

Логико-лингвистический метод оценки риска специализированного кредитования (на примере проектного финансирования)

© 2022 А.Р. Красавцева, А.Е. Городецкий

А.Р. Красавцева,

АО «АБ «РОССИЯ», Санкт-Петербург; e-mail: krasavtseva.a@gmail.com

А.Е. Городецкий,

Институт проблем машиноведения РАН (ИПМАШ РАН), Санкт-Петербург; e-mail: g27764@yandex.ru

Поступила в редакцию 22.05.2022

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121112500304-4).

Аннотация. Оценка рисков кредитования связана с неопределенностью влияния множества факторов, которые не поддаются точным математическим описаниям. Это порождает ситуации, снижающие вероятность успешности, в том числе специализированного кредитования. Среди методов оценки риска, пригодных для оценки риска кредитования, можно выделить сценарный подход, использующий методы теории нечетких множеств для вычисления значений функций принадлежности. Однако проблема ранжирования сценариев реализации проекта, по которому запрашивается кредит, недостаточно изучена. Несмотря на существующие технические сложности учета факторов риска, ранжирование рисков реализации проектов может осуществляться путем сопоставления с эталонными из базы данных на основе логико-лингвистического метода классификации. Разработаны новые методы оценки рисков кредитования на основе логико-лингвистической классификации проектов специализированного кредитования и алгоритмов вычисления оценки риска кредитования анализируемого проекта с нахождением его рейтинга. Определение проекта строится на основе понятий «проектное финансирование» класса специализированного кредитования. Для этого были использованы методы: назначение весовых коэффициентов для всех подклассов кредитных требований и степеней рисков для всех значений типов критериев; введение таблицы величин оценки риска или уровня кредитоспособности проекта; формирование базы данных эталонных строк атрибутов для всех классов проектов и строк атрибутов проекта; отнесение проекта к одному из эталонных с помощью логико-лингвистической классификации; присвоение проекту значений степеней рисков для всех значений типов критериев (атрибутов) выбранного эталонного проекта; вычисление оценки риска кредитования проекта и определение рейтинга проекта для принятия решения. В результате на базе предложенного метода оценки риска был разработан алгоритм вычисления оценки риска кредитования проекта с определением его рейтинга, позволяющий повысить достоверность и скорость оценки проектов, подлежащих кредитованию. Результаты исследований могут быть использованы при разработке компьютерной программы, позволяющей ускорить анализ риска кредитования проектов.

Ключевые слова: специализированное кредитование, оценка риска, проектное финансирование, уровень кредитоспособности, весовые коэффициенты, коэффициенты значимости, эталоны, логико-лингвистическая классификация, рейтинг, принятие решения.

Классификация JEL: C02, C38.

Для цитирования: **Красавцева А.Р., Городецкий А.Е.** (2022). Логико-лингвистический метод оценки риска специализированного кредитования (на примере проектного финансирования) // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 4. С. 83–91. DOI: 10.31857/S042473880020295-3

ВВЕДЕНИЕ

Оценка рисков кредитования имеет прогнозный характер, связанный с неопределенностью влияния множества факторов, которые не поддаются точным математическим описаниям. Поэтому возникают ситуации, снижающие вероятность успешности (в том числе при специализированном кредитовании).

Определения рисков даны в отечественных¹ и зарубежных стандартах². Определение, данное в (Анфилатов, Емельянов, Кукушкин, 2009, с. 284), наиболее полно отражает суть рисков ситуаций и используется для моделирования рисков (Бояркин, Шевелева, Ткаченко, 2017). Инвестиционные риски можно описать как вероятность частичной или полной потери прогнозируемой проектной прибыли (Цамутали, 2013). На практике обычно риски связывают с неопределенностью (Попова, 2006). Однако Ф. Найт (Найт, 2003) предложил различать понятия «риск» и «неопределенность». При оценке рисков рассматривают действия, которые могут вызвать развитие нескольких сценариев событий с известным распределением их вероятностей. В случае, когда распределение неизвестно, ситуации расцениваются как неопределенности (Штеле, Гусева, Руди, 2016). Они могут описываться функциями принадлежности в формулировке Л. Заде (Заде, 1976; Zadeh, 1965).

При оценке рисков большинство авторов выделяют качественный и количественный подходы (Москвин, 2016, с. 320; Решетняк, 2017; Попова, 2006).

