вероятностных прогнозов.

В этой связи в последние годы активно разрабатываются самые различные нечеткие модели, позволяющие оценить риски портфеля проектов и учесть

полученные оценки рисков при выборе портфеля. Следует отметить работу В. Мохареги с соавторами [28], предложившими оригинальный подход к выбору оптимального портфеля проектов по достижению целей устойчивого развития с использованием интервальных нечетких множеств для учета неопределенности и различных критериев (индексов), отражающих риски. В работе О.М. Шаталовой [29] предложены нечеткие модели оценки сравнительной эффективности инновационных проектов при формировании программы технологического развития промышленного предприятия в условиях нестохастической неопределенности с учетом рисков. В работе А. Зайдуни с соавторами [30] для прогнозирования рисков портфеля ИТ-проектов используется нечеткий факторный анализ. Следует также отметить работы М.К. Мехлавата и др. [31], Р. Ханджани Шираза и др. [32], Х. Денга и Ю. Юаня [33], М. Рахиминежада Галанкаши и др. [34], М. Мохсени-Тонекабони и др. [35], Б. Ванга и др. [36], Ф. Дехгани [37], В.Д. Нгуена и др. [38], С.Х. Абтахи [39], Х. Янга и др. [40].

В то же время, потенциал нечеткого подхода при анализе рисков портфеля проектов в полной мере не реализован [21].

Достижение стратегических целей приводит к изменению стратегического потенциала — «совокупности находящихся в распоряжении предприятия «стратегических» ресурсов, имеющих определяющее значение для возможностей и границ функционирования предприятия в тех или иных условиях» [41, с. 352]. В условиях развития цифровой экономики важнейшим стратегическим ресурсом организации является ее интеллектуальный капитал.

Стратегия развития интеллектуального капитала является частью общей стратегии развития организации. Совокупность стратегических целей, способствующих развитию интеллектуального капитала, является подмножеством множества всех стратегических целей организации. Нежелательные отклонения при достижении этих целей приводят к вышеописанным негативным последствиям. При этом, оценка рисков таких отклонений существенно сложнее, чем для большинства других стратегических целей в силу специфики интеллектуального капитала: большое количество имплицитных и «качественных» факторов развития, сильное динамическое воздействие компонентов интеллектуального капитала организации и др. [42, 43].

В этой связи на первый план выходят именно нечеткие модели оценки интеллектуального капитала организации и его компонентов. Значительное внимание таким моделям уделено в обзоре М. Коса с соавторами [44]. Из соответствующих публикаций, вышедших не ранее 2020 г., следует отметить работы А. Бустаманте и др. [45], С. Козловского и др. [46], Дж. Чевика и О. Арслана [47], Н. Покровской и др. [48], М. Луккезе и др. [49], Е. Гросс-Голацкой и др. [50].

В то же время, такой важный (по указанным выше причинам) вопрос, как оценка рисков недостижения целевых показателей интеллектуального капитала организации остался не затронут разработчиками моделей.

Таким образом, целью настоящего исследования является разработка нечеткого метода оценки рисков недостижения стратегических целей для поддержки принятия управленческих решений в сфере развития интеллектуального капитала организации.

Работа содержит четыре основных раздела. В первом разделе «Метод оценки рисков недостижения целевых показателей интеллектуального капитала организации» приведена базовая схема метода, описано содержание ее основных этапов. В основе предлагаемого метода лежит нечеткая модель, подробно изложенная во втором разделе статьи. В третьем разделе приведены результаты апробации метода на примере конкретной организации (крупного регионального университета). В разделе «Обсуждение» сформулированы преимущества метода; его вклад в развитие различных областей исследований; возможности и условия его использования для организаций различных типов и отраслевой принадлежности.

1. Метод оценки рисков недостижения целевых показателей интеллектуального капитала организации

Базовая схема предлагаемого метода оценки рисков недостижения стратегических целей по развитию интеллектуального капитала организации (далее — ИКО) приведена на *рисунке 1*.

Прежде всего, необходимо сформировать каузальное поле показателей развития ИКО по ранее предложенной схеме [51]. Выделение эксплицитных и имплицитных факторов, находящихся на нижнем уровне иерархии, и оценка их влияния базируются на основе авторской нечеткой модели. Пример ие-

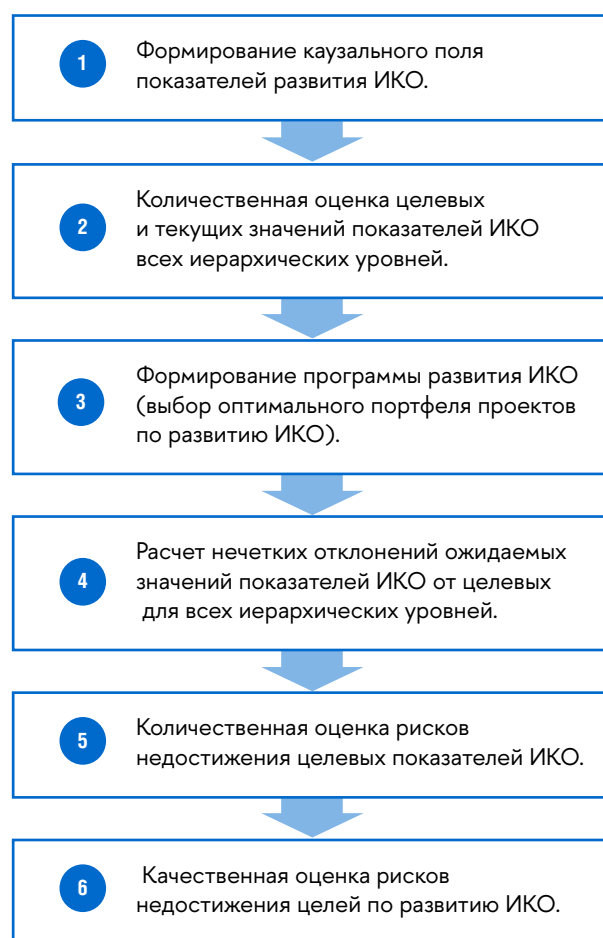


Рис. 1. Базовая схема метода оценки рисков недостижения целей организации по развитию интеллектуального капитала.

рархической структуры показателей развития ИКО для конкретной организации (университета) приведен в разделе 3 (*рисунк 2*) [52, 53].

Часть показателей ИКО нижнего уровня иерархии естественным образом оценивается в количественных шкалах. Другая часть (а также практически все показатели вышележащих уровней) оцениваются в качественных шкалах. Соответственно, возникают существенные сложности в процессе движения по иерархии снизу-вверх при оценке интегральных показателей ИКО вплоть до интегрального показателя интеллектуального капитала организации в целом. Еще одна сложность при оценке показателей развития ИКО связана возникновением циклов в иерархии. В этой связи была предложена нечеткая модель, позволяющая количественно оценить показатели развития ИКО на всех иерархических уровнях [52].

Данная модель разрабатывалась для оценки текущего уровня ИКО. При этом она может успешно использоваться при установлении целевых значений показателей развития ИКО. Стратегические цели в области развития ИКО возникают в рамках общей стратегии организации, формализованной на основе модифицированной сбалансированной системы показателей [51]. Соответственно, как правило, известны четкие целевые значения «количественных» результирующих показателей таких целей. Значения «качественных» результирующих показателей зачастую отсутствуют в явном виде в стратегии. А в том случае, если они все-таки каким-то образом установлены, непонятно, как определять целевые значения различных интегральных показателей развития ИКО (соответствующих основным компонентам ИКО, способностям организации к тем или иным когнитивным активностям и различным аспектам в рамках отдельных типов когнитивных активностей). Для этого и может быть применена данная модель.

После того, как количественно определены нечеткие целевые и текущие значения всех показателей в иерархии, может быть сформирована программа стратегического развития ИКО. Данная программа представляет собой совокупность стратегических мероприятий (проектов), в результате осуществления которых происходит достижение (в той или иной степени) стратегических целей по развитию ИКО. Таким образом, значения результирующих показателей этих целей (показателей развития ИКО) достигают целевых значений или приближаются к ним.

В работе [53] предложены нечеткие оптимизационные модели формирования портфеля проектов по развитию ИКО с учетом рисков. Нечеткие оптимизационные задачи сводятся к четким задачам булева квадратичного программирования с помощью методов, предложенных в работах [54–56]. При этом необходимо задать уровни достоверности для целевой функции и каждого ограничения. Уровни достоверности задают жесткость ограничений и могут влиять на состав портфеля. Можно считать, что заданные уровни достоверности определяют толерантность к неопределенности лица, принимающего решение (ЛПР) [57].

Предложенные модели позволяют сформировать оптимальный портфель проектов по развитию ИКО (в зависимости от выбранной целевой функции и заданных ограничений). Одновременно с этим мы получаем ожидаемые нечеткие значения всех пока-

зателей ИКО в иерархии (при реализации данного портфеля). Соответственно, могут быть рассчитаны нечеткие относительные отклонения ожидаемых значений от целевых (степени недостижения целевых показателей).

Данные отклонения отражают риски недостижения целевых показателей развития ИКО. В свою очередь, может быть получена дополнительная количественная информация для удобства и повышения точности качественной интерпретации уровня рисков. Прежде всего, каждое нечеткое отклонение может быть дефазифицировано выбранным методом. Кроме того, может быть рассчитан индекс нечеткости отклонения, отражающий степень размытости нечеткого отклонения [58].

В работе [42] предложен способ интерпретации уровня риска на основе соотнесения с максимально возможным значением. В рамках альтернативного подхода рассчитываются коэффициенты соответствия каждого нечеткого отклонения интервалам, на которые разбито универсальное множество [18]. Распределение коэффициентов соответствия определяет качественную оценку риска.

Коэффициенты соответствия представляют собой относительные площади фигур, ограниченных кривой функции принадлежности сверху и заданным альфа-уровнем снизу. Важно отметить, что выбор альфа-уровня (так же, как и выбор уровней достоверности) определяет толерантность ЛПР к неопределенности: чем меньше альфа, тем больше толерантность. Изменение толерантности ЛПР к неопределенности может привести к изменению качественных оценок рисков. Причем, как будет показано ниже, эти изменения могут быть двусторонними: для одних показателей при увеличении альфа-уровня оценки рисков будут повышаться, для других, наоборот, понижаться. Учет толерантности ЛПР к неопределенности является значимым преимуществом предлагаемого метода оценки рисков недостижения целей по развитию ИКО.

2. Нечеткая модель

Пусть сформировано каузальное поле показателей развития ИКО. Определены нечеткие значения «качественных» показателей нижнего уровня. Осуществлена фазификация четких значений «количественных» показателей. Заданы системы нечеткого вывода (либо упрощенные процедуры [59]), позволяющие получить нечеткие значения

показателей ИКО всех уровней иерархии. Определены целевые и рассчитаны текущие значения всех показателей [52].

Пусть заданы сценарии возможных изменений внутренней и внешней среды, определены их нечеткие вероятности. Сформировано множество возможных проектов по развитию ИКО, нечетко заданы их бюджеты. Определены изменения текущих значений показателей нижнего уровня (и, через них, всех показателей в иерархии) в результате реализации каждого проекта для каждого сценария [53].

Отметим, что значения всех показателей ИКО (кроме самого нижнего уровня иерархии), вероятности сценариев, бюджеты проектов и изменения показателей нижнего уровня являются нечеткими числами Гауссова типа. Значения показателей нижнего уровня являются трапециевидными нечеткими числами.

Формируем программу развития ИКО на основе одной из предложенных нечетких оптимизационных моделей (представляющих собой нечеткие задачи булева квадратичного программирования) [53]. Напомним, что модели отличаются целевыми функциями (максимизация удельной полезности или минимизация риска портфеля проектов) и ограничениями (на совокупный бюджет программы развития, на величину риска программы или на величину ожидаемой удельной полезности). Также напомним, что состав оптимального портфеля проектов зависит от заданных уровней достоверности (на целевую функцию и ограничения). Для выбранного оптимального портфеля имеем ожидаемые нечеткие значения всех показателей ИКО.

Рассчитываем степени недостижения целевых показателей ИКО как относительные отклонения ожидаемых значений от целевых следующим образом:

$$\Delta_i = \frac{IC_i^T - IC_i^E}{IC_i^T}, \quad (1)$$

где Δ_i — степень недостижения целевого значения i -го показателя ИКО;

IC_i^T — целевое значение i -го показателя ИКО;

IC_i^E — ожидаемое значение i -го показателя ИКО.

Заметим, что в общем случае в силу нечеткости переменных

$$\Delta_i \neq 1 - \frac{IC_i^E}{IC_i^T}.$$

Важно отметить, что если $IC_i^E > IC_i^T$ (для выбранного метода сравнения нечетких множеств), все равно могут существовать риски недостижения целевого значения i -го показателя. В этом случае нечеткие относительные отклонения ожидаемых значений от целевых будем рассчитывать по формуле (2):

$$\Delta_i = \frac{IC_i^E - IC_i^T}{IC_i^E}. \quad (2)$$

Пусть $IC_i^T > IC_i^E$. Тогда $(\xi_i; \eta_i) \subseteq (a_i; b_i)$, где $(\xi_i; \eta_i)$ — носитель нечеткого множества Δ_i , a_i есть инфимум носителя нечеткого множества

$$\frac{IC_i^T - IC_i^T}{IC_i^T},$$

b_i есть супремум носителя нечеткого множества

$$\frac{IC_i^T}{IC_i^T}.$$

Если $IC_i^E > IC_i^T$, то в качестве a_i следует брать инфимум носителя нечеткого множества

$$\frac{IC_i^E - IC_i^E}{IC_i^E},$$

в качестве b_i — супремум носителя нечеткого множества

$$\frac{IC_i^E}{IC_i^E}.$$

Рассмотрим биекции $f_i : (a_i; b_i) \rightarrow (0; 1)$,

$$f_i(x) = \frac{x - a_i}{b_i - a_i}. \quad (3)$$

Данные отображения позволяют перейти от нечетких отклонений Δ_i к нечетким множествам Δ'_i , носители которых являются подмножествами интервала $(0; 1)$.

Рассчитываем индексы нечеткости множеств Δ'_i заданным методом [60]. Обозначим их θ_i . Осуществляем дефазификацию нечетких множеств Δ'_i одним из выбранных методов. Полученные четкие значения обозначим ω_i .

Разбиваем интервал $(0; 1)$ на h интервалов $(0; \xi_1)$, $(\xi_1; \xi_2)$, ..., $(\xi_{h-1}; 1)$ (эти интервалы могут быть равными, но в общем случае это необязательно).

Вычисляем коэффициенты соответствия нечетких множеств Δ'_i этим интервалам $(0 \leq \alpha < 1)$. Обозначим их $\delta_1^i, \delta_2^i, \dots, \delta_h^i$.

При $a = 1$, δ_j^i есть мера пересечения ядра нечеткого множества Δ_i^j и интервала $(\xi_{j-1}^i; \xi_j^i)$. В качестве метода дефазификации для единичного альфа-уровня разумно использовать метод среднего максимума.

Качественная оценка риска недостижения целевого значения i -го показателя ИКО происходит в заданной лингвистической шкале на основании распределения коэффициентов $\delta_1^i, \delta_2^i, \dots, \delta_h^i$. Если $IC_i^T > IC_i^E$, то чем больше коэффициенты соответствия с меньшими нижними индексами и меньше коэффициенты с большими нижними индексами, тем меньше уровень риска, и наоборот. Если $IC_i^E > IC_i^T$, то уровень риска тем меньше, чем меньше коэффициенты соответствия с меньшими нижними индексами и больше коэффициенты с большими нижними индексами.

Также во внимание принимаются ω_i и θ_i . Заметим, что чем меньше θ_i , тем надежнее полученные качественные оценки рисков, и наоборот.

В дальнейшем может быть предложена формализованная процедура определения некоторого интегрального коэффициента (как функции переменных $\delta_1^i, \delta_2^i, \dots, \delta_h^i, \omega_i, \theta_i$), на основании которого и будет происходить интерпретация уровня риска. Однако подбор такой функции осложняется немотонностью в общем случае последовательности $\delta_1^i, \delta_2^i, \dots, \delta_h^i$.

3. Апробация метода

Предложенный метод апробирован на примере крупного регионального университета (Владивостокского государственного университета, ВВГУ). На примере данного вуза ранее были апробированы отдельные нечеткие модели, которые легли в основу разработанного метода [51–53].

Иерархическая система (каузальное поле) показателей развития ИКО представлена на *рисунке 2*. «Качественные» показатели ИКО нижнего уровня выделены желтым цветом, «количественные» показатели отмечены зеленым цветом.

Целевые значения «количественных» показателей были взяты из стратегии университета, текущие значения — из системы управленческого учета. Четкие текущие и целевые значения были фазифицированы предложенным в работе [52] способом. Ранее были также получены текущие значения «качественных» показателей в виде нечетких чисел Гауссова типа [52]. Аналогичным образом были определены их целевые значения (*таблица 1*).

Далее были рассчитаны нечеткие целевые и текущие значения показателей ИКО всех вышележащих уровней иерархии. Для этого, в том числе, были сформированы базы нечетких продукционных правил для нижнего иерархического уровня. Дефазифицированные методом центра тяжести целевые и текущие значения показателей интеллектуального капитала университета всех уровней иерархии приведены в *таблице 2*.

На следующем шаге была сформирована совокупность стратегических мероприятий (проектов), способствующих развитию интеллектуального капитала вуза. Бюджеты проектов были экспертно оценены в заданной лингвистической шкале. Средневзвешенные экспертные оценки бюджетов проектов в виде нечетких чисел Гауссова типа приведены в *таблице 3*.

Большая часть проектов (проекты 1, 2, 3, 5, 8) явным образом направлена на повышение человеческого капитала университета. В то же время, каждый из них влияет и на организационный капитал, и почти все (кроме пятого) — на отношенческий капитал (пусть и в меньшей степени). Проекты 4 и 7 ориентированы в первую очередь на повышение отношенческого капитала, при этом проект 4 частично влияет также на человеческий и организационный капиталы (за счет внутренних стейкхолдеров вуза). Проект 6, прежде всего, призван обеспечить рост организационного капитала, при этом он также значительно влияет на отношенческий капитал и в некоторой степени на человеческий капитал университета.

Далее были рассмотрены три сценария, нечеткие вероятности которых аппроксимируются гауссианами: $\mu = 0,2955$, $\sigma = 0,0318$ (для пессимистичного сценария); $\mu = 0,5238$, $\sigma = 0,0497$ (для реалистичного сценария); $\mu = 0,1974$, $\sigma = 0,0226$ (для оптимистичного сценария).

В рамках сценариев определены изменения показателей развития ИКО нижнего уровня вследствие реализации каждого проекта. Средневзвешенные экспертные ответы в виде нечетких чисел Гауссова типа частично приведены в *таблице 4*. В таблице отсутствует первый проект, поскольку его реализация приводит к изменению значений только тех показателей, на которые другие проекты значимо не влияют.

Формирование программы развития ИКО осуществлялось по критерию минимума риска программы при ограничениях на бюджет программы (70 млн руб.) и величину ожидаемой удельной по-

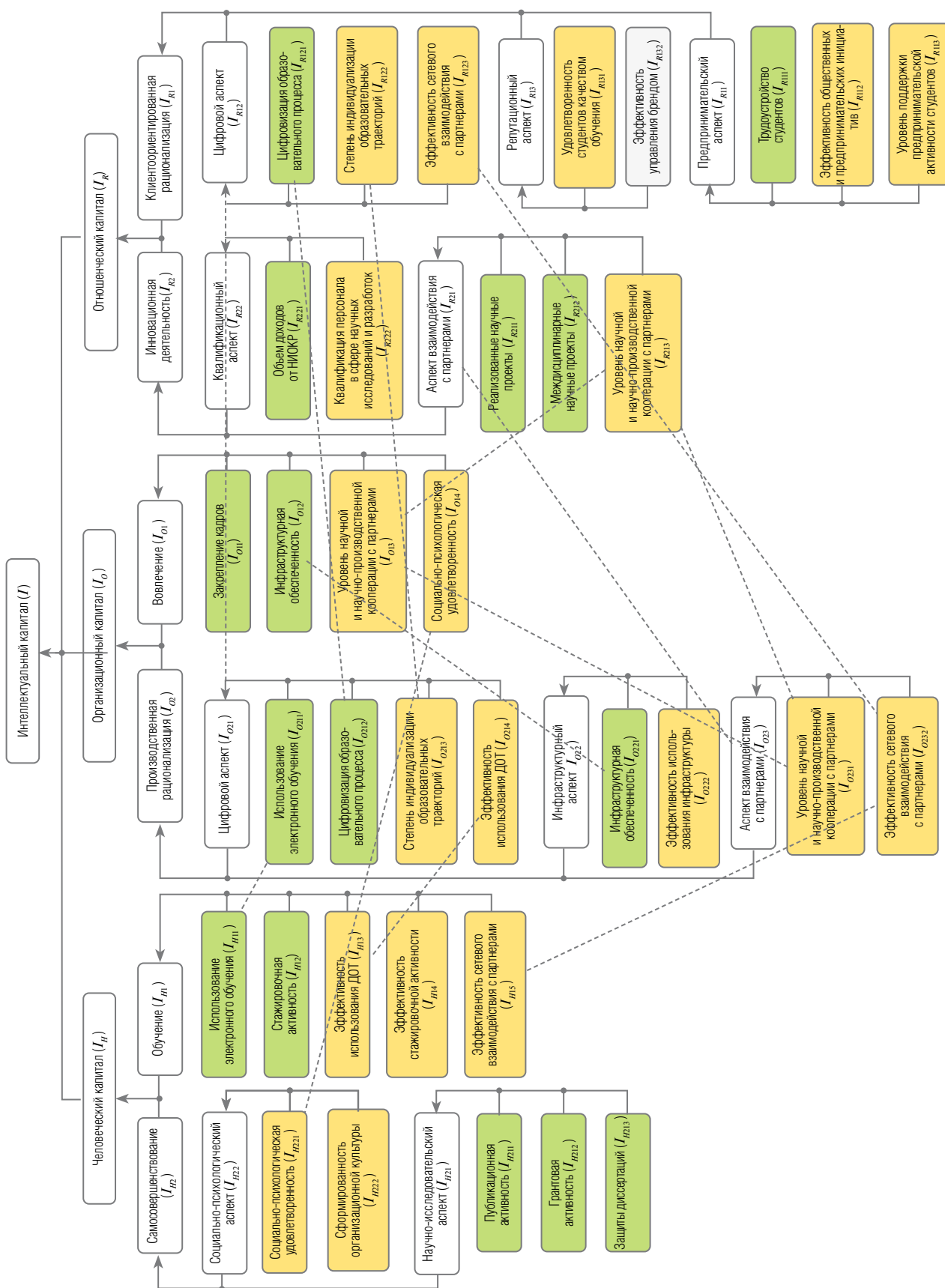


Рис. 2. Каузальное поле показателей развития интеллектуального капитала ВВГУ.

Таблица 1.

Текущие и целевые значения «качественных» показателей ИКО ВВГУ¹

Показатель	Структурный компонент ИКО	Тип когнитивной активности	Параметры аппроксимирующей гауссианы			
			Текущее значение		Целевое значение	
			μ	σ	μ	σ
Эффективность использования ДОТ (I_{H13} , I_{O214})	Человеческий капитал	Обучение	3,1492	0,4778	5,5782	0,6227
Эффективность стажировочной активности (I_{H14})	Человеческий капитал	Обучение	1,3452	0,2555	2,7812	0,3451
Социально-психологическая удовлетворенность (I_{H221} , I_{O14})	Человеческий капитал, организационный капитал	Самосовершенствование, вовлечение	7,4240	0,8361	8,1243	0,7362
Сформированность организационной культуры (I_{H222})	Человеческий капитал	Самосовершенствование	5,3308	0,5708	6,4687	0,6391
Уровень научной и научно-производственной кооперации с партнерами (I_{O13} , I_{O231} , I_{R213})	Организационный капитал, отношенческий капитал	Вовлечение, клиентоориентированная рационализация, инновационная деятельность	3,1332	0,4081	5,2634	0,6132
Эффективность использования инфраструктуры (I_{O222})	Организационный капитал	Вовлечение, производственная рационализация	9,0226	0,7395	9,3461	0,6564
Степень индивидуализации образовательных траекторий (I_{O213} , I_{R122})	Организационный капитал, отношенческий капитал	Производственная рационализация, клиентоориентированная рационализация	1,3452	0,2555	2,6843	0,3154
Эффективность сетевого взаимодействия с партнерами (I_{H15} , I_{O232} , I_{R123})	Организационный капитал, отношенческий капитал	Производственная рационализация, клиентоориентированная рационализация	3,1492	0,4778	5,5617	0,5996
Удовлетворенность студентов качеством обучения (I_{R131})	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	5,3308	0,5708	6,9453	0,6124
Эффективность управления брендом (I_{R132})	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	7,3888	0,6720	8,2164	0,7985
Эффективность общественных и предпринимательских инициатив (I_{R112})	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	3,1492	0,4778	5,8041	0,6124
Уровень поддержки предпринимательской активности студентов (I_{R113})	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	3,1654	0,5360	5,7926	0,6309
Квалификация персонала в сфере научных исследований и разработок (I_{R222})	Отношенческий капитал	Инновационная деятельность	5,3308	0,5708	7,8098	0,7068

¹ Фрагмент данной таблицы был представлен в одной из уже опубликованных статей авторов [52]. В данной статье добавлены два последних столбца, в которых приведены дополнительно рассчитанные параметры гауссиан для целевых значений показателей.

Таблица 2.

**Дефазифицированные целевые, текущие и ожидаемые значения
целевых показателей интеллектуального капитала университета**

Нечеткая переменная	Текущее значение	Целевое значение	Ожидаемое значение
I	5,131	6,942	6,408
I_H	5,226	6,933	6,441
I_O	5,012	6,985	5,547
I_R	4,612	6,502	5,862
I_{H1}	2,829	5,218	4,426
I_{H2}	5,515	7,145	7,085
I_{O1}	5,459	6,878	7,464
I_{O2}	5,012	7,035	5,547
I_{R1}	4,612	6,502	5,862
I_{R2}	4,852	7,150	7,938
I_{H21}	4,099	6,517	5,635
I_{H22}	6,660	7,659	8,772
I_{O21}	2,829	5,205	4,454
I_{O22}	7,189	8,214	7,189
I_{O23}	3,939	6,775	4,452
I_{R11}	5,000	7,047	6,463
I_{R12}	2,829	5,440	3,452
I_{R13}	5,341	6,591	6,773
I_{R21}	2,885	5,623	3,672
I_{R22}	5,415	8,393	9,141

Таблица 3.

Проекты по развитию интеллектуального капитала университета [53]

Номер проекта	Название проекта	Бюджет проекта (параметры аппроксимирующей гауссианы)	
		μ (млн. руб.)	σ
1	Проведение обучения преподавателей цифровым образовательным технологиям, в том числе технологиям создания MOOK	12,24	1,71
2	Организация стажировок преподавателей на предприятиях	5,18	0,82
3	Совершенствование системы материального и нематериального поощрения и стимулирования персонала	20,93	2,32
4	Выявление запросов стейкхолдеров (абитуриентов, родителей, студентов, работодателей, педагогического сообщества) к университету	3,87	0,45
5	Организация мероприятий (деловых, творческих, спортивных, профессиональных), направленных на сплочение коллектива	4,21	0,74
6	Развитие инфраструктурной составляющей университета	18,36	2,17
7	Проведение социально ориентированных и социально значимых мероприятий на базе университета	6,53	0,98
8	Комплексная поддержка развития научной деятельности в университете	20,34	3,19

Таблица 4.

**Нечеткие изменения показателей развития интеллектуального капитала
университета нижнего уровня в результате осуществления проектов
в рамках сценариев (фрагмент)**

Показатели ИКО Номера проектов	I_{H211}	I_{H221} (I_{O14})	I_{O11}	I_{R111}	I_{R113}	I_{R131}	I_{R132}	I_{R221}	I_{R222}
2				(0,241; 0,020) (0,139; 0,044) (0,078; 0,022)		(0,238; 0,022) (0,132; 0,019) (0,086; 0,011)		(0,152; 0,011) (0,106; 0,046) (0,048; 0,023)	(0,122; 0,011) (0,92; 0,046) (0,037; 0,023)
3	(0,150; 0,023) (0,090; 0,019) (0,035; 0,008)	(0,218; 0,013) (0,152; 0,030) (0,097; 0,011)	(0,225; 0,043) (0,220; 0,012) (0,153; 0,042)					(0,221; 0,048) (0,139; 0,014) (0,053; 0,024)	
4		(0,156; 0,016) (0,124; 0,013) (0,089; 0,009)		(0,231; 0,047) (0,210; 0,043) (0,121; 0,049)	(0,102; 0,046) (0,025; 0,043) (0,014; 0,021)	(0,153; 0,040) (0,075; 0,016) (0,028; 0,043)	(0,134; 0,040) (0,068; 0,044) (0,032; 0,012)	(0,148; 0,011) (0,102; 0,046) (0,051; 0,023)	
5		(0,241; 0,018) (0,141; 0,019) (0,081; 0,014)	(0,042; 0,013) (0,023; 0,006) (0,021; 0,005)						
6		(0,148; 0,015) (0,118; 0,012) (0,076; 0,008)				(0,147; 0,038) (0,091; 0,015) (0,059; 0,007)			
7				(0,136; 0,018) (0,087; 0,009) (0,048; 0,007)	(0,049; 0,037) (0,025; 0,023) (0,016; 0,006)		(0,227; 0,015) (0,210; 0,023) (0,149; 0,011)		
8	(0,205; 0,027) (0,131; 0,031) (0,073; 0,012)		(0,189; 0,016) (0,154; 0,030) (0,097; 0,029)					(0,226; 0,049) (0,204; 0,037) (0,117; 0,012)	(0,233; 0,049) (0,224; 0,037) (0,146; 0,012)

лезности (0,6) при уровне достоверности 0,9. В программу вошли проекты с номерами: 1, 2, 3, 4, 8. Ожидаемая удельная полезность портфеля равна 0,64, ожидаемый бюджет портфеля равен 62,56 млн руб.

Рассчитанные ожидаемые нечеткие изменения всех показателей развития ИКО в результате осуществления оптимального портфеля проектов позволили получить ожидаемые нечеткие значения показателей развития ИКО всех уровней иерархии (их дефазифицированные центроидным методом значения приведены *таблице 2*). Для четырех показателей (I_{O1} , I_{R2} , I_{H22} , I_{R13}) центры тяжести нечетких ожидаемых значений превысили центры тяжести нечетких целевых значений, что, как было отмечено выше, не исключает риски недостижения целевых значений показателей.

Затем по формуле (1) были рассчитаны нечеткие значения относительных отклонений ожидаемых значений от целевых (нечеткие степени недостижения).

Далее были подобраны отображения, позволяющие осуществить переход от нечетких отклонений Δ_i к нечетким нормированным отклонениям Δ'_i (формула (2)), для которых были рассчитаны индексы нечеткости Ягера с линейной метрикой Хэмминга [61] (ИН), центры тяжести (ЦТ) и средние максимумы (СМ).

Интервал (0; 1) был разбит на пять равных интервалов (0; 0,2), (0,2; 0,4), ..., (0,8; 1), для которых были вычислены коэффициенты соответствия отклонений Δ'_i (при альфа-уровнях 0; 0,5 и 1).

Приведем пример соответствующих расчетов для показателя I_{O2} , характеризующего когнитивную активность «Производственная рационализация».

Нечеткое нормированное отклонение ожидаемого значения показателя I_{O2} от его целевого значения приведено на *рисунке 3*. Индекс нечеткости данного нечеткого множества равен 0,269; центр тяжести – 0,493; средний максимум – 0,647.

В *таблице 5* приведены значения коэффициентов соответствия нечеткого множества заданным пяти интервалам для различных альфа-уровней.

Рассчитанные коэффициенты для всех показателей и полученные на их основе качественные интерпретации уровней рисков недостижения целевых показателей по развитию интеллектуального капитала университета (в лингвистической шкале {Низкий (Н); Пониженный (ПН); Средний (С); Повышенный (ПВ); Высокий (В)}) приведены в *таблице 6*.

Нетрудно видеть, что полученные качественные интерпретации уровней рисков могут существенно зависеть от выбранного альфа-уровня. Так, для интегрального показателя человеческого капитала I_H оценка риска недостижения его целевого значения меняется от «Пониженный» (при $\alpha = 0$) до «Средний» (при $\alpha = 0,5$) и, далее, до «Повышенный» (при $\alpha = 1$). Для интегрального показателя организационного капитала I_O оценка риска недостижения его целевого значения, наоборот, снижается при увеличении α от «Средний» до «Пониженный». Для показателей I_{H2} и I_{O2} , соответствующих когнитивным актив-

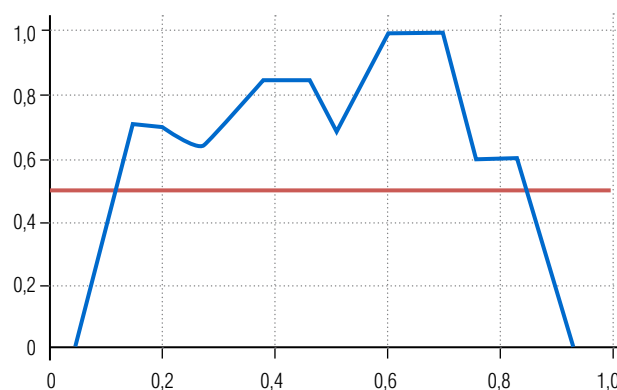


Рис. 3. Нечеткое нормированное отклонение ожидаемого значения показателя I_{O2} от его целевого значения.

ностям «Самосовершенствование» и «Производственная рационализация», при росте α оценка риска повышается от «Средний» до «Повышенный» (для показателя I_{O2} об этом еще более наглядно свидетельствуют результаты, представленные в *таблице 5*). Здесь следует обратить внимание на малый индекс нечеткости показателя Δ'_{H2} , что свидетельствует о надежности оценок риска для I_{H2} . При этом оценка риска для показателя I_{O21} , характеризующего «Цифровой аспект» производственной рационализации оценка риска меняется от «Пониженный» до «Средний».

Таблица 5.

Оценки рисков недостижения целевого значения показателя I_{O2}

Альфа-уровень	Коэффициенты соответствия интервалам					Интерпретация уровня риска
	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1	
0	0,35	0,72	0,81	0,85	0,24	Средний
0,1	0,31	0,69	0,79	0,84	0,20	Средний
0,2	0,27	0,65	0,76	0,72	0,16	Средний
0,3	0,22	0,61	0,73	0,79	0,12	Средний
0,4	0,18	0,54	0,69	0,76	0,08	Средний
0,5	0,13	0,45	0,63	0,71	0,04	Средний
0,6	0,07	0,32	0,54	0,64	0	Средний
0,7	0	0,15	0,40	0,57	0	Повышенный
0,8	0	0,04	0,21	0,56	0	Повышенный
0,9	0	0	0,06	0,51	0	Повышенный
1	0	0	0	0,47	0	Повышенный

Таблица 6.

**Оценки рисков недостижения целевых показателей
интеллектуального капитала университета**

Нечеткая переменная	Нормированная степень недостижения			Коэффициенты соответствия интервалам ($\alpha = 0 / \alpha = 0,5 / \alpha = 1$)					Интерпретация уровня риска ($\alpha = 0 / \alpha = 0,5 / \alpha = 1$)
	ИН	ЦТ	СМ	0–0,2	0,2–0,4	0,4–0,6	0,6–0,8	0,8–1	
I	0,331	0,464	0,456	0,19 / 0 / 0	0,81 / 0,65 / 0,06	0,95 / 0,92 / 0,64	0,62 / 0,34 / 0	0,08 / 0 / 0	С / С / С
I_H	0,275	0,462	0,598	0,39 / 0 / 0	0,71 / 0,54 / 0	0,81 / 0,67 / 0,21	0,57 / 0,42 / 0,21	0,07 / 0 / 0	ПН / С / ПВ
I_O	0,362	0,489	0,332	0,13 / 0 / 0	0,85 / 0,71 / 0,70	0,92 / 0,89 / 0,20	0,76 / 0,55 / 0	0,10 / 0 / 0	С / С / ПН
I_R	0,263	0,464	0,450	0,18 / 0 / 0	0,64 / 0,36 / 0	0,88 / 0,78 / 0,36	0,46 / 0,11 / 0	0,07 / 0 / 0	С / С / С
I_{H1}	0,311	0,428	0,424	0,15 / 0 / 0	0,79 / 0,64 / 0,29	0,85 / 0,77 / 0,52	0,32 / 0,03 / 0	0,00 / 0 / 0	С / С / С
I_{H2}	0,148	0,491	0,613	0,23 / 0 / 0	0,53 / 0,09 / 0	0,56 / 0,12 / 0	0,59 / 0,31 / 0,12	0,05 / 0 / 0	С / ПВ / ПВ
I_{O1}	0,313	0,639	0,634	0 / 0 / 0	0,39 / 0,02 / 0	0,88 / 0,85 / 0,73	0,97 / 0,97 / 1	0,74 / 0,33 / 0,12	ПН / ПН / ПН
I_{O2}	0,269	0,493	0,647	0,35 / 0,13 / 0	0,72 / 0,45 / 0	0,81 / 0,63 / 0	0,85 / 0,71 / 0,47	0,24 / 0,04 / 0	С / С / ПВ
I_{R1}	0,263	0,464	0,450	0,18 / 0 / 0	0,64 / 0,36 / 0	0,88 / 0,78 / 0,36	0,46 / 0,11 / 0	0,07 / 0 / 0	С / С / С
I_{R2}	0,206	0,611	0,604	0,03 / 0 / 0	0,37 / 0 / 0	0,65 / 0,37 / 0,36	0,72 / 0,31 / 0,46	0,57 / 0 / 0	ПН / ПН / ПН
I_{H21}	0,360	0,457	0,450	0,28 / 0,07 / 0	0,77 / 0,59 / 0,29	0,93 / 0,91 / 0,79	0,61 / 0,28 / 0	0,05 / 0 / 0	С / С / С
I_{H22}	0,263	0,530	0,638	0,02 / 0 / 0	0,25 / 0 / 0	0,36 / 0,08 / 0	0,64 / 0,44 / 0,23	0,53 / 0 / 0	ПН / ПН / ПН
I_{O21}	0,312	0,423	0,471	0,21 / 0 / 0	0,83 / 0,70 / 0	0,85 / 0,74 / 0,61	0,27 / 0,02 / 0	0 / 0 / 0	ПН / ПН / С
I_{O22}	0,306	0,379	0,375	0,14 / 0 / 0	0,78 / 0,67 / 0,67	0,62 / 0,38 / 0,38	0,07 / 0 / 0	0 / 0 / 0	ПН / ПН / ПН
I_{O23}	0,233	0,518	0,500	0,05 / 0 / 0	0,56 / 0,18 / 0	0,89 / 0,85 / 0,56	0,60 / 0,22 / 0	0,13 / 0 / 0	С / С / С
I_{R11}	0,321	0,403	0,397	0,19 / 0 / 0	0,86 / 0,76 / 0,51	0,80 / 0,71 / 0,45	0,23 / 0 / 0	0 / 0 / 0	ПН / ПН / ПН
I_{R12}	0,312	0,497	0,457	0,04 / 0 / 0	0,59 / 0,34 / 0,12	0,92 / 0,92 / 0,68	0,51 / 0,18 / 0	0,06 / 0 / 0	С / С / С
I_{R13}	0,374	0,564	0,562	0,03 / 0 / 0	0,08 / 0 / 0,4	0,71 / 0,52 / 0,37	0,34 / 0,09 / 0	0,05 / 0 / 0	ПН / С / С
I_{R21}	0,373	0,511	0,494	0,02 / 0 / 0	0,70 / 0,52 / 0,31	0,94 / 0,94 / 0,94	0,77 / 0,61 / 0,31	0,09 / 0 / 0	С / С / С
I_{R22}	0,277	0,333	0,342	0,34 / 0,01 / 0	0,89 / 0,82 / 0,57	0,54 / 0,25 / 0	0,08 / 0 / 0	0 / 0 / 0	ПН / ПН / ПН

Отдельно обратим внимание на показатели, у которых центр тяжести ожидаемого значения превосходит центроид целевого значения (I_{O1} , I_{R2} , I_{H22} , I_{R13}). Для всех этих показателей при $\alpha = 0$ риск недостижения целевого значения «Пониженный», равно как и для остальных α (исключая лишь I_{R13} , для которого при росте α оценка риска доходит до значения «Средний»). Ни в каком случае оценка риска не достигла значения «Низкий», что по всей видимости связано с тем, что превышение ожидаемых значений над целевыми (по центрам тяжести) оказалось не очень значительным. Причем для показателя I_{R13} это превышение оказалось наименьшим, именно поэтому оценка риска недостижения его целевого значения достигла значения «Средний».

4. Обсуждение

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Разработанный метод оценки рисков недостижения целевых показателей с сфере развития ИКО вносит вклад в инструментальные составляющие методологии управления формированием и развитием интеллектуального капитала, теории управления экономическим риском, а также PPRM (управление рисками портфеля проектов) как самостоятельную область исследований. Апробация метода на примере конкретной организации (крупного регионального университета) демонстрирует возможность его практического применения.

2. Предложенный метод является нечетким. Его использование не требует наличия исторических данных и вероятностных прогнозов и потому перспективно для исследования слабоструктурированных явлений и процессов (а именно, процессов формирования и развития интеллектуального капитала в цифровой экономике) в условиях значительного увеличения скорости и непредсказуемости изменений во внешней среде.

3. Нечеткость метода дает возможность учета толерантности ЛПР к неопределенности. Такая возможность осуществляется: на этапе формирования каузального поля показателей ИКО (при выборе нечетких «границ отсечения» эксплицитных и имплицитных факторов и методов дефазификации); на этапе оценки текущих и определения целевых значений показателей (при выборе систем нечеткого логического вывода (баз нечетких продукционных правил и алгоритмов нечеткого вывода)); на этапе формирования программы развития ИКО (при задании ограничений на риск и выборе уровней достоверности); на этапе количественной оценки и качественной интерпретации уровня рисков недостижения целевых показателей по развитию ИКО (при расчете коэффициентов соответствия нормированных отклонений ожидаемых значений показателей от целевых (а именно, выборе альфа-уровня), а также возможном задании формулы расчета интегрального уровня риска). Различия в толерантности ЛПР к неопределенности приводят к различиям в оценках рисков недостижения целевых показателей.

4. Использование трапециевидных нечетких чисел в качестве функций принадлежности значений лингвистических шкал обеспечивает простоту и прозрачность при проведении экспертных опросов. В свою очередь, дальнейший переход к нечетким числам Гауссова типа (и, далее, произвольным нечетким числам) позволяет нивелировать недостатки, возникающие при использовании трапециевидных нечетких чисел (в частности, при сведении задач нечеткой оптимизации к четким задачам булева квадратичного программирования).

5. Разработанный метод является универсальным в смысле возможной применимости к различным типам организаций разной отраслевой принадлежности (все этапы базовой схемы метода будут стандартными). При этом специфика конкретной организации будет проявляться: в каузальном поле показателей развития ИКО (наборе показателей двух нижних уровней иерархии); способах оценки текущих и определения целевых значений показате-

телей; подходах к формированию программы развития ИКО.

6. Успешность практического использования метода для конкретной организации зависит не столько от ее типа и отраслевой принадлежности, сколько от выполнения следующих требований. Прежде всего, это наличие формализованной стратегии организации, в которой стратегические цели, связанные с развитием ИКО, встроены в иерархическую систему всех стратегических целей организации. При этом должны быть установлены результирующие показатели стратегических целей. В системе управленческого учета организации должна быть заложена возможность получения количественных значений необходимых показателей. Для расчета значений нечетких переменных требуется соответствующее программное средство, адаптированное под данную организацию.

7. Разработанный метод также является универсальным в смысле возможной применимости к оценке рисков недостижения целевых значений различных иерархических систем показателей с большим числом имплицитных факторов и «качественных» показателей.

Заключение

Разработан метод оценки рисков недостижения целевых показателей ИКО. Предложенный метод базируется на следующих нечетких моделях: нечеткой модели формирования каузального поля показателей развития ИКО в увязке со стратегией организации и типами когнитивной активности; нечеткой модели оценки показателей ИКО всех иерархических уровней; нечетких моделях оптимизации портфеля проектов по развитию ИКО с учетом рисков.

Предложенный метод имеет следующие отличительные особенности. Система показателей ИКО представляет собой многоуровневую иерархическую систему с возможными циклами. Один из уровней этой системы образуют показатели, отражающие способности организации к различным видам когнитивной активности, увязанным с основными компонентами ИКО. На нижнем уровне иерархии находятся эксплицитные и имплицитные факторы развития ИКО, процесс выявления которых достаточно гибок. При определении текущих и целевых значений показателей ИКО используется оригинальный способ оценки «качественных» показателей и интегральных показателей ИКО всех

иерархических уровней, позволяющий, в том числе, получать числовые оценки разброса (размытости) рассчитанных значений показателей. При формировании программы развития ИКО имеется возможность выбора различных нечетких оптимизационных моделей, в которых учет риска происходит либо в целевой функции, либо в нечетких ограничениях. Сценарный подход к моделированию изменений внутренних и внешних условий, лежащий в основе нечетких моделей выбора оптимального портфеля проектов по развитию ИКО, позволяет получить ожидаемые значения показателей ИКО всех уровней иерархии. Предложенный способ получения дополнительной информации при расчете нечетких отклонений ожидаемых значений показателей от целевых позволяет повысить точность качественной интерпретации уровня рисков недо-

стижения целей организации по развитию интеллектуального капитала.

Еще одним значимым преимуществом предлагаемого метода является возможность учета толерантности ЛПР к неопределенности. Такая возможность реализуется при формировании каузального поля показателей ИКО, при оптимизации портфеля проектов по развитию ИКО и, самое главное, при интерпретации уровней рисков недо-стижения целей по развитию ИКО. ■

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-01091 (<https://rscf.ru/project/23-28-01091/>) в ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет», Приморский край.

Литература

1. Barry D. The relationship of strategic goals and planning processes to organizational performance. Unpublished Ph. D. Dissertation, University of Maryland, 1987.
2. Гурков И.Б. Факторы формирования и механизмы реализации стратегических целей российских компаний. Доклад на Секции экономики Отделения общественных наук РАН 13.03.2008. М., 2008.
3. Гурков И.Б. Интегрированная метрика стратегического процесса — попытка теоретического синтеза и эмпирической апробации // Российский журнал менеджмента. 2007. Т. 5. № 2. С. 3—28.
4. Митяков С.Н., Митяков Е.С. Развитие теории рисков и пороговых значений экономической безопасности // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2023. № 5. С. 83—113. https://doi.org/10.52180/2073-6487_2023_5_83_113
5. Васильков Ю.В., Гушина Л.С. Анализ рисков недостижения целей при управлении организацией // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2017. № 1. С. 5—12.
6. Морозов В.О. Формализация зависимости между уровнем достижения стратегической цели и значениями ее показателей на основе знакопеременной функции полезности // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 457.
7. Качалов Р.М. Управление экономическим риском. Теоретические основы и приложения. М.; СПб.: Нестор-История, 2012.
8. Гушина Л.С., Васильков Ю.В. Методика учета рисков при планировании развития предприятия // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2017. № 2(50). С. 105—112.
9. Лапочкина В.В., Долгова В.Н., Оршанская Ю.О., Шкилев И.Н. Оценка риска недостижения целевых и дополнительных показателей реализации национального проекта «Наука» // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2020. Т. 16. № 12(393). С. 2338—2362. <https://doi.org/10.24891/ni.16.12.2338>
10. Черешнев В.А., Васильева А.В., Коробицын Б.А. Оценка экономической эффективности государственных программ социальной направленности методами имитационного моделирования // Экономический анализ: теория и практика. 2017. Т. 16. № 1(460). С. 174—187. <https://doi.org/10.24891/ea.16.1.174>
11. Pishchalkina I., Tereshko E., Suloeva S. Application of self-organizing maps for risk assessment of mining and metallurgical enterprises // Sustainable Development and Engineering Economics. 2023. No. 1(7). P. 28—44. <https://doi.org/10.48554/SDEE.2023.1.2>
12. Новоселова И.Ю., Новоселов А.Л. Планирование и реализация федеральных проектов в арктических регионах с учетом факторов риска // Экономика. Налоги. Право. 2023. Т. 16. № 6. С. 49—59. <https://doi.org/10.26794/1999-849X-2023-16-6-49-59>
13. Новоселова И.Ю., Новоселов А.Л. Методы оценки рисков реализации проектов хозяйственного развития арктических регионов // Экономика. Налоги. Право. 2023. Т. 16. № 3. С. 109—119. <https://doi.org/10.26794/1999-849X-2023-16-3-109-119>
14. Качалов Р.М., Слепцова Ю.А. Моделирование процедур регулирования экономического риска с применением теории нечетких множеств. Материалы III Международной молодежной научно-практической конференции. Саратов: Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, 2014. С. 78—83.
15. Слепцова Ю.А. Управление риском в деятельности производственного предприятия на основе инструментария системной экономической теории и нечеткой логики. Дис. ... кандидата экономических наук. М., 2016.
16. Целых А.Н., Целых Л.А., Причина О.С. Методы нечеткой логики в управлении производственными процессами // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. № 1(150). С. 111—119.
17. Стребкова Л.Н. Оценка риска предприятия, основанная на применении нечеткой нейронной сети // Вестник НГУЭУ. 2014. № 3. С. 147—154.

18. Мазелис Л.С., Солодихин К.С., Лавренюк К.И. Нечеткая модель анализа рисков развития социально-экономической системы на основе стейкхолдерского подхода // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. 2017. Т. 3. № 3. С. 242–260. <https://doi.org/10.21684/2411-7897-2017-3-3-242-260>
19. Дудин М.Н., Лясников Н.В., Проценко О.Д., Цветков В.А. Квантификация и оценка рисков проектов добычи углеводородных ресурсов в Арктике // Экономическая политика. 2017. Т. 12. № 4. С. 168–195. <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2017-4-07>
20. Solodukhin K.S. Fuzzy strategic decision-making models based on formalized strategy maps // AEBMR-Advances in Economics, Business and Management Research. 2019. Vol. 47. Proceedings of the International Scientific Conference “Far East Con” (ISC FEC 2018). P. 543–547. <https://doi.org/10.2991/iscfec-18.2019.136>
21. Micán C., Fernandes G., Araújo M. Project portfolio risk management: a structured literature review with future directions for research // International Journal of Information Systems and Project Management. 2021. Vol. 8. No. 3. P. 67–84. <https://doi.org/10.12821/ijispm080304>
22. Hofman M., Spalek S., Grela G. Shedding new light on project portfolio risk management // Sustainability. 2017. Vol. 9. No. 10. P. 1798–1816. <https://doi.org/10.3390/su9101798>
23. Ghasemi F., Sari M., Yousefi V., Falsafi R., Tamošaitienė J. Project portfolio risk identification and analysis, considering project risk interactions and using Bayesian networks // Sustainability. 2018. Vol. 10. No. 5. P. 1609–1631. <https://doi.org/10.3390/su10051609>
24. Guan D., Guo P., Hipel K., Fang L. Risk reduction in a project portfolio // Journal of Systems Science and Systems Engineering. 2017. Vol. 26. No. 1. P. 3–22. <https://doi.org/10.1007/s11518-016-5296-2>
25. Benaija K., Kjiri L. Hybrid approach for project portfolio selection taking account of resources management and interactions between projects // Journal of Digital Information Management. 2015. Vol. 13. No. 6. P. 451–461.
26. Клейнер Г.Б., Смоляк С.А. Эконометрические зависимости: методы и принципы построения. М.: Издательство “Наука”, 2000.
27. Kettunen J., Salo A. Estimation of downside risks in project portfolio selection // Production and Operations Management. 2017. Vol. 26. No. 10. P. 1839–1853. <https://doi.org/10.1111/poms.12727>
28. Mohagheghi V., Mousavi S.M., Vahdani B. A new multi-objective optimization approach for sustainable project portfolio selection: A real-world application under interval-valued fuzzy environment // Iranian Journal of Fuzzy Systems. 2016. Vol. 13. No. 6. P. 41–68. <https://doi.org/10.22111/ijfs.2016.2821>
29. Шаталова О.М. Эффективность инновационных процессов: нечетко-множественное моделирование и оценка в условиях нестохастической неопределенности. Ижевск: Издательство ИжГТУ, 2023.
30. Zaidouni A., Idrissi M.A.J., Bellabdaoui A. A Sugeno ANFIS model based on fuzzy factor analysis for IS/IT project portfolio risk prediction // Journal of Information and Communication Technology. 2023. Vol. 23. No. 2. P. 139–176. <https://doi.org/10.32890/jict2024.23.2.1>
31. Mehlatat M.K., Gupta P., Khan A.Z. An integrated fuzzy-grey relational analysis approach to portfolio optimization // Applied Intelligence. 2023. Vol. 53. P. 3804–3835. <https://doi.org/10.1007/s10489-022-03499-z>
32. Khanjani Shiraz R., Tavana, M., Fukuyama H. A random-fuzzy portfolio selection DEA model using value-at-risk and conditional value-at-risk // Soft Computing. 2020. Vol. 24. P. 17167–17186. <https://doi.org/10.1007/s00500-020-05010-7>
33. Deng X., Yuan Y. A novel fuzzy dominant goal programming for portfolio selection with systematic risk and non-systematic risk // Soft Computing. 2021. Vol. 25. P. 14809–14828. <https://doi.org/10.1007/s00500-021-06226-x>
34. Rahiminezhad Galankashi M., Mokhtab Rafiei F., Ghezelbash M. Portfolio selection: a fuzzy-ANP approach // Financial Innovation. 2020. Vol. 6. No. 1. P. 1–34. <https://doi.org/10.1186/s40854-020-00175-4>
35. Mohseny-Tonekabony N., Sadjadi S.J., Mohammadi E., Tamiz M., Jones D.F. Robust, extended goal programming with uncertainty sets: an application to a multi-objective portfolio selection problem leveraging DEA // Annals of Operations Research. 2024. <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05811-7>
36. Wang B., Li Y., Wang S., Watada J. A multi-objective portfolio selection model with fuzzy value-at-risk ratio // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 2018. Vol. 26. No. 6. P. 3673–3687. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2018.2842752>
37. Dehghani F. Simulation of annealing for portfolio selection in mean-pseudo-variance fuzzy model // SSRN Electronic Journal. 2023. P. 1–12. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4660934>
38. Nguyen V.D., Duyen N.K., Hai N.M., Duy B.K. Multicriteria portfolio selection with intuitionistic fuzzy goals as a pseudoconvex vector optimization // Lecture notes on data engineering and communications technologies. 2023. Vol. 187. P. 68–79. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46573-4_7
39. Abtahi S.H. Uncertain random portfolio optimization based on skew chance distribution // International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems. 2023. Vol. 23. No. 1. P. 44–55. <https://doi.org/10.5391/ijfis.2023.23.1.44>
40. Yang X., Liu W., Chen S., Zhang Y. A multi-period fuzzy mean-minimax risk portfolio model with investor’s risk attitude // Soft Computing. 2021. Vol. 25. P. 2949–2963. <https://doi.org/10.1007/s00500-020-05351-3>
41. Клейнер Г.Б. Стратегия предприятия. М.: Издательство «Дело» АНХ, 2008.
42. Назаров Д.М. Модель оценки имплицитных факторов на основе нечетко-множественных описаний // Известия ДВФУ. Экономика и управление. 2016. № 4(80). С. 3–17. <https://doi.org/10.5281/zenodo.220793>
43. Макарова Д.В., Недолужко О.В., Солодихин К.С. Роль цифровизации экономики в развитии теории интеллектуального капитала организации // Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 5.0 (ИНПРОМ-2024): Сборник трудов X Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. С. 215–219. <https://doi.org/10.18720/IEP/2024.2/50>

44. Cosa M., Pedro E., Urban B. How to assess the intellectual capital of firms in uncertain times: a systematic literature review and a proposed model for practical adoption // *Journal of Intellectual Capital*. 2024. Vol. 25. No. 7. P. 1–22. <https://doi.org/10.1108/JIC-05-2023-0096>
45. Bustamante A., Liberona D., Ferro R. Approach to measuring organizational performance from the perspective of intellectual capital // *Communications in computer and information science*. 2024. Vol. 2152. P. 73–85. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63269-3_6
46. Kozlovskiy S., Syniehub P., Kozlovskiy A., Lavrov R. Intellectual capital management of the business community based on the neuro-fuzzy hybrid system // *Neuro-Fuzzy Modeling Techniques in Economics*. 2022. Vol. 11. No. 11. P. 25–47. <https://doi.org/10.33111/nfnte.2022.025>
47. Çevik G., Arslan Ö. Analytic evaluation of intellectual capital for ship management companies under a fuzzy environment // *Journal of ETA Maritime Science*. 2022. Vol. 10. No. 3. P. 185–194. <https://doi.org/10.4274/jems.2022.41033>
48. Pokrovskaya N., Margulyan Ya., Lvin Yu., Bulatetskaia A. Neuro-technologies and Fuzzy Logic for Intellectual Capital Evaluation in Education and Business // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 940. Article 012090. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/940/1/012090>
49. Lucchese M., Aversano N., Di Carlo F., Polcini P.T. Assessing the intellectual capital and related performance in the teaching process using FES models: first evidence in Italian universities // *WSEAS transactions on business and economics*. 2020. Vol. 17. P. 325–344. <https://doi.org/10.37394/23207.2020.17.34>
50. Gross-Gołacka E., Kusterka-Jefmańska M., Jefmański B. Can elements of intellectual capital improve business sustainability? – The perspective of managers of SMEs in Poland // *Sustainability*. 2020. Vol. 12. No. 4. Article 1545. <https://doi.org/10.3390/su12041545>
51. Завалин Г.С., Недолужко О.В., Солодухин К.С. Формирование каузального поля показателей развития интеллектуального капитала организации: концепция и нечеткая экономико-математическая модель // *Бизнес-информатика*. 2023. Т. 17. № 3. С. 53–69. <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2023.3.52.69>
52. Недолужко О.В., Солодухин К.С. Количественная оценка интеллектуального капитала университета на основе нечеткой модели // *Университетское управление: практика и анализ*. 2024. Т. 28. № 1. С. 34–49. <https://doi.org/10.15826/umpra.2024.01.003>
53. Makarova D.V., Nedoluzhko O.V., Solodukhin K.S., Zavalin G.S. Fuzzy optimization models for intellectual capital enhancing project portfolio selection under risk // *Journal of System and Management Sciences*. 2024. Vol. 14. No. 7. P. 1–19. <https://doi.org/10.33168/JSMS.2024.0701>
54. Аньшин В.М., Демкин И.В., Царьков И.Н., Никонов И.М. Применение теории нечетких множеств к задаче формирования портфеля проектов // *Проблемы анализа рисков*. 2008. Т. 5. № 3. С. 8–21.
55. Dubois D., Prade H. *Possibility Theory*. New York: Plenum Press, 1988.
56. Wang J., Hwang W.-L. A fuzzy set approach for R&D portfolio selection using a real option valuation model // *Omega*. 2007. Vol. 35. No. 3. P. 247–257.
57. Furnham A., Marks J. Tolerance of Ambiguity: A Review of the Recent Literature // *Psychology*. 2013. Vol. 4. No. 9. P. 717–728. <https://doi.org/10.4236/psych.2013.49102>
58. Минаев Ю.Н., Филимонова О.Ю., Минаева Ю.И. Индекс нечеткости нечетких множеств в контексте концепции data mining // *Проблемы информатизации и управления*. 2012. Т. 3. № 39. С. 95–101.
59. Назаров Д.М. Методология нечетко-множественной оценки имплицитных факторов в деятельности организации. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2016.
60. De Luca A., Termini S. A definition of a nonprobabilistic entropy in the setting of fuzzy sets theory // *Information and Control*. 1972. Vol. 20. No. 4. P. 301–312. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(72\)90199-4](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(72)90199-4)
61. Yager R.R. On the measure of fuzziness and negation. Part I: Membership in the unit interval // *International Journal of General Systems*. 1979. Vol. 5. No. 4. P. 221–229. <https://doi.org/10.1080/03081077908547452>

Об авторах

Солодухин Константин Сергеевич

доктор экономических наук, профессор

профессор, кафедра математики и моделирования, заведующий лабораторией, лаборатория стратегического планирования, Владивостокский государственный университет, Россия, 690014, г. Владивосток, ул. Гоголя, 41;

E-mail: k.solodukhin@mail.ru

ORCID: 0000-0003-3619-1219

Завалин Георгий Сергеевич

начальник отдела, отдел интеллектуального анализа данных, стажер-исследователь, лаборатория стратегического планирования, Владивостокский государственный университет, 690014, г. Владивосток, ул. Гоголя, 41;

E-mail: georgiy.zavalin08@vvsu.ru

ORCID: 0000-0003-4519-0242

Макарова Дарья Васильевна

ведущий специалист, аналитический отдел, стажер-исследователь, лаборатория стратегического планирования, Владивостокский государственный университет, 690014, г. Владивосток, ул. Гоголя, 41;

E-mail: malnova.daria@vvsu.ru

ORCID: 0009-0002-8207-3010

Assessment of risks of failure to achieve target values of indicators for an organization's intellectual capital based on a fuzzy model

Konstantin S. Solodukhin

E-mail: k.solodukhin@mail.ru

Georgij S. Zavalin

E-mail: georgiy.zavalin08@vvsu.ru

Daria V. Makarova

E-mail: malnova.daria@vvsu.ru

Vladivostok State University, Vladivostok, Russia

Abstract

The processes of formation and development of intellectual capital in the digital economy are ill structured processes occurring in conditions of a significant increase in the speed and unpredictability of changes in the external environment. This makes it extremely difficult to use previous experience and probabilistic forecasts when assessing the risks of failure to achieve strategic goals for the development of the intellectual capital of an organization. At the same time, undesirable deviations in achieving these goals can lead to significant negative consequences. In this regard, there is a need to develop appropriate fuzzy methods and models, all of which determines the relevance of this work. The purpose of this study was to develop a fuzzy method for assessing the risks of failure to achieve the strategic goals of an organization in the field of intellectual capital development. The method is based on a fuzzy model developed by the authors which allows us to take into account the uncertainty tolerance of the decision maker. Testing the method on the example of a specific organization showed the possibility of its practical applicability. We provide quantitative assessments and qualitative interpretations of the risk levels of failure to achieve target indicators for the development of the intellectual capital of an organization (a large regional university).

Keywords: intellectual capital, fuzzy model, risks of failure to achieve goals, project portfolio risk management, tolerance to uncertainty

Citation: Solodukhin K.S., Zavalin G.S., Makarova D.V. (2025) Assessment of risks of failure to achieve target values of indicators for an organization's intellectual capital based on a fuzzy model. *Business Informatics*, vol. 19, no. 1, pp. 72–92. DOI: 10.17323/2587-814X.2025.1.72.92

References

1. Barry D. (1987) *The relationship of strategic goals and planning processes to organizational performance*. Unpublished Ph. D. Dissertation, University of Maryland.
2. Gurkov I.B. (2008) *Factors of formation and mechanisms of realization of strategic goals of Russian companies*. Report at the Economics Section of the Department of Social Sciences of the Russian Academy of Sciences. March 13, 2008 (in Russian).
3. Gurkov I.B. (2007) Integrated metrics of strategy process – an attempt of theoretical synthesis and empirical validation. *Russian Management Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 3–28 (in Russian).
4. Mityakov S.N., Mityakov E.S. (2023) Developing the theory of economic security risks and thresholds. *The Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*, no. 5, pp. 83–113 (in Russian). https://doi.org/10.52180/2073-6487_2023_5_83_113
5. Vasilkov Yu.V., Gushchina L.S. (2017) Risk analysis of not achievement of the objectives in case of control of the organization. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Economics and Management*, no. 1, pp. 5–12 (in Russian).
6. Morozov V.O. (2013) Dependence formalization between level of achievement of the strategic objective and values of its indicators on the basis of sign-variable function of usefulness. *Modern Problems of Science and Education*, no. 6, pp. 457 (in Russian).
7. Kachalov R.M. (2012) *Economic risk management. Theoretical foundations and applications*. Moscow; St. Petersburg: Nestor-History (in Russian).
8. Gushchina L.S., Vasilkov Yu.V. (2017) Technique of the account of risks at planning enterprise developments. *Modern High Technologies. Regional Application*, no. 2(50), pp. 105–122 (in Russian).
9. Lapochkina V.V., Dolgova V.N., Orshanskaya Yu.O., Shkilev I.N. (2020) Assessing the risk of benchmark and additional indicators of the Science national project. *National Interests: Priorities and Security*, vol. 16, no.12, pp. 2338–2362 (in Russian). <https://doi.org/10.24891/ni.16.12.2338>
10. Chereshev V.A., Vasil'eva A.V., Korobitsyn B.A. (2017) Assessing the economic efficiency of socially oriented government programs by simulation modeling methods. *Economic Analysis: Theory and Practice*, vol. 16, no.1, pp. 174–187 (in Russian). <https://doi.org/10.24891/ea.16.1.174>
11. Pishchalkina I., Tereshko E., Suloeva S. (2023) Application of self-organizing maps for risk assessment of mining and metallurgical enterprises. *Sustainable Development and Engineering Economics*, no. 1(7), pp. 28–44. <https://doi.org/10.48554/SDEE.2023.1.2>
12. Novoselova I.Yu., Novoselov A.L. (2023) Planning and implementation of Federal projects in the Arctic regions, taking into account risk factors. *Economics, Taxes & Law*, vol. 16, no. 6, pp. 49–59 (in Russian). <https://doi.org/10.26794/1999-849X-2023-16-6-49-59>
13. Novoselova I.Yu., Novoselov A.L. (2023) Methods of risk assessment for the implementation of economic development projects in the Arctic regions. *Economics, Taxes & Law*, vol. 16, no. 3, pp. 109–119 (in Russian). <https://doi.org/10.26794/1999-849X-2023-16-3-109-119>
14. Kachalov R.M., Sleptsova Y.A. (2014) Modelling of procedure regulations of economic risk with application of fuzzy logic theory. *Proceedings of the III International Youth Scientific and Practical Conference*. Saratov: Saratov State University, pp. 78–83 (in Russian).
15. Sleptsova Y.A. (2016) *Risk management in the activities of a manufacturing enterprise based on the tools of systemic economic theory and fuzzy logic*. Moscow: CEMI (in Russian).
16. Tselykh A.N., Tselykh L.A., Prichina O.S. (2014) Fuzzy logic methods in the management of production processes. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*, no. 1(150), pp. 111–119 (in Russian).
17. Strebkova L.N. (2014) Risk assessment of enterprise based on application of fuzzy neural network. *Vestnik NSUEM*, no. 3, pp. 147–154 (in Russian).
18. Mazelis L.S., Solodukhin K.S., Lavrenyuk K.I. (2017) Fuzzy model of socio-economic system development risks analysis on the stakeholder approach basis. *Tyumen State University Herald. Social, Economic, and Law Research*, vol. 3, no. 3, pp. 242–260 (in Russian). <https://doi.org/10.21684/2411-7897-2017-3-3-242-260>
19. Dudin M.N., Lyasnikov N.V., Protsenko O.D., Tsvetkov V.A. (2017) Quantification and risk assessment of hydrocarbon resources development projects in the Arctic region. *Tyumen State University Herald. Social, Economic, and Law Research*, vol. 12, no. 4, pp. 168–195 (in Russian). <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2017-4-07>
20. Solodukhin K.S. (2019) Fuzzy strategic decision-making models based on formalized strategy maps. *AEBMR-Advances in Economics, Business and Management Research*, vol. 47, Proceedings of the International Scientific Conference “Far East Con” (ISCFEC 2018), pp. 543–547. <https://doi.org/10.2991/iscfec-18.2019.136>
21. Micán C., Fernandes G., Araújo M. (2021) Project portfolio risk management: a structured literature review with future directions for research. *International Journal of Information Systems and Project Management*, vol. 8, no. 3, pp. 67–84. <https://doi.org/10.12821/ijispm080304>
22. Hofman M., Spalek S., Grela G. (2017) Shedding new light on project portfolio risk management. *Sustainability*, vol. 9, no. 10, pp. 1798–1816. <https://doi.org/10.3390/su9101798>

23. Ghasemi F., Sari M., Yousefi V., Falsafi R., Tamošaitienė J. (2018) Project portfolio risk identification and analysis, considering project risk interactions and using Bayesian networks. *Sustainability*, vol. 10, no. 5, pp. 1609–1631. <https://doi.org/10.3390/su10051609>
24. Guan D., Guo P., Hipel K., Fang L. (2017) Risk reduction in a project portfolio. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, vol. 26, no. 1, pp. 3–22. <https://doi.org/10.1007/s11518-016-5296-2>
25. Benaija K., Kjiri L. (2015) Hybrid approach for project portfolio selection taking account of resources management and interactions between projects. *Journal of Digital Information Management*, vol. 13, no. 6, pp. 451–461.
26. Kleiner G.B., Smolyak S.A. (2000) *Econometric dependencies: methods and principles of construction*. Moscow: Nauka (in Russian).
27. Kettunen J., Salo A. (2017) Estimation of downside risks in project portfolio selection. *Production and Operations Management*, vol. 26, no. 10, pp. 1839–1853. <https://doi.org/10.1111/poms.12727>
28. Mohagheghi V., Mousavi S.M., Vahdani B. (2016) A new multi-objective optimization approach for sustainable project portfolio selection: A real-world application under interval-valued fuzzy environment. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, vol. 13, no. 6, pp. 41–68. <https://doi.org/10.22111/ijfs.2016.2821>
29. Shatalova O.M. (2023) *Efficiency of innovative processes: fuzzy multiple modeling and evaluation in conditions of non-stochastic uncertainty*. Izhevsk: Publishing House of IzhSTU (in Russian).
30. Zaidouni A., Idrissi M.A.J., Bellabdaoui A. (2023) A Sugeno ANFIS model based on fuzzy factor analysis for IS/IT project portfolio risk prediction. *Journal of Information and Communication Technology*, vol. 23, no. 2, pp. 139–176. <https://doi.org/10.32890/jict2024.23.2.1>
31. Mehlawat M.K., Gupta P., Khan A.Z. (2023) An integrated fuzzy-grey relational analysis approach to portfolio optimization. *Applied Intelligence*, vol. 53, pp. 3804–3835. <https://doi.org/10.1007/s10489-022-03499-z>
32. Khanjani Shiraz R., Tavana M., Fukuyama H. (2020) A random-fuzzy portfolio selection DEA model using value-at-risk and conditional value-at-risk. *Soft Computing*, vol. 24, pp. 17167–17186. <https://doi.org/10.1007/s00500-020-05010-7>
33. Deng X., Yuan Y. (2021) A novel fuzzy dominant goal programming for portfolio selection with systematic risk and non-systematic risk. *Soft Computing*, vol. 25, pp. 14809–14828. <https://doi.org/10.1007/s00500-021-06226-x>
34. Rahiminezhad Galankashi M., Mokhtab Rafiei F., Ghezelbash M. (2020) Portfolio selection: a fuzzy-ANP approach. *Financial Innovation*, vol. 6, no. 1, pp. 1–34. <https://doi.org/10.1186/s40854-020-00175-4>
35. Mohseny-Tonekabony N., Sadjadi S.J., Mohammadi E., Tamiz M., Jones D.F. (2024) Robust, extended goal programming with uncertainty sets: An application to a multi-objective portfolio selection problem leveraging DEA. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05811-7>
36. Wang B., Li Y., Wang S., Watada J. (2018) A multi-objective portfolio selection model with fuzzy value-at-risk ratio. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 26, no. 6, pp. 3673–3687. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2018.2842752>
37. Dehghani F. (2023) Simulation of annealing for portfolio selection in mean-pseudo-variance fuzzy model. *SSRN Electronic Journal*, pp. 1–12. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4660934>
38. Nguyen V.D., Duyen N.K., Hai N.M., Duy B.K. (2023) Multicriteria portfolio selection with intuitionistic fuzzy goals as a pseudoconvex vector optimization. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol. 187, pp. 68–79. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46573-4_7
39. Abtahi S.H. (2023) Uncertain random portfolio optimization based on skew chance distribution. *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 23, no. 1, pp. 44–55. <https://doi.org/10.5391/ijfis.2023.23.1.44>
40. Yang X., Liu W., Chen S., Zhang Y. (2021) A multi-period fuzzy mean-minimax risk portfolio model with investor's risk attitude. *Soft Computing*, vol. 25, pp. 2949–2963. <https://doi.org/10.1007/s00500-020-05351-3>
41. Kleiner G.B. (2008) *Enterprise strategy*. M.: Publishing house “Delo” ANKH (in Russian).
42. Nazarov D.M. (2016) The evaluation model of implicit factors on the basis of fuzzy-set descriptions. *Far Eastern Federal University News*, no. 4(80), pp. 3–17 (in Russian). <https://doi.org/10.5281/zenodo.220793>
43. Makarova D.V., Nedoluzhko O.V., Solodukhin K.S. (2024) The role of economic digitization in the development of the organization intellectual capital theory. Proceedings of the X international Scientific and Practical Conference “Intelligent engineering economics and Industry 5.0 (IEEI_5.0_INPROM)”, St. Petersburg, April 25–28 (eds. D.G. Rodionov, A.V. Babkin), pp. 215–219 (in Russian). <https://doi.org/10.18720/IEP/2024.2/50>
44. Cosa M., Pedro E., Urban B. (2024) How to assess the intellectual capital of firms in uncertain times: a systematic literature review and a proposed model for practical adoption. *Journal of Intellectual Capital*, vol. 25, no. 7, pp. 1–22. <https://doi.org/10.1108/JIC-05-2023-0096>
45. Bustamante A., Liberona D., Ferro R. (2024) Approach to measuring organizational performance from the perspective of intellectual capital. *Communications in computer and information science*, vol. 2152, pp. 73–85. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63269-3_6
46. Kozlovskiy S., Syniehub P., Kozlovskiy A., Lavrov R. (2022) Intellectual capital management of the business community based on the neuro-fuzzy hybrid system. *Neuro-Fuzzy Modeling Techniques in Economics*, vol. 11, no. 11, pp. 25–47. <https://doi.org/10.33111/nfmte.2022.025>
47. Çevik G., Arslan Ö. Analytic evaluation of intellectual capital for ship management companies under a fuzzy environment (2022) *Journal of ETA Maritime Science*, vol. 10, no. 3, pp. 185–194. <https://doi.org/10.4274/jems.2022.41033>
48. Pokrovskaia N., Margulyan Ya., Lvin Yu., Bulatetskaia A. (2020) Neuro-technologies and fuzzy logic for intellectual capital evaluation in education and business. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 940, article 012090. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/940/1/012090>

49. Lucchese M., Aversano N., Di Carlo F., Polcini P.T. (2020) Assessing the intellectual capital and related performance in the teaching process using FES models: First evidence in Italian universities. *WSEAS transactions on business and economics*, vol. 17, pp. 325–344. <https://doi.org/10.37394/23207.2020.17.34>
50. Gross-Gołacka E., Kusterka-Jefmańska M., Jefmański B. (2020) Can elements of intellectual capital improve business sustainability? – The perspective of managers of SMEs in Poland. *Sustainability*, vol. 12, no. 4, article 1545. <https://doi.org/10.3390/su12041545>
51. Zavalin G.S., Nedoluzhko O.V., Solodukhin K.S. (2023) Formation of the causal field of indicators for an organization's intellectual capital development: A concept and a fuzzy economic and mathematical model. *Business Informatics*, vol. 17, no. 3, pp. 53–69. <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2023.3.53.69>
52. Nedoluzhko O.V., Solodukhin K.S. (2024) Quantitative assessment of university's intellectual capital based on fuzzy model. *University Management: Practice and Analysis*, vol. 28, no. 1, pp. 34–49 (in Russian). <https://doi.org/10.15826/umpa.2024.01.003>
53. Makarova D.V., Nedoluzhko O.V., Solodukhin K.S., Zavalin G.S. (2024) Fuzzy optimization models for intellectual capital enhancing project portfolio selection under risk. *Journal of System and Management Sciences*, vol. 14, no. 7, pp. 1–19. <https://doi.org/10.33168/JSMS.2024.0701>
54. Anshin V.M., Dyomkin I.V., Tsarkov I.V., Nikonov I.M. (2008) On application of fuzzy set theory to the problem of project portfolio selection. *Issues of Risk Analysis*, vol. 5, no. 3, pp. 8–21 (in Russian).
55. Dubois D., Prade H. (1988) *Possibility Theory*. New York: Plenum Press.
56. Wang J., Hwang W.-L. (2007) A fuzzy set approach for R&D portfolio selection using a real option valuation model. *Omega*, vol. 35, no. 3, pp. 247–257.
57. Furnham A., Marks J. (2013) Tolerance of ambiguity: A review of the recent literature. *Psychology*, vol. 4, no. 9, pp. 717–728. <https://doi.org/10.4236/psych.2013.49102>
58. Minaeva Yu.N., Filimonova O.Yu., Minaeva J.I. (2012) Index of fuzziness of fuzzy sets in context of concepts “Data Mining”. *Problems of Informatization and Management*, vol. 3, no. 39, pp. 95–101 (in Russian).
59. Nazarov D.M. (2016) *Methodology of fuzzy set evaluation of implicit factors in organizational activities*. Ekaterinburg: Ural State Economic University Press (in Russian).
60. De Luca A., Termini S. (1972) A definition of a nonprobabilistic entropy in the setting of fuzzy sets theory. *Information and control*, vol. 20, no. 4, pp. 301–312. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(72\)90199-4](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(72)90199-4)
61. Yager R.R. (1979) On the measure of fuzziness and negation. Part I: Membership in the unit interval. *International Journal of General Systems*, vol. 5, no. 4, pp. 221–229. <https://doi.org/10.1080/03081077908547452>

About the authors

Konstantin S. Solodukhin

Doctor of Sciences (Economics), Professor;

Professor, Mathematics and Modeling Department, Head of Laboratory, Strategic Planning Laboratory, Vladivostok State University, 41, Gogolya Str., Vladivostok 690014, Russia;

E-mail: k.solodukhin@mail.ru

ORCID: 0000-0003-3619-1219

Georgij S. Zavalin

Head of Department, Data Mining Department, Intern Researcher, Strategic Planning Laboratory, Vladivostok State University, 41, Gogolya Str., Vladivostok 690014, Russia;

E-mail: georgiy.zavalin08@vvsu.ru

ORCID: 0000-0003-4519-0242

Daria V. Makarova

Leading Specialist, Analytical Department, Intern Researcher, Strategic Planning Laboratory, Vladivostok State University, 41, Gogolya Str., Vladivostok 690014, Russia;

E-mail: malnova.daria@vvsu.ru

ORCID: 0009-0002-8207-3010