

DOI: 10.26794/2587-5671-2022-26-4-139-156

УДК 330.45(045)

JEL C69, D81, G32

Прямое нечеткое оценивание «цепочек» финансовых рисков организации

Л.В. Фомченкова^а, П.С. Харламов^б, К.С. Мелихов^с^{а,б} Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в Смоленске, Смоленск, Россия; ^с Финансовый университет, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Объектом исследования выступает диагностика и оценка финансовых рисков с целью создания эффективного риск-менеджмента. **Предметом исследования** является методика нечеткого прямого оценивания «цепочек» финансовых рисков организаций. **Актуальность** проблематики обусловлена, с одной стороны, динамичной и хаотичной как макросредой, так и бизнес-средой организаций, с другой – недостатками применяемых аналитических и экспертных методов оценки финансовых рисков. Первые при этом подразумевают статистическую обработку данных и оперируют количественными метриками. Для вторых трудность заключается в невозможности их применения на коротком временном интервале. С позиции оперативного риск-менеджмента заслуживают особого внимания финансовые риски, поскольку от них зависит эффективное функционирование всей организации. **Цель исследования** заключается в формировании методики нечеткого прямого оценивания «цепочек» финансовых рисков организаций. Используются **методы** математического прогнозирования, нечеткого моделирования, расчета финансово-экономических показателей, экспертной оценки рисков. Предлагаемая методика состоит из 12 этапов, начинается с анализа бизнес-процессов и идентификации финансовых рисков организации. Основным ее этапом является построение нечеткой оценочной модели и расчет показателей: вероятность возникновения и реализации рисков и рискованных ситуаций «цепочки» финансовых рисков, степень уверенности проводимых расчетов. Конечный этап методики являет собой анализ полученных результатов с целью корректировки выбранной стратегии развития организации, выбора методов управления выявленными финансовыми рисками, несущими наиболее существенные финансово-экономические потери. Сделан **вывод** о том, что разработанная методика позволяет с высокой точностью оценить угрозу возникновения определенной «цепочки» рисков и потери от реализации конкретных рискованных ситуаций для любой организации в условиях динамичных изменений внутренних и внешних элементов бизнес-среды. Ее преимуществом следует считать сопоставимость точности проводимой оценки и небольших затрат на моделирование.

Ключевые слова: финансовые риски; риск-менеджмент; «цепочка» рисков; нечеткая оценочная модель; нечеткое прямое оценивание; динамическая среда; финансово-экономические потери; бизнес-процессы организации

Для цитирования: 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

Direct Fuzzy Evaluation of Financial Risk “Chains” of an Organisation

L.V. Fomchenkova^а, P.S. Kharlamov^б, K.S. Melikhov^с^{а,б} Branch of the National Research University Moscow Power Engineering Institute in Smolensk, Smolensk, Russia; ^с Financial University, Moscow, Russia

ABSTRACT

The **object of the research** is the diagnosis and evaluation of financial risks in order to create an effective risk management policy. The **subject of the research** is the methodology of direct fuzzy evaluation of financial risk “chains” of an organisation. The **relevance** of the problem is due, on the one hand, to the dynamic and chaotic macro-environment and the business environment of organisations, on the other hand, to the drawback of the analytical and expert methods used to assess financial risks. The former, moreover, imply statistical data processing and operate with quantitative measures. For the latter, the difficulty is the impossibility of their application in a short time interval. From the perspective of operational risk management, financial risks deserve special attention since the effective operation of the entire organisation depends on them. The **purpose of the research** is to form a methodology for direct fuzzy evaluation of financial risk “chains” of an organisation. The authors apply **the methods** of mathematical forecasting, fuzzy modelling, calculation of financial and economic indicators, and expert risk assessment. The proposed methodology consists of 12

stages, beginning with the analysis of business processes and the identification of financial risks of the organisation. The main stage is the construction of a fuzzy evaluation model and the calculation of indicators: the probability of occurrence and realization of risks and risky situations of the financial risk “chains”, and the degree of confidence of the calculations conducted. The final stage of the methodology is an analysis of the results obtained to adjust the selected development strategy of the organisation, and the choice of methods for managing identified financial risks bearing the most significant financial and economic losses. The authors **conclude** the developed methodology allows to accurately assess the threat of a certain risk “chain” and losses from the implementation of specific risk situations for any organisation in the conditions of dynamic changes in internal and external elements of the business environment. The advantage of the methodology should be considered in the comparability of the accuracy of the evaluation and the low cost of modelling.

Keywords: financial risks; risk management; risk “chain”; fuzzy evaluation model; fuzzy direct evaluation; dynamic environment; financial and economic losses; organisation’s business-processes

For citation: 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

ВВЕДЕНИЕ

В условиях нарастания нестабильности, неопределенности, сложности и неоднозначности современной экономико-политической ситуации, нашедшей свое отражение в концепции *vis-a-vis* мира, описывающей бизнес-среду как хаотичную и быстроменяющуюся, возрастает важность управления рисками экономических субъектов. При этом эффективный риск-менеджмент должен опираться на динамический подход, представляющий собой учет множества факторов, в том числе фактора времени, в процессе повышения эффективности управленческих решений на основании прогнозов. Зачастую количественную оценку рисков для целей последующего экономико-математического моделирования бывает крайне трудно дать даже высококвалифицированным руководителям. Такие условия мешают принятию качественных решений, которые, в свою очередь, должны быть подкреплены динамическими моделями и методами, учитывающими неопределенность.

Организации для анализа и оценки возникновения рисков ситуаций чаще всего применяют экспертные и аналитические методы. При этом аналитические методы требуют наличия большого объема статистических данных и ориентированы, как правило, на количественные показатели, а экспертные методы бывает затруднительно применять при оперативной оценке неопределенностей и рисков в силу недостатка аналитиков высокой квалификации и значительных временных затрат [1].

Все существующее множество рисков не может быть оптимизировано хозяйствующим субъектом ввиду объективного характера их возникновения, поэтому в рамках оперативного риск-менеджмента необходимо проводить оценку только

тех из них, которые поддаются формализованному описанию и могут быть минимизированы организацией. С этих позиций особого внимания заслуживают финансовые риски, связанные с покупательной способностью денег, в том числе риски инфляционных ожиданий, инвестиционные риски, риски, обусловленные организационной структурой управления и реализуемой бизнес-моделью.

Поскольку возникновению и возрастанию рисков предшествует та или иная причина, актуальным является прогнозирование и превентивная оценка вероятности наступления и развития рисков ситуации. В полной мере это возможно осуществить на основе системного и комплексного подходов к анализу, позволяющих не только идентифицировать риск, но и определить причины его возникновения во внешней и внутренней среде организации, его связи с другими рисками, а также вероятность и тяжесть возможных последствий.

Методы и модели, основанные на нечеткой логике и интегрированные в информационную систему организации, позволяют с высокой точностью и небольшими трудовыми и временными затратами проводить оценку рисков с учетом системности и комплексности анализа [2]. Подобные модели дают возможность учитывать все необходимые элементы системы рисков организации, причем как количественные, так и качественные их описания, в математических формулировках нечеткой логики, множеств и лингвистических переменных с учетом неопределенности и взаимосвязей их возникновения. Методы, основанные на использовании нечетких моделей, являются инструментом поддержки принятия управленческих решений, позволяющим осуществлять разработку стратегии с учетом

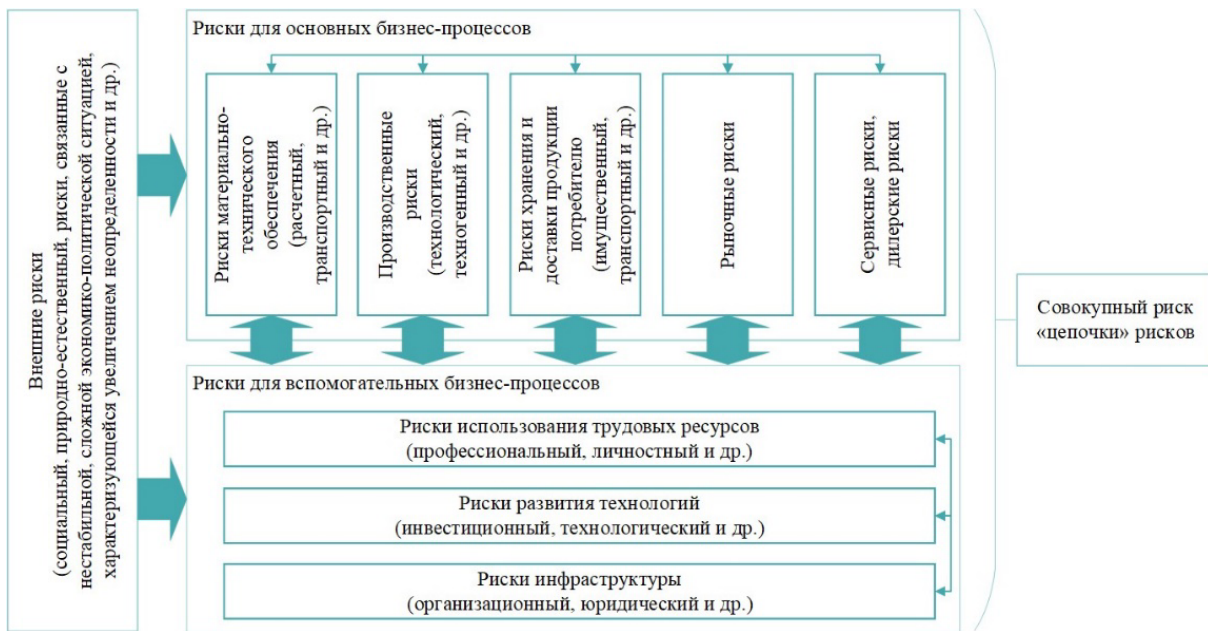


Рис. 1 / Fig. 1. «Цепочка» рисков производственной организации / The risk “chain” of a manufacturing organisation

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

диагностики и оптимизации рисков, всесторонне исследовать финансово-экономические аспекты функционирования организации, значительно снижая трудовые, финансовые и временные затраты организации на оценку рисков и их страхование.

«ЦЕПОЧКИ» РИСКОВ ОРГАНИЗАЦИИ

В настоящее время в большинстве организаций сформирован финансово-экономический механизм стратегического управления, позволяющий осуществлять разработку и выбор стратегии организации с учетом оценки возможных рисков, а также основанный на актуальных аналитических методах и технологиях. Значимым элементом указанного механизма является процесс риск-менеджмента, в ходе которого используются математический аппарат экономической статистики (например, математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое отклонение, полудисперсия) и экспертные методы (например, метод Дельфи, метод сценариев) [3]. Указанные методы преимущественно оценивают конкретный риск, обусловленный текущей ситуацией, но не учитывают тенденций ее развития, связей с другими рисками, событиями и факторами, способствующими их наступлению.

Частичный и неструктурированный анализ указанных взаимосвязей осуществляется согласно принятой в организации стандартной техно-

логии риск-менеджмента после оценки рисков во время процедуры принятия решений в рискованных ситуациях, например при построении дерева событий или дерева решений [4]. Такой традиционный подход в условиях нарастающей неопределенности, нестабильности и неоднозначности современной экономико-политической ситуации постепенно утрачивает свою эффективность, поскольку зачастую не отвечает задачам повышения гибкости управления, в том числе и в сфере оперативного и стратегического риск-менеджмента.

Отмеченные недостатки применяемых в настоящее время методов оценки рисков могут быть устранены на основе анализа основных и вспомогательных бизнес-процессов. На первом этапе необходимо провести диагностику существующих бизнес-процессов, а в частности их состояния с точки зрения финансовых рисков; выявить критические области бизнес-процессов, в которых присутствует вероятность возникновения финансового риска, способного в значительной степени отразиться на деятельности организации.

На следующем этапе происходит определение взаимосвязей между рисками, на основании чего становится возможным построить их систему, названную нами «цепочкой» рисков. Определяется структура «цепочки» рисков (рис. 1) в виде взаимосвязанной системы различных рисков, вытекающих из среды деятельности организации. Необходимо отметить, что «цепочка» рисков

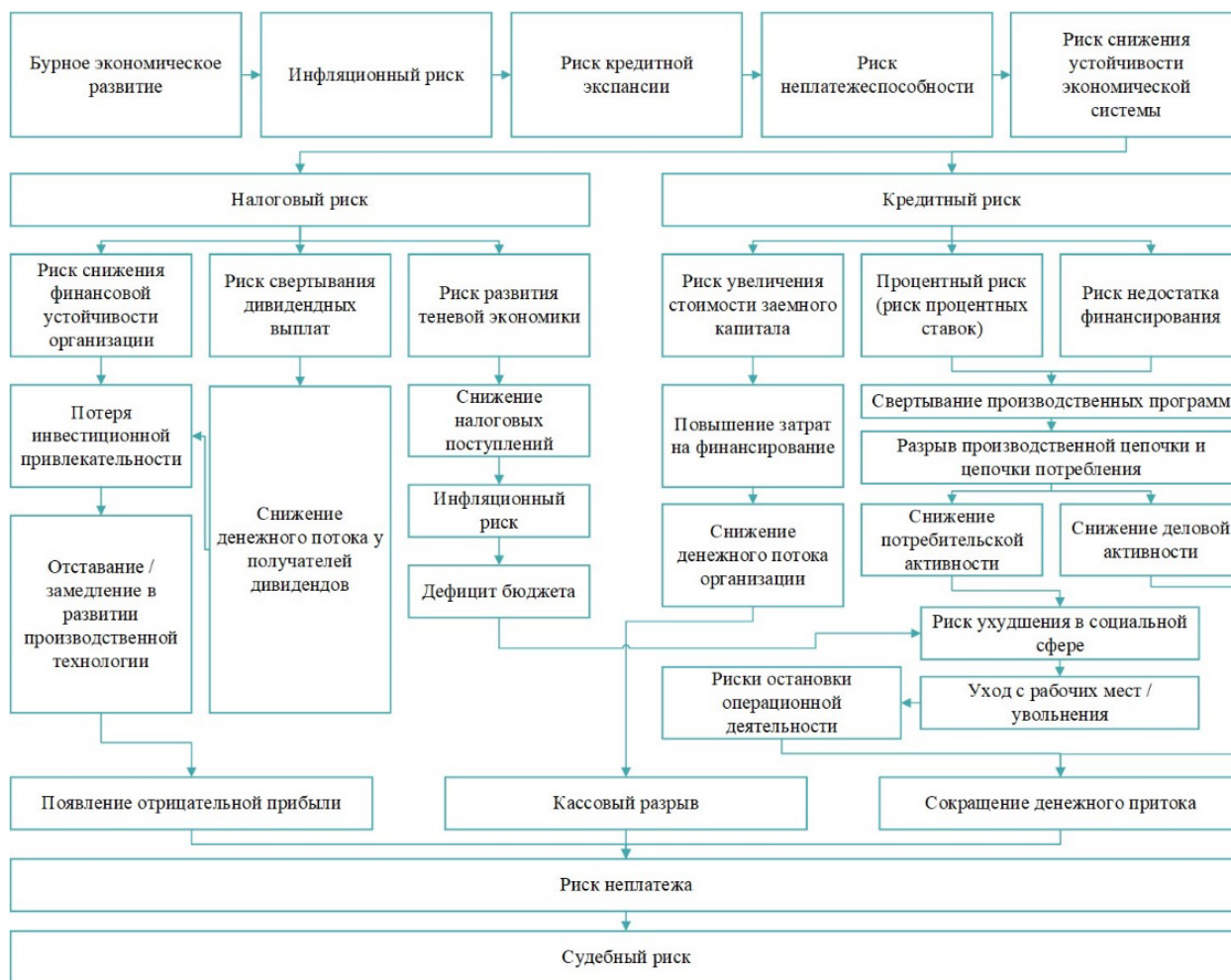


Рис. 2 / Fig. 2. «Цепочка» финансовых рисков и рисков ситуаций производственной организации / The financial risk “chain” of a manufacturing organisation

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

включает как внутренние, так и внешние риски, характеризующие современную неопределенную, нестабильную, сложную экономико-политическую ситуацию.

Представленная на рис. 1 «цепочка» является достаточно обобщенной, поэтому для конкретной производственной организации она может быть использована только в качестве основы с последующей конкретизацией видов рисков с учетом специфики бизнес-процессов. Финансовые риски могут возникать практически во всех звеньях «цепочки», представленной на рис. 1, однако зачастую влияя при этом на другие виды рисков, обусловленные, например, развитием технологий, состоянием инфраструктуры, спецификой производства и сбыта готовой продукции. Их идентификация и установление взаимосвязей между ними являются значимыми для организации, поскольку реализация рисков ситуаций может сопровождаться кумулятивным

эффектом, приводящим к серьезным потерям. Например, недооценка вероятности появления принципиально новых технологий, способствующих «подрывным» инновациям, может привести к усилению риска невостребованности готовой продукции, риску ликвидности, а также способствовать падению прибыли. Вместе с тем раннее обнаружение финансовых рисков позволяет их описать, оценить и оптимизировать. Представленная на рис. 2 «цепочка» иллюстрирует один из возможных вариантов взаимосвязей различных финансовых рисков производственной организации.

При оценке различных рисков аналитики используют традиционные методы их анализа с учетом особенностей их типов, что в некоторых случаях, к примеру при отсутствии исследований факторов риска, величине ущерба или нестабильности бизнес-среды, является нецелесообразным, в отличие от использования экспертных мето-

дов или нечеткого моделирования [1]. Последние приобретают особую актуальность в современных условиях, поскольку предполагают неполное знание всех параметров, обстоятельств и ситуаций, а также учитывают многоуровневую структуру оценивания, различную значимость показателей, а также наличие нечетких отношений совместности между ними [4].

НЕЧЕТКАЯ ОЦЕНОЧНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА «ЦЕПОЧКИ» ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ

Использование нечеткой логики при оценивании «цепочек» финансовых рисков имеет ряд особенностей. В первую очередь необходимо учитывать интерпретацию данной «цепочки» как математического множества, содержащего результаты оценки значений показателей рисков и рисков ситуаций. Эти «цепочки» имеют многоуровневую структуру, вытекающую из разной значимости для организации включенных в нее измерений и формой нечетких взаимосвязей между ними, в особенности вверху иерархической цепочки. Соответственно, на каждом уровне иерархии показатели образуют подмножества, каждое из которых соответствует показателю смежного с ним более высокого уровня иерархии. На каждом уровне иерархии, начиная со второго, могут существовать показатели, не образующие подмножеств на более низком уровне. На первом уровне иерархии находится подмножество из одного (обобщенного) показателя. Каждому показателю приписывается вес. Показатели, принадлежащие одному подмножеству, образуют нечеткое отношение совместности [2]. Указанные особенности обосновывают необходимость применения методики прямого нечеткого оценивания, а также использования нечетких продукционных моделей.

Отметим, что построение «цепочки» финансовых рисков и рисков ситуаций позволяет определять полное пространство предпосылок, являющихся источниками рисков или рисков ситуаций, представленных в «цепочке», а также пространство заключений, являющихся последствиями конкретных рисков.

Представление взаимосвязей между различными финансовыми рисками и рисковыми ситуациями в виде «цепочки», позволяет перейти к ее композиции посредством группировки по подмножествам, имеющим следующий вид:

$$R^{(i)} = \{R_1^{(i)}, R_2^{(i)}, \dots, R_n^{(i)}\}, \quad (1)$$

где $i=1, 2, \dots, I$; $n=1, 2, \dots, N$; $R_n^{(i)}$ — подмножество рисков и рисков ситуаций на i -м уровне декомпозиции «цепочки» финансовых рисков (нулевой уровень декомпозиции, или $R^{(0)}$, представляет собой «цепочку» финансовых рисков с агрегированными показателями оценки); I — количество уровней декомпозиции нечеткой оценочной модели; N — количество рисков и рисков ситуаций или подмножеств на i -м уровне декомпозиции модели.

После осуществления группировки по подмножествам необходимо для каждого значения показателя риска на i -м уровне декомпозиции нечеткой оценочной модели ($r_{n,j}^{(i)}$) определить соответствие с подмножеством рисков и рисков ситуаций на $(i+1)$ -м уровне декомпозиции «цепочки» финансовых рисков:

$$r_{n,j}^{(i)} \leftrightarrow R_m^{(i+1)} = \{r_{m,1}^{(i+1)}, \dots, r_{m,p}^{(i+1)}, \dots, r_{m,p_s}^{(i+1)}\}, \quad (2)$$

где I — количество уровней декомпозиции нечеткой оценочной модели ($i=1, 2, \dots, I-1$); N — количество рисков и рисков ситуаций или подмножеств на i -м уровне декомпозиции модели ($n=1, 2, \dots, N$); M — количество рисков и рисков ситуаций или подмножеств на $(i+1)$ -м уровне декомпозиции модели ($m=1, 2, \dots, M$); p_s — число значений показателей рисков из подмножества $R_m^{(i+1)}$ $(i+1)$ -го уровня декомпозиции модели, соотнесенного с j -м показателем $r_{n,j}^{(i)}$ из подмножества $R_n^{(i)}$ i -го уровня декомпозиции модели ($p=1, 2, \dots, p_s$).

Стоит отметить, что для построения нечеткой оценочной модели необходимо определение значимости или весов всех рисков и рисков ситуаций в построенной «цепочке» финансовых рисков на каждом уровне декомпозиции модели:

$$r_{n,j}^{(i)} \leftrightarrow w_{n,j}^{(i)}, \quad (3)$$

где $n=1, 2, \dots, N$; $i=1, 2, \dots, I$; $j=1, 2, \dots, p_s$; $w_{n,j}^{(i)}$ — значимость (вес) риска или рисков ситуации $r_{n,j}^{(i)}$.

Основным элементом нечеткой оценочной модели являются нечеткие отношения совместности между рисками и рисковыми ситуациями (значениями показателей риска), заданные в следующем виде:

$$\tilde{K}_n^{(i)} = \left\{ \left(\left(r_{n,q}^{(i)}, r_{n,l}^{(i)} \right) / c_{n,ql}^{(i)} \right) \right\}, \quad (4)$$

где $n=1, 2, \dots, N$; $i=1, 2, \dots, I$; $q, l \in \{1, 2, \dots, p_s\}$; $\tilde{K}_n^{(i)}$ — нечеткое отношение совместности между

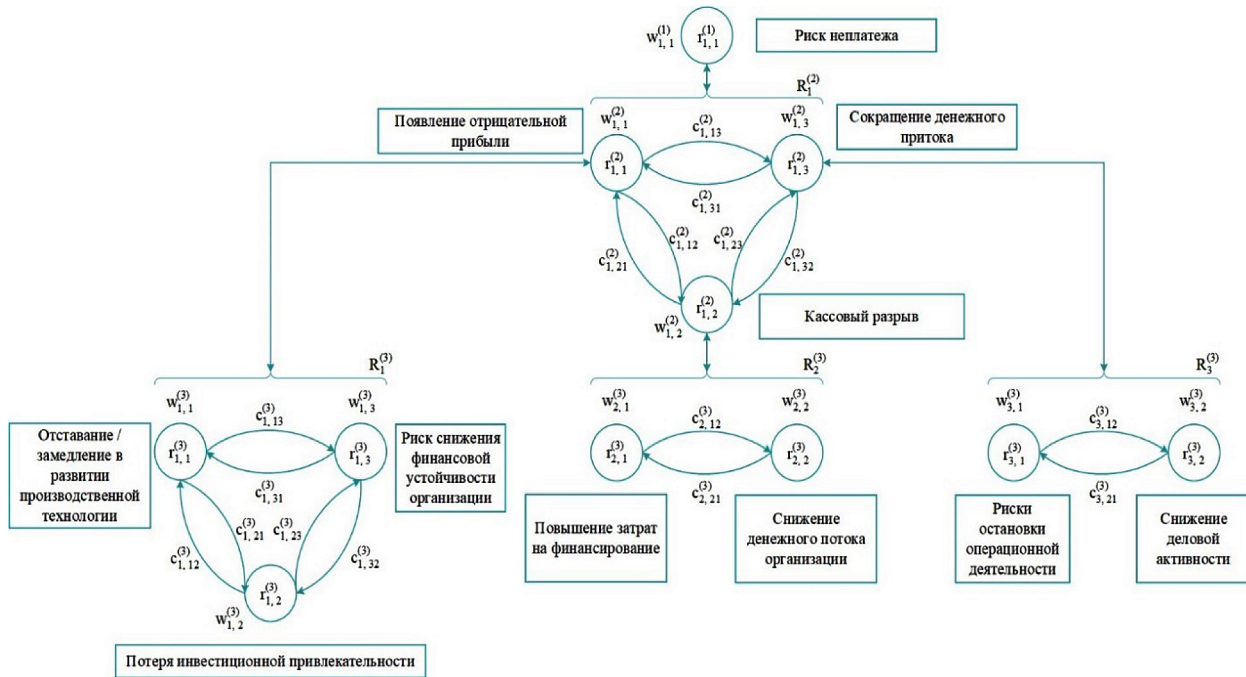


Рис. 3 / Fig. 3. Нечеткая оценочная модель «цепочки» финансовых рисков и рисков ситуаций производственной организации (фрагмент) / Fuzzy evaluation model of the financial risk “chain” of a manufacturing organisation (fragment)

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

рисками и рисковыми ситуациями (значениями показателей риска) подмножества $R_n^{(i)}$; $c_{n,ql}^{(i)}$ — степень совместимости рисков и рисков ситуаций (значений показателей риска) $r_{n,q}^{(i)}$ и $r_{n,l}^{(i)}$.

Для «цепочки» финансовых рисков организации совместимость трактуется как влияние одного риска (рисковой ситуации) на другой через передачу «добавленного эффекта совокупного риска» (наращения опасности или угрозы организации, а также увеличение тяжести последствий для организации в случае прохождения элементов «цепочки»), для недопущения двойного учета риска вводится нечеткий коэффициент совместимости.

Исходя из формул (1)–(4), предлагаемая нечеткая оценочная модель в формализованном виде может быть представлена в виде формулы (5).

$$\left\{ \begin{aligned} R^{(i)} &= \{R_1^{(i)}, R_2^{(i)}, \dots, R_n^{(i)}\}, \\ R_n^{(i)} &= \{r_{n,1}^{(i)}, \dots, r_{n,p}^{(i)}, \dots, r_{n,p_s}^{(i)}\}, \\ r_{n,j}^{(i)} &\leftrightarrow R_m^{(i+1)} = \{r_{m,1}^{(i+1)}, \dots, r_{m,p}^{(i+1)}, \dots, r_{m,p_s}^{(i+1)}\}, i=1, 2, \dots, I-1, \\ r_{n,p}^{(i)} &\leftrightarrow w_{n,j}^{(i)}, \\ \tilde{K}_n^{(i)} &= \left\{ \left(\left(r_{n,q}^{(i)}, r_{n,l}^{(i)} \right) / c_{n,ql}^{(i)} \right) \right\}, \end{aligned} \right. \quad (5)$$

где $i=1, 2, \dots, I$; $n=1, 2, \dots, N$; $p=1, 2, \dots, p_s$; $m=1, 2, \dots, M$; $j=1, 2, \dots, p_s$; $q, l \in \{1, \dots, p_s\}$.

На рис. 3 изображен фрагмент «цепочки» финансовых рисков и рисков ситуаций производственной организации, представленной на рис. 2. Необходимо отметить, что связь между риском (рисковой ситуацией) на i -м уровне декомпозиции нечеткой оценочной модели и набором рисков (рисковых ситуаций) на $(i-1)$ -м уровне декомпозиции представляет собой переход между уровнями декомпозиции с накоплением добавленного эффекта совокупного риска, повышением угрозы «цепочки» рисков для организации, а также увеличением тяжести последствий для организации.

Связь между более высокими уровнями декомпозиции нечеткой оценочной модели «цепочки» финансовых рисков организации, в частности, связь между уровнями декомпозиции с элементами: $R_1^{(2)}$ и $r_{1,1}^{(1)}$ (или $R_1^{(1)}$), задается с помощью MISO-структуры (много входов — один выход) и представляет собой каскадное соединение нескольких (для отмеченных уровней декомпозиции нечеткой оценочной модели — трех) баз нечетких продукционных правил, которые реализуют отображение входных переменных на выходную переменную [4–6]. На рис. 4 представлена каскадная нечеткая модель оценки влияния совокупности рисков и рисков ситуаций, являющейся простран-

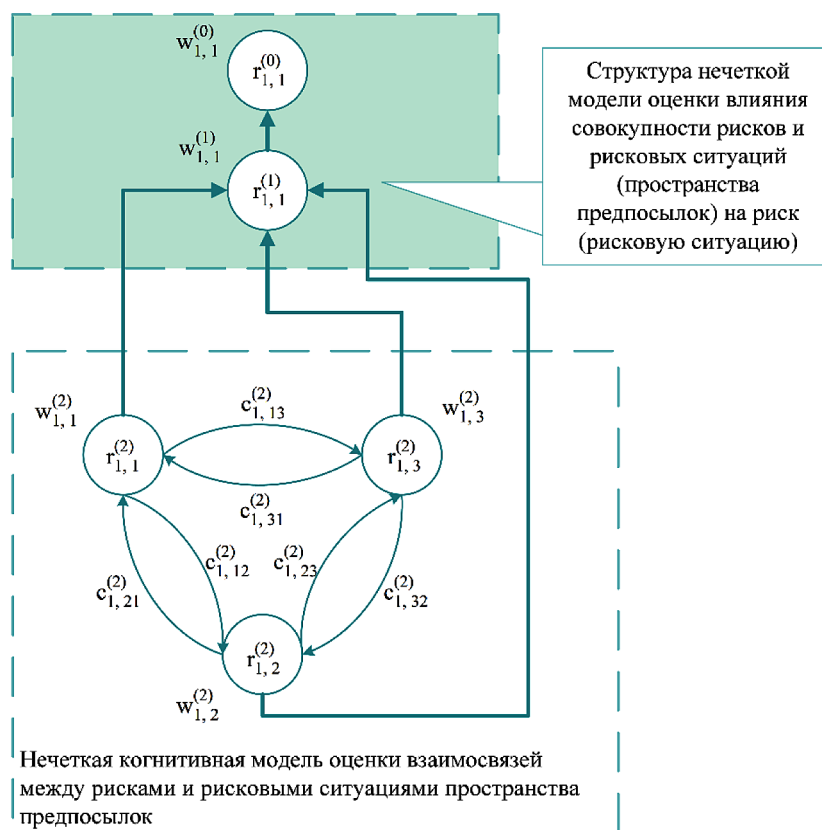


Рис. 4 / Fig. 4. Пример структуры оценки влияния рисков и рискованных ситуаций, находящихся на i -м уровне декомпозиции нечеткой оценочной модели, на риск или рискованную ситуацию, находящиеся на $(i + 1)$ -м уровне декомпозиции / Example of a framework for evaluating the impact of risks and risk situations at the i decomposition level of a fuzzy evaluation model on a risk or risk situation at the $(i + 1)$ decomposition level

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

ством предпосылок риска (рисковой ситуации), находящегося на более высоком уровне декомпозиции, на данный риск (рисковую ситуацию) для «цепочки» финансовых рисков и рискованных ситуаций организации, представленной на рис. 2.

Вышеописанная нечеткая оценочная модель «цепочки» финансовых рисков и рискованных ситуаций организации определяет алгоритм прямого нечеткого оценивания. Необходимо отметить, что процесс оценки начинается с нижних уровней декомпозиции нечеткой оценочной модели, производится в «прямом» порядке, т.е. от нижних уровней декомпозиции к верхним уровням декомпозиции, и заканчивается нахождением агрегированных показателей оценки «цепочки» финансовых рисков на нулевом уровне декомпозиции.

МЕТОДИКА НЕЧЕТКОГО ПРЯМОГО ОЦЕНИВАНИЯ «ЦЕПОЧКИ» ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ ОРГАНИЗАЦИИ

Предлагаемая методика нечеткого прямого оценивания «цепочки» финансовых рисков организации состоит из следующих основных этапов.

Этап 1. Анализ существующих бизнес-процессов организации, изучение текущей финансовой ситуации, идентификация финансовых рисков.

Для построения эффективной нечеткой оценочной модели необходимо привлечение экспертов (например, ведущих специалистов консалтинговых организаций) при анализе текущей деятельности организации, в данном случае необходимым является представление полученной информации в виде табл. 1, для последующего расчета степени уверенности (достоверности) в проводимой оценке, а также интерпретация полученной взаимосвязи между риском, пространством предпосылок и пространством заключений в виде «цепочки» финансовых рисков и рискованных ситуаций организации.

Этап 2. Построение «цепочки» финансовых рисков организации, уточнение связей между рисками и рискованными ситуациями.

На основе имеющейся и систематизированной в виде табл. 1 информации об идентифицированных финансовых рисках формируется «цепочка» рисков производственной организа-

Таблица 1 / Table 1

Идентифицированные финансовые риски / Identified financial risks

Обозначение / Notation	Наименование риска / Risk	Описание пространства предпосылок / Description of the prerequisite space	Описание пространства заключений / Description of the conclusion space	Значение показателя риска / Risk value	Степень уверенности / Confidence degree
r_1					
r_2					
...					
r_n					

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

ции, на которой отмечаются звенья, в которых вероятно возникновение финансовых рисков. На основе отмеченных звеньев составляется «цепочка» финансовых рисков организации. Необходимо отметить, что в данную цепочку могут быть дополнительно включены рисковые ситуации в случае, если они являются значимыми в пространстве предпосылок или пространстве заключений и сопровождаются кумулятивным эффектом, приводящим к серьезным потерям с невозможностью его перенесения на возникший финансовый риск [7].

Этап 3. Построение нечеткой оценочной модели «цепочки» финансовых рисков.

Полученная на предыдущем этапе «цепочка» финансовых рисков позволяет перейти к нечеткому моделированию. На данном этапе важно установить взаимосвязи между выделенными финансовыми рисками (рисковыми ситуациями), описать их характер, выявить конечный риск (рисковую ситуацию), обладающий наибольшим добавленным эффектом совокупного риска. После выявления данного элемента «цепочки» финансовых рисков необходимо провести его декомпозицию на основе установленных взаимосвязей, тем самым получая иерархическую структуру показателей оценки, с каждым из которых соотносится значимость (вес) соответствующего риска или рисковой ситуации [8]. После исключения финансовых рисков, имеющих низкую значимость через агрегирование со смежным риском или рисковой ситуацией, строится нечеткая оценочная модель «цепочки» финансовых рисков, имеющей вид, представленный на рис. 3.

Этап 4. Определение степеней совместимости агрегируемых показателей финансовых рисков и рисковых ситуаций.

На данном этапе происходит задание нечетких отношений совместимости между рисками и рисковыми ситуациями по формуле (4). Полученные нечеткие отношения в «цепочке» финансовых рисков организации являются определителями последующих операций нечеткой свертки. Однако прямой способ определения степеней совместимости, описываемый формулой (4), не всегда может быть использован, поскольку в настоящее время бизнес-среда организации зачастую описывается как хаотичная и быстроменяющаяся, а как впоследствии велика вероятность возникновения рисковых ситуаций или рисков, ранее не описанных и не поддающихся «четкой» оценке [9]. В данных случаях возможно использование косвенного способа, основанного на сопоставлении с уровнями совместимости между рисками и рисковыми ситуациями с уровнями шкалы Харрингтона (LL – «Низкий уровень», LML – «Уровень ниже среднего», ML – «Средний уровень», HML – «Уровень выше среднего», HL – «Высокий уровень») [2]. Соответственно формула (4) дополняется формулой (6).

$$c_{n,ql}^{(i)} = c_z \in C = \{LL, LML, ML, HML, HL\}, z=1,2,\dots,5, (6)$$

где $c_{n,ql}^{(i)}$ – степень совместимости рисков и рисковых ситуаций (значений показателей риска) $r_{n,q}^{(i)}$ и $r_{n,l}^{(i)}$ ($n=1,2,\dots,N; i=1,2,\dots,I; q,l \in \{1,2,\dots,p_s\}$); z – индекс соответствующего элемента множества C , содержащего уровни шкалы Харрингтона.

При этом для рисков (рисковых ситуаций), находящихся на одном уровне декомпозиции нечеткой оценочной модели, но не имеющих логически устанавливаемых взаимосвязей, степенью совместимости этих рисков и рисковых ситуаций (значений показателей риска) считается уровень

LL по вышеприведенной шкале Харрингтона для осуществления последующего агрегирования набора рисков и установления накопленного добавленного эффекта совокупного риска при переходе между уровнями декомпозиции модели.

Этап 5. Задание стратегии оценки подмножества показателей рисков или рискованных ситуаций уровня декомпозиции нечеткой оценочной модели «цепочки» финансовых рисков.

Переход между уровнями декомпозиции нечеткой оценочной модели «цепочки» финансовых рисков сопровождается кумулятивным эффектом накопления добавленного эффекта совокупного риска, приводящим к серьезным потерям организации. Поэтому методика использует параметризованное семейство операций свертки [10], описываемое формулой (7).

$$\text{med}(r_k, r_l; \alpha), k, l \in \{1, 2, \dots, n\}, \quad (7)$$

где $\text{med}(r_k, r_l; \alpha)$ — параметризованная операция нечеткой свертки значений показателей рисков и рискованных ситуаций на одном уровне декомпозиции нечеткой оценочной модели «цепочки» финансовых рисков производственной организации; k, l — индексы рисков или рискованных ситуаций на i -м уровне декомпозиции; α — параметр нечеткой свертки ($\alpha \in [0, 1]$).

Значение параметра α должно соответствовать критериальным уровням совместимости агрегированных показателей рисков или рискованных ситуаций на $(i + 1)$ -м уровне декомпозиции нечеткой оценочной модели по шкале Харрингтона [11]. Поскольку предлагаемая методика предусматривает как расчет агрегированного показателя добавленного эффекта совокупного риска для всей «цепочки» финансовых рисков, так и расчет агрегированного показателя степени уверенности, при переходе между уровнями декомпозиции предусматриваются различные стратегии оценивания подмножеств показателей рисков или рискованных ситуаций.

Стратегия 1 — нечеткое оценивание от наименее совместимых рисков (рискованных ситуаций) к наиболее совместимым с суммированием накопленного добавленного эффекта совокупного риска при переходе между уровнями декомпозиции нечеткой оценочной модели «цепочки» финансовых рисков. Выбор указанной стратегии обуславливается одновременным использованием прямого и косвенного способов определения степени совместимости рисков и рискованных ситуаций, заданием порядка просмотра данных степеней совместимости, последовательным характером

нечеткой свертки на каждом уровне декомпозиции оценочной модели [12–14].

Стратегия 2 — нечеткое оценивание от наиболее совместимых рисков (рискованных ситуаций) к наименее совместимым при переходе между уровнями декомпозиции нечеткой оценочной модели «цепочки» финансовых рисков. Выбор данной стратегии обуславливается наличием показателей степени уверенности [15] для каждого идентифицированного на этапе 1 финансового риска, отсутствием необходимости использования суммирования для отражения кумулятивного эффекта, поскольку значение агрегированного показателя степени уверенности показывает не прогнозируемую тяжесть последствий полной «цепочки» финансовых рисков, а степень уверенности в полученном результате. Степень уверенности в предлагаемой методике измеряется по шкале от 0,00 до 1,00 с шагом 0,01. При необходимости возможно увеличение точности значений показателя степени уверенности для более корректного измерения точности полученного результата. Расчет агрегируемой степени уверенности производится по той же методике с учетом отмеченной особенности.

Этапы 6–7. Разбиение нечеткого отношения совместимости между рисками и рискованными ситуациями для уровня декомпозиции нечеткой оценочной модели на классы совместимости. Выбор и сопоставление операций свертки классам совместимости.

На данном этапе в соответствии с определенной стратегией происходит агрегирование значений показателей рисков и рискованных ситуаций, имеющих одинаковые степени совместимости или близкие, принадлежащие одному уровню по используемой шкале Харрингтона. При этом порядок нечеткой свертки данных показателей внутри соответствующего подмножества рисков и рискованных ситуаций не важен [16].

Этап 8. Модификация нечеткого отношения совместимости между рисками и рискованными ситуациями для уровня декомпозиции нечеткой оценочной модели.

После нечеткой свертки показателей рисков или рискованных ситуаций необходимо выполнить модификацию нечеткого отношения совместимости между рисками и рискованными ситуациями и изменить степени совместимости других рисков или рискованных ситуаций, находящихся в том же подмножестве рисков, с учетом нового агрегированного показателя рисков, находящихся в одном классе совместимости.

Выполнение этапов 5–8 имеет циклический или повторяемый характер, пока не будет достигнуто агрегирование всех показателей рисков и рискованных ситуаций, находящихся на нижних уровнях декомпозиции нечеткой оценочной модели «цепочки» финансовых рисков организации. После завершения всех итераций происходит анализ полученной структуры нечеткой оценочной модели для агрегированных показателей. В предлагаемой методике предлагается два варианта этапа 9.

Этап 9.1. Используется для MISO-структуры, представляющей собой каскадное соединение большого числа входных показателей рисков и рискованных ситуаций и одного результирующего показателя. Для этого в соответствии с формулой (5) происходит формирование баз нечетких производственных правил, а также структуры нечеткой нейронной производственной сети (ANFIS) [17, 18], имеющей вид, представленный на рис. 4, в соответствии с количеством входных показателей рисков и рискованных ситуаций.

Этап 9.2. Используется для иных случаев, в которых нечеткая оценочная модель из агрегированных показателей рисков (рискованных ситуаций) не имеет вид MISO-структуры. В рамках данного этапа происходит формирование структуры дальнейшей нечеткой свертки показателей [19] [например, в виде формулы (8)]:

$$R^{(0)} = h_u \left(h_y \left(\dots \left(h_t \left(R_1^{(t)}, R_2^{(t)} \right), \dots \right), R_n^{(y)} \right), R_n^{(u)} \right), \quad (8)$$

где $h(a, b)$ — операция нечеткой свертки; u, y, t — индексы данных операций, соответствующие различным уровням декомпозиции согласованности показателей, подмножеств рисков и рискованных ситуаций.

Этап 10. Задание взвешенных значений показателей подмножеств рисков и рискованных ситуаций.

Как было отмечено ранее, эффективный риск-менеджмент в условиях хаотичной и быстроменяющейся бизнес-среды должен опираться на динамический подход, условия неопределенности в котором характеризуются не только тем, что закон распределения вероятностей для неопределенных факторов неизвестен, но и тем, что фактор времени становится наиболее значимым. В связи с этим предлагаемая методика нечеткого прямого оценивания «цепочки» финансовых рисков организации предусматривает оценку альтернатив. Для расчета альтернатив каждому показателю риска или рискованной ситуации присваивается взвешенное нечеткое значение оце-

ниваемой альтернативы для поиска наилучших решений [20–22], обеспечивающих приемлемое значение агрегированного значения показателей для рассматриваемой «цепочки» финансовых рисков.

Этап 11. Получение агрегированных значений показателей для полной «цепочки» финансовых рисков и проверка применимости полученных значений, исходя из значения агрегированного показателя «степень уверенности».

Этап 12. Корректировка выбранных стратегий развития организации, выбор методов управления рисками.

Таким образом, предлагаемая методика прямого нечеткого оценивания «цепочек» финансовых рисков организации, основанная на анализе бизнес-процессов и обобщенной «цепочки» рисков организации, позволяет учитывать стратегические аспекты влияния финансовых рисков на деятельность организации и включает себя этапы, изображенные на рис. 5.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предлагаемая методика нечеткого прямого оценивания «цепочки» финансовых рисков организации ориентирована на условия нарастания нестабильности, неопределенности, сложности и неоднозначности современной экономико-политической ситуации. Для своевременной идентификации возникающих или прогнозируемых финансовых рисков целесообразным является ее включение в систему формирования информационных потоков организации в процессе риск-менеджмента, в которой идентификация рисков происходит на основе налогового, финансового и управленческого учетов организации (рис. 6).

В качестве подтверждения практической значимости предлагаемой методики рассмотрим оценивание «цепочки» финансовых рисков корпорации Masу's. Исходные данные получены из информационной системы Bloomberg на основе консенсус-прогноза по основным экономическим показателям и исторических наблюдений за 2017–2021 гг. Для начала был рассчитан совокупный среднегодовой темп прироста каждого показателя по формуле (9):

$$CAGR_j = \sqrt[n]{\frac{V_t}{V_{t-n}}} - 1, \quad (9)$$

где $CAGR_j$ — совокупный среднегодовой темп прироста j -го показателя; V_t, V_{t-n} — исторические значения j -го показателя в годы t и $t - n$.

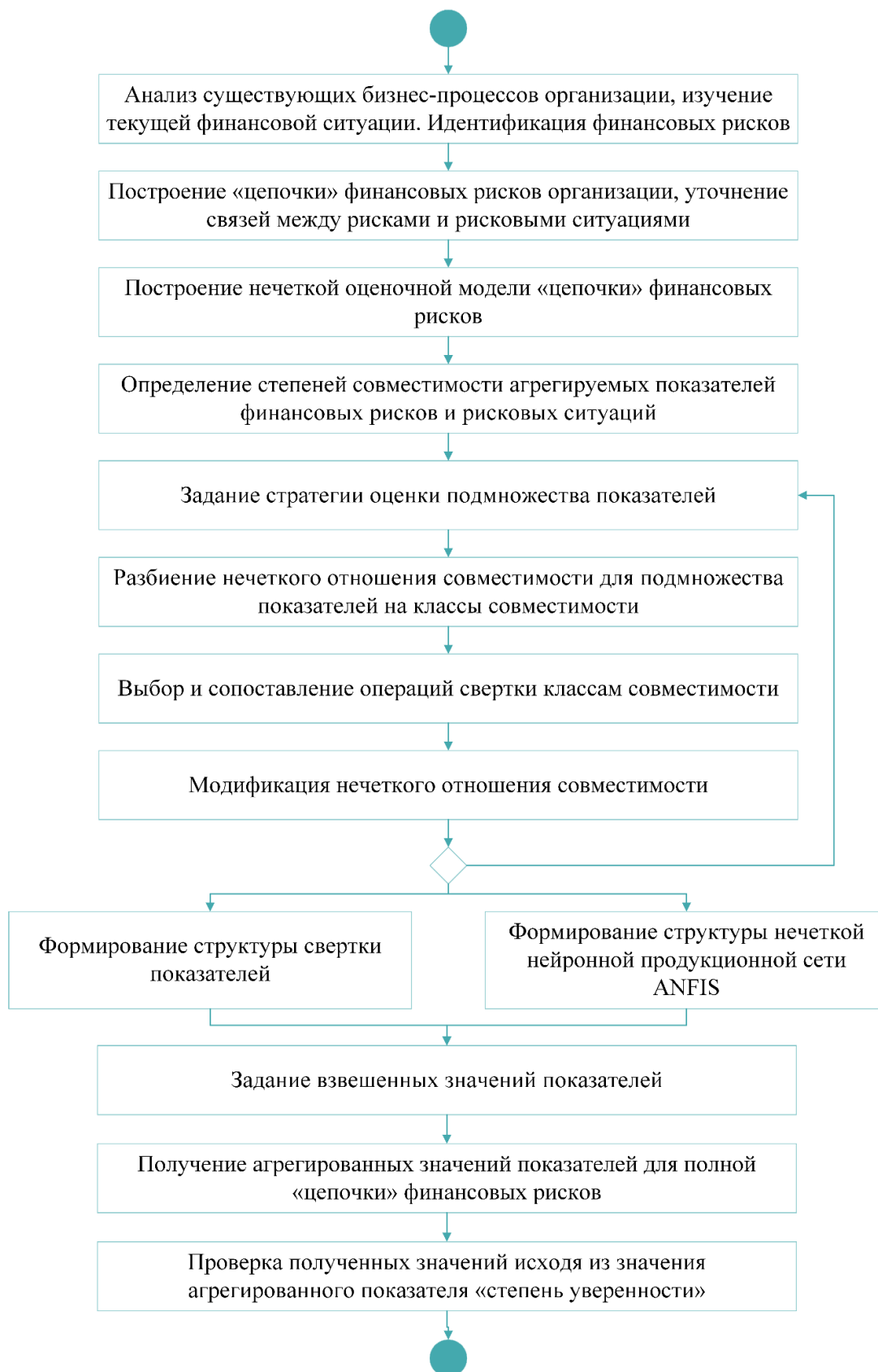


Рис. 5 / Fig. 5. UML-диаграмма обобщенного алгоритма нечеткого прямого оценивания «цепочки» финансовых рисков организации / UML diagram of the generalised algorithm for a direct fuzzy evaluation methodology for an organisation's financial risk "chain"

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

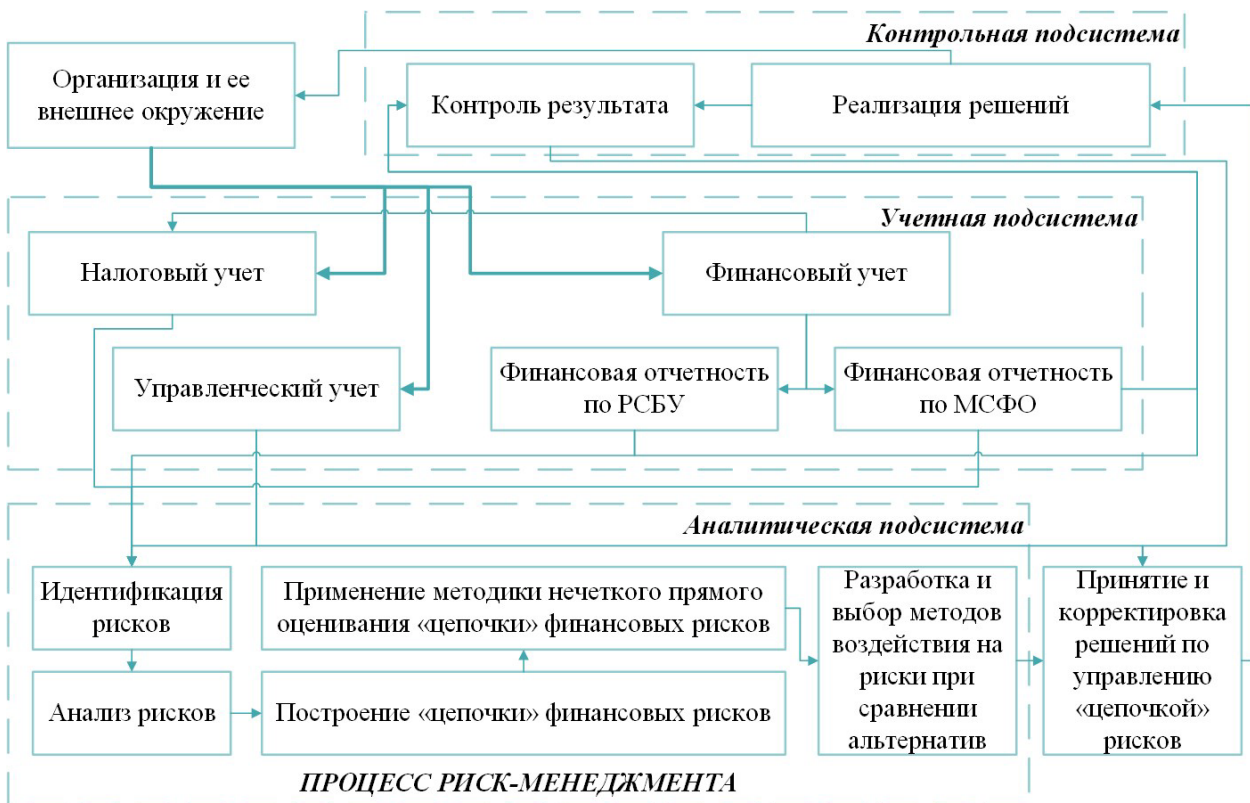


Рис. 6 / Fig. 6. Формирование информационных потоков в процессе оценивания «цепочки» финансовых рисков организации на основе предложенной методики прямого нечеткого оценивания / Formation of information flows in the process of evaluating an organisation’s financial risk “chain” based on the proposed methodology of direct fuzzy evaluation

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

Далее был рассчитан прогнозируемый прирост (forward growth, FG) каждого j -го показателя. Эти два показателя являлись отправными при экспертном определении степени вероятности возникновения конкретного риска (рисковой ситуации).

На основе данных о консенсус-прогнозе, среднего значения консенсус-прогноза, медианы и стандартного отклонения (standard deviation, SD) был рассчитан уровень доверия прогнозу с поправкой на стремление к нормальному распределению значений прогнозов по формуле (10). Первая часть формулы представляет собой точность прогноза с точки зрения коэффициента вариации, чем больше коэффициент вариации, тем меньше надежность прогноза, поэтому применяется значение $(1 - RSD)$, RSD — коэффициент вариации. Вторая часть формулы отражает поправку на стремление к нормальному закону распределения, из неравенства медианы и среднего значения консенсуса получим искомую поправку — корректную за счет равенства этих значений в случае нормального распределения.

$$CL = \left(1 - \left| \frac{\sigma_j}{\bar{x}_j} \right| \right) \left| \frac{me(x_j)}{\bar{x}_j} - 1 \right|, \quad (10)$$

где CL — уровень доверия консенсус-прогнозу; \bar{x}_j — консенсус-среднее j -го показателя; σ_j — стандартное отклонение прогнозных значений j -го показателя от \bar{x}_j ; $me(x_j)$ — консенсус-медиана j -го показателя.

Для определения уровня доверия к коэффициентам и показателю «Чистое изменение денежных средств» использовалась формула (11).

$$CL = 1 - \left(\sqrt[i]{\prod_{i=1}^N (1 + RSD_j)_i} - 1 \right), \quad (11)$$

где RSD_j — коэффициент вариации j -го показателя, включенного в модель расчета исследуемого показателя; i — число j -х показателей, включенных в модель расчета исследуемого показателя.

Рассчитанные показатели представлены в табл. 2.

Таблица 2 / Table 2

Консенсус-прогноз используемых экономических показателей Macy's / Consensus forecast of Macy's economic indicators

Показатели / Metrics	$CAGR_j, \%$	$FG_j, \%$	\bar{x}_j	$me(x_j)$	σ_j	$RSD_j, \%$	$CL, \%$
Торговая площадь	-3,4	-3,6	109 226,20 кв. фут	110 526,00 кв. фут	2755,63 кв. фут	2,5	96,30
Чистые продажи	-9,4	36,2	23 622,00 млн долл.	23 758,50 млн долл.	415,47 млн долл.	1,8	97,70
Налоговые расходы	-25,5	-139,6	334,85 млн долл.	344,21 млн долл.	27,33 млн долл.	8,2	89,04
EBITDA	-55,0	2203,5	2695,11 млн долл.	2688,00 млн долл.	56,70 млн долл.	2,1	97,60
Денежные средства и эквиваленты	6,7	22,5	2055,99 млн долл.	1796,89 млн долл.	1320,65 млн долл.	64,2	23,20
Нематериальные активы	-3,2	14,4	500,08 млн долл.	471,97 млн долл.	82,09 млн долл.	16,4	78,00
Кредиторская задолженность	-0,2	13,0	3308,32 млн долл.	3509,51 млн долл.	580,38 млн долл.	17,5	76,40
Денежный поток от операционной деятельности	-22,5	232,6	2158,87 млн долл.	1883,62 млн долл.	1162,27 млн долл.	53,8	33,40
CAPEX	-15,5	44,6	-673,67 млн долл.	-650,00 млн долл.	40,16 млн долл.	6,0	90,50
Дивиденды уплаченные	-28,9	-18,3	-95,58 млн долл.	-95,49 млн долл.	0,50 млн долл.	0,5	99,40
Чистое изменение денежных средств	52,7	-66,0	347,49 млн долл.	-	-	21,4	78,60
Коэффициент текущей ликвидности	-4,0	2,9	1,19	-	-	15,1	84,90
Коэффициент быстрой ликвидности	8,8	4,5	0,33	-	-	39,2	60,80
Коэффициент долг к собственному капиталу	13,4	-32,5	4,01	-	-	13,9	86,10

Источник / Source: Bloomberg, расчеты авторов / Bloomberg, authors' calculations.

Для расчета значения показателя риска финансовой зависимости воспользуемся формулой (12).

$$r = \frac{V_{Fwd}}{V_i} - 1, \quad (12)$$

где r — значение показателя риска финансовой зависимости; V_{Fwd} — прогнозное значение показателя D/E ; V_i — среднее значение показателя D/E за последние i периодов (лет).

В соответствии с методикой рассчитанные исходные данные представлены в табл. 3.

Выделенные в табл. 3 пространства предположений и заключений формируют «цепочку» фи-

нансовых рисков данной организации. На основе имеющихся данных возможно вычисление показателя вероятности возникновения полной «цепочки» рисков по формулам (5)–(8), для данной «цепочки» он имеет значение 0,042 (4,2%), а также агрегированного показателя степени уверенности — 0,749 (74,9%). Представляется возможным расчет добавленного эффекта совокупного риска как для отдельных уровней декомпозиции нечеткой оценочной модели «цепочки» финансовых рисков Macy's, так и для полной «цепочки» по формуле (13). Однако для реализации данных вычислений требуется проведение внутреннего аудита бизнес-процессов организации и профес-

Таблица 3 / Table 3

Идентифицированные финансовые риски Macy's / Identified financial risks of Macy's

Обозначение / Notation	Наименование риска / Risk	Описание пространства предпосылок / Description of the prerequisite space	Описание пространства заключений / Description of the conclusion space	Значение показателя риска / Risk value	Степень уверенности / Confidence degree
r_1	Риск свертывания торговых точек	–	r_2	0,036	0,963
r_2	Риск снижения деловой и потребительской активности	r_1	r_4, r_6, r_7, r_{13}	0,001	0,977
r_3	Налоговый риск	–	r_4, r_5, r_6, r_{13}	0,001	0,890
r_4	Риск отсутствия экономической прибыли	$r_1 - r_3, r_5 - r_{14}$	r_{15}	0,001	0,976
r_5	Риск недостатка денежных средств	r_3, r_6, r_7, r_{13}	$r_4, r_9, r_{11}, r_{13}, r_{14}$	0,001	0,232
r_6	Риск уменьшения притока денежных средств	r_2, r_3, r_{13}	r_4, r_5, r_{12}	0,481	0,786
r_7	Риск отвлечения денежных средств из операционной деятельности	r_2	r_4, r_5	0,083	0,598
r_8	Риск снижения инновационности бизнеса	–	r_4, r_{13}	0,001	0,780
r_9	Риск снижения финансовой устойчивости	r_5	r_4, r_{10}	0,007	0,861
r_{10}	Риск финансовой зависимости	r_9	r_4, r_{15}	0,234	0,861
r_{11}	Риск неплатежей	r_5	r_4	0,001	0,608
r_{12}	Риск снижения текущей ликвидности	r_6	r_4	0,012	0,849
r_{13}	Риск снижения отдачи от основной деятельности	$r_1, r_2, r_3, r_5, r_8, r_{14}$	r_4, r_5, r_6	0,001	0,334
r_{14}	Риск устаревания основных средств	r_5	r_4	0,001	0,905
r_{15}	Риск снижения инвестиционной привлекательности	r_4, r_{10}	–	0,183	0,994

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

сиональная оценка потерь от возможных рисков с учетом выбранной организацией стратегии риск-менеджмента.

$$M_{i,j} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N R_{i,j} (A_{i,j}^{\text{нач}} - A_{i,j}^{\text{конеч}}), \quad (13)$$

где $M_{i,j}$ — добавленный эффект совокупного риска, характеризующий затраты, связанные

с управлением j -го риска на i -м уровне декомпозиции нечеткой оценочной модели «цепочки» финансовых рисков ($M_{0,1}$ — добавленный эффект совокупного риска полной «цепочки» финансовых рисков); $R_{i,j}$ — агрегированный нечеткий показатель, характеризующий значимость данного риска в «цепочке» финансовых рисков, получаемой по формуле (5); $(A_{i,j}^{\text{нач}} - A_{i,j}^{\text{конеч}})$ — изменение структуры «цепочки» финансовых рисков при

рассмотрении альтернатив к каждому показателю риска или рискованной ситуации для поиска наилучших решений, обеспечивающих приемлемое значение агрегированного значения показателя для рассматриваемой «цепочки» финансовых рисков в целях реализации стратегии риск-менеджмента.

Соответственно, полученные значения с помощью предлагаемой методики нечеткого прямого оценивания «цепочки» финансовых рисков позволяют сделать следующий вывод. Масы's в текущей конъюнктуре грозит возникновение и реализация рискованной ситуации «цепочки» финансовых рисков, сопровождаемых кумулятивным эффектом, приводящим к серьезным потерям для Масы's, с вероятностью 4,2% и степенью уверенности 74,9%. Однако в целях проведения эффективного риск-менеджмента необходим постоянный мониторинг возникающих рисков с опорой на динамический подход.

В перспективе развития предлагаемой методики представляется создание прикладного программного продукта, реализующего основные этапы методики на базе языка программирования Python, и его интегрирование в информационную систему организации. Кроме того, целесообразной является разработка программного обеспечения для мониторинга возникающих рисков и составления экономически обоснованных пространств предпосылок и заключений на базе выявленных рисков.

ВЫВОДЫ

В современных условиях специалистам, занимающимся риск-менеджментом в организациях при построении моделей и прогнозов, математическом описании рискованной ситуации следует опираться, в том числе, на динамический подход, среди множества факторов которого значимое место отдается фактору времени. Более того, топ-менеджменту организаций зачастую бывает сложно дать анализируемым рискам объектив-

ную количественную оценку с целью последующего экономико-математического моделирования и прогнозирования. Данные обстоятельства влияют на качество принимаемых управленческих решений. Особое внимание заслуживает оценка финансовых рисков, включающих в себя изменения покупательной способности денег, инфляционные ожидания, инвестиционную турбулентность, изменчивость организационной структуры и реализуемой бизнес-модели.

Предложенная методика нечеткого прямого оценивания «цепочки» финансовых рисков направлена на решение вышеуказанных проблем и при должном уровне экспертных оценок возникающих рисков, постоянном мониторинге текущего финансового состояния, грамотном составлении пространств предпосылок и заключений, корректном выборе стратегии риск-менеджмента позволяет с высокой точностью оценить угрозу возникновения определенной «цепочки» рисков и потери от реализации конкретных рискованной ситуации для любой организации в условиях динамичных изменений внутренних и внешних элементов бизнес-среды. Преимуществом описанной методики является сопоставимость высокой точности проводимой оценки с небольшими трудовыми и временными затратами на реализацию моделирования при системности и комплексности анализа. Использование методики позволит организациям более эффективно и адаптивно планировать процесс управления рисками, что значительно повысит устойчивость организации в турбулентной среде и сохранит направленность на создание экономической добавленной стоимости. Описанная методика является инструментом поддержки принятия управленческих решений, позволяющим всесторонне исследовать финансово-экономические аспекты функционирования организации, осуществлять разработку корпоративной стратегии с учетом диагностики и оптимизации рисков и рискованной ситуации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Глушенко С.А., Долженко А.И. Система нечеткого моделирования рисков инвестиционно-строительных проектов. *Бизнес-информатика*. 2015;(2):48–58.
2. Федулов Я.А. Методы и программные средства поддержки выбора решений на основе прямого и обратного нечеткого оценивания: дис. ... канд. техн. наук. Смоленск: Филиал НИУ МЭИ; 2015. 157 с.
3. Pena A., Patino A., Chiclana F., Caraffini F., Gongora M., Gonzalez-Ruiz J.D., Duque-Grisales E. Fuzzy convolutional deep-learning model to estimate the operational risk capital using multi-source risk events. *Applied Soft Computing*. 2021;107:107381. DOI: 10.1016/j.asoc.2021.107381
4. Hasan N.I., Elghareeb H., Farahat F.F., AboElfotouh A. A proposed fuzzy model for reducing the risk of insolvent loans in the credit sector as applied in Egypt. *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*. 2021;21(1):66–75. DOI: 10.5391/IJFIS.2021.21.1.66

5. Фомченкова Л. В. Динамическая концепция стратегического анализа организационно-экономического развития промышленного предприятия. Дис. ... докт. экон. наук. Орел: ОГУ; 2014. 347 с.
6. Zhang J., Liu T., Li Q., Zhang T. Research on computer aided risk evaluation model through fuzzy hierarchical analysis. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;2033:012020. DOI: 10.1088/1742-6596/2033/1/012020
7. Nie T., Feng F., Guo Y. Financial risk evaluation of automobile supply chain based on improved VIKOR method. In: 8th Int. conf. on automation and logistics (ICAL 2021). (Chongqing, June 3–5, 2021). New York: ACM; 2021:44–48. (ACM International Conference Proceeding Series). DOI: 10.1145/3477543.3477547
8. Ma X., Chen J., Sun Y., Zhu Z. Assistant reference point guided evolutionary algorithm for many-objective fuzzy portfolio selection. *Swarm and Evolutionary Computation*. 2021;62:100862. DOI: 10.1016/j.swevo.2021.100862
9. Zhu M., Meng Z. Fuzzy comprehensive evaluation model of M&A synergy based on transfer learning graph neural network. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2021;2021:6516722. DOI: 10.1155/2021/6516722
10. Huang Y. Construction and analysis of green investment risk evaluation index system based on information entropy fuzzy hierarchical analysis model. *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2021;2021:4850321. DOI: 10.1155/2021/4850321
11. Chen Y., Yao D., Duan Y. Complexity of the analysis of financial cloud based on fuzzy theory in the wisdom of sustainable urban development. *Complexity*. 2021;2021:3444437. DOI: 10.1155/2021/3444437
12. Qu Q., Liu C., Bao X. E-commerce enterprise supply chain financing risk assessment based on linked data mining and edge computing. *Mobile Information Systems*. 2021;2021:9938325. DOI: 10.1155/2021/9938325
13. Li L., Li H. Analysis of financing risk and innovation motivation mechanism of financial service industry based on Internet of things. *Complexity*. 2021;2021:5523290. DOI: 10.1155/2021/5523290
14. Ding Q. Risk early warning management and intelligent real-time system of financial enterprises based on fuzzy theory. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*. 2021;40(4):6017–6027. DOI: 10.3233/JIFS-189441
15. Xuan F. Regression analysis of supply chain financial risk based on machine learning and fuzzy decision model. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*. 2021;40(4):6925–6935. DOI: 10.3233/JIFS-189523
16. Zong Q. Research on fuzzy evaluation model of enterprise financial risk based on low-carbon economic environment. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2020;29(11):9872–9879.
17. Li W. Financial crisis warning of financial robot based on artificial intelligence. *Revue d'Intelligence Artificielle*. 2020;34(5):553–561. DOI: 10.18280/ria.340504
18. Yoshida Y. Portfolio optimization in fuzzy asset management with coherent risk measures derived from risk averse utility. *Neural Computing and Applications*. 2020;32(15):10847–10857. DOI: 10.1007/s00521-018-3683-y
19. Peng X., Huang H. Fuzzy decision making method based on CoCoSo with critic for financial risk evaluation. *Technological and Economic Development of Economy*. 2020;26(4):695–724. DOI: 10.3846/tede.2020.11920
20. Zhang J. Investment risk model based on intelligent fuzzy neural network and Va R. *Journal of Computational and Applied Mathematics*. 2020;371:112707. DOI: 10.1016/j.cam.2019.112707
21. Song P., Li L., Huang D., Wei Q., Chen X. Loan risk assessment based on Pythagorean fuzzy analytic hierarchy process. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020;1437:012101. DOI: 10.1088/1742-6596/1437/1/012101
22. Liu S., Ma D. Risk evaluation of intellectual property pledge financing based on fuzzy analytical network process. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*. 2020;38(6):6785–6793. DOI: 10.3233/JIFS-179756

REFERENCES

1. Glushenko S. A., Doljenko A. I. Fuzzy modelling of risks in investment and construction projects. *Biznes-informatika = Business Informatics*. 2015;(2):48–58. (In Russ.).
2. Fedulov Y. A. Decision support methods and software tools based on direct and inverse fuzzy evaluation. Cand. tech. sci. diss. Smolensk: MPEI, Smolensk Branch; 2015. 157 p. (In Russ.).
3. Pena A., Patino A., Chiclana F., Caraffini F., Gongora M., Gonzalez-Ruiz J. D., Duque-Grisales E. Fuzzy convolutional deep-learning model to estimate the operational risk capital using multi-source risk events. *Applied Soft Computing*. 2021;107:107381. DOI: 10.1016/j.asoc.2021.107381
4. Hasan N. I., Elghareeb H., Farahat F. F., AboElfotouh A. A proposed fuzzy model for reducing the risk of insolvent loans in the credit sector as applied in Egypt. *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*. 2021;21(1):66–75. DOI: 10.5391/IJFIS.2021.21.1.66

5. Fomchenkova L. V. The dynamic concept of strategic analysis of the organisational and economic development of an industrial enterprise. Doct. econ. sci. diss. Orel: Orel State University; 2014. 347 p. (In Russ.).
6. Zhang J., Liu T., Li Q., Zhang T. Research on computer aided risk evaluation model through fuzzy hierarchical analysis. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;2033:012020. DOI: 10.1088/1742-6596/2033/1/012020
7. Nie T., Feng F., Guo Y. Financial risk evaluation of automobile supply chain based on improved VIKOR method. In: 8th Int. conf. on automation and logistics (ICAL 2021). (Chongqing, June 3–5, 2021). New York: ACM; 2021:44–48. (ACM International Conference Proceeding Series). DOI: 10.1145/3477543.3477547
8. Ma X., Chen J., Sun Y., Zhu Z. Assistant reference point guided evolutionary algorithm for many-objective fuzzy portfolio selection. *Swarm and Evolutionary Computation*. 2021;62:100862. DOI: 10.1016/j.swevo.2021.100862
9. Zhu M., Meng Z. Fuzzy comprehensive evaluation model of M&A synergy based on transfer learning graph neural network. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2021;2021:6516722. DOI: 10.1155/2021/6516722
10. Huang Y. Construction and analysis of green investment risk evaluation index system based on information entropy fuzzy hierarchical analysis model. *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2021;2021:4850321. DOI: 10.1155/2021/4850321
11. Chen Y., Yao D., Duan Y. Complexity of the analysis of financial cloud based on fuzzy theory in the wisdom of sustainable urban development. *Complexity*. 2021;2021:3444437. DOI: 10.1155/2021/3444437
12. Qu Q., Liu C., Bao X. E-commerce enterprise supply chain financing risk assessment based on linked data mining and edge computing. *Mobile Information Systems*. 2021;2021:9938325. DOI: 10.1155/2021/9938325
13. Li L., Li H. Analysis of financing risk and innovation motivation mechanism of financial service industry based on Internet of things. *Complexity*. 2021;2021:5523290. DOI: 10.1155/2021/5523290
14. Ding Q. Risk early warning management and intelligent real-time system of financial enterprises based on fuzzy theory. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*. 2021;40(4):6017–6027. DOI: 10.3233/JIFS-189441
15. Xuan F. Regression analysis of supply chain financial risk based on machine learning and fuzzy decision model. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*. 2021;40(4):6925–6935. DOI: 10.3233/JIFS-189523
16. Zong Q. Research on fuzzy evaluation model of enterprise financial risk based on low-carbon economic environment. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2020;29(11):9872–9879.
17. Li W. Financial crisis warning of financial robot based on artificial intelligence. *Revue d'Intelligence Artificielle*. 2020;34(5):553–561. DOI: 10.18280/ria.340504
18. Yoshida Y. Portfolio optimization in fuzzy asset management with coherent risk measures derived from risk averse utility. *Neural Computing and Applications*. 2020;32(15):10847–10857. DOI: 10.1007/s00521-018-3683-y
19. Peng X., Huang H. Fuzzy decision making method based on CoCoSo with critic for financial risk evaluation. *Technological and Economic Development of Economy*. 2020;26(4):695–724. DOI: 10.3846/tede.2020.11920
20. Zhang J. Investment risk model based on intelligent fuzzy neural network and Va R. *Journal of Computational and Applied Mathematics*. 2020;371:112707. DOI: 10.1016/j.cam.2019.112707
21. Song P., Li L., Huang D., Wei Q., Chen X. Loan risk assessment based on Pythagorean fuzzy analytic hierarchy process. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020;1437:012101. DOI: 10.1088/1742-6596/1437/1/012101
22. Liu S., Ma D. Risk evaluation of intellectual property pledge financing based on fuzzy analytical network process. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*. 2020;38(6):6785–6793. DOI: 10.3233/JIFS-179756

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS



Лариса Владимировна Фомченкова — доктор экономических наук, профессор кафедры информационных технологий в экономике и управлении, филиал НИУ «МЭИ» в Смоленске, Смоленск, Россия

Larisa V. Fomchenkova — Dr. Sci. (Econ.), Prof., Department of Information Technology in Economics and Management, Branch of the National Research University Moscow Power Engineering Institute in Smolensk, Smolensk, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-2226-0204>

l.fomchenkova@gmail.com



Павел Сергеевич Харламов — студент, филиал НИУ «МЭИ» в Смоленске, Смоленск, Россия

Pavel S. Kharlamov — student, Branch of the National Research University Moscow Power Engineering Institute in Smolensk, Smolensk, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-2413-9827>

Автор для корреспонденции / Corresponding author

pavel_kharlamov.mp67@mail.ru



Кирилл Сергеевич Мелихов — студент, Финансовый университет, Москва, Россия

Kirill S. Melikhov — student, Financial University, Moscow, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-5964-8029>

ks.melichov@gmail.com

Заявленный вклад авторов:

Л.В. Фомченкова — постановка проблемы, разработка теоретической основы и концепции статьи.

П.С. Харламов — разработка методики нечеткого прямого оценивания «цепочки» финансовых рисков организации, графическое представление результатов.

К.С. Мелихов — составление «цепочки» финансовых рисков организации, табличное представление и описание результатов, формирование выводов исследования и аннотации статьи.

Authors' declared contribution:

L. V. Fomchenkova — problem statement, development of the theoretical and conceptual framework of the paper.

P. S. Kharlamov — development of the methodology of the direct fuzzy evaluation of financial risk “chain” of an organisation, graphical presentation of the results.

K. S. Melikhov — drafting the financial risk “chain” of an organisation, tabular presentation and description of the results, formation of conclusions of the research and abstract of the paper.

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 22.01.2022; после рецензирования 05.02.2022; принята к публикации 17.05.2022.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was submitted on 22.01.2022; revised on 05.02.2022 and accepted for publication on 17.05.2022.

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