Для качественного подхода характерно решение следующих задач: анализ предметной области, определение рисков этапов работ и возникающих видов рисков; выявление причин риска и прогнозирование возможных последствий (Ткаченко, Шевелева, 2019). Для проведения качественного анализа обычно используется экспертный метод. Эксперты оценивают каждый вид риска, собирают все экспертные оценки, обрабатывают с использованием методов системного анализа и определяют интегральный уровень рисков (Борисова, Малых, Овешникова, 2018). Результаты качественного анализа служат основой для дальнейшего количественного анализа инвестиционного проекта. При реализации не крупных инвестиционных проектов можно ограничиться применением методов анализа чувствительности и сценарного анализа (Гареев, 2016, с. 30).

Анализ чувствительности применяется для определения наиболее весомых рисков проекта (Степаненко, Харитонов, 2017). При этом, как правило, не учитываются вероятностные изменения первоначальных данных.

Сценарный анализ дает возможность вместе с базовым набором данных рассматривать ряд других наборов данных, существенных для инвестиционного проекта с использованием при моделировании метода Монте-Карло. Этот метод эффективнее остальных, так как позволяет учесть влияние случайных величин и процессов на результат (Ефремова, Прядкина, 2014). Метод Монте-Карло соединяет метод анализа чувствительности с вероятностными распределениями факторов модели. Модель строится для сотен вариантов возможных комбинаций параметров. Чем больше вариантов комбинаций, тем качественней построенная имитационная модель. При этом используется вся доступная проектная информация (Сазонов, Сазонова, 2016).

Таким образом, при качественном подходе можно определить возможные виды рисков неисполнения обязательств по возврату кредита, а также области возникновения и источники возможных рисков (Кулик и др., 2012). Подход может служить основой для получения количественных оценок рисков.

При количественном подходе находят численное значение отдельных рисков на протяжении срока жизни кредита (Ведмедь, 2017; Королькова, 2013, с. 159). При этом могут использоваться методы теории вероятности, статистики, исследования операций. Эти методы при углубленном анализе рисков обычно дополняют друг друга.

Среди качественных методов оценки риска можно отметить следующие:

— *анализ возможных случаев неисполнения обязательств; метод аналогий и метод экспертных оценок* — субъективная природа таких оценок компенсируется хорошо разработанной организацией всех этапов экспертизы и применением количественных методов как при организации экспертизы, так и при оценке суждений экспертов на основе обработки результатов их мнений;

— для оценки сильных и слабых сторон проектной компании относительно конкурентов, возможностей и угроз в ее внешней среде может быть использован *SWOT-анализ* — он позволяет оценить риск кредитования исходя из стратегического положения компании, показывающего насколько стратегия организации соответствует ее внутренним ресурсам и рыночным возможностям;

¹ ГОСТ Р ИСО 31000–2010 «Менеджмент риска. Принципы и руководство», с. 27; ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010–2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска», с. 74.

² «A Guide to the project management body of knowledge» (Pennsylvania, Project Management Institute, 2000); «Enterprise risk management. Applying enterprise risk management to environmental, social and governance-related risks» (October 2018; <https://www.coso.org/Documents/2017-COSO-ERM-Integrating-with-Strategy-and-PerformanceExecutive-Summary.pdf>).

– важным этапом применения качественных методов является разработка мероприятий, направленных на ограничения рисков проекта: например, привлечение независимого строительного консультанта (подтверждение бюджета в проектах с существенной строительной составляющей), оформление поручительства бенефициаров проекта до его выхода на эксплуатационную фазу, когда проектный риск существенно сокращается и т.д.

Среди количественных методов выделяются следующие: *статистический; анализ чувствительности; проверки устойчивости; оценки сценариев и имитационное моделирование.*

Для получения приемлемого результата экспертных оценок приходится применять сложную процедуру их организации (Миркин, 1974, с. 256), начиная с выбора числа и квалификации экспертов. Результаты многоэтапной процедуры обрабатываются методами статистики и качественного анализа. Для более полного анализа рисков применяются варианты на основе регрессионного и корреляционного анализа, а для детализации и анализа сложных проектов возможно применение логико-вероятностных подходов (Соложенцев, 2009, с. 242). Для проведения сценарного анализа дополнительно используется *метод дерева решений* (сетевые графики, каждая ветвь которых представляет собой вероятностные варианты развития или состояния проекта (Волков, Грачева, 1998).

При прогнозировании рисков с учетом ограниченности статистических данных целесообразно создавать базу эталонных проектов, содержащих качественные атрибуты и их экспертные количественные оценки в виде величин функций принадлежности указанных атрибутов и коэффициентов их значимости, как это предлагается при логико-лингвистической классификации (Gorodetskiy, Tarasova, Kurbanov, 2021). Но так как каждый проект уникален, то анализируемый проект можно сопоставлять с эталонами отдельных составляющих, в виде эталонных строк, например $A_{ijk} = /0100/$ (см. разд. 2). Тогда при сценарном подходе, опирающиеся на методы теории нечетких множеств для вычисления значений функций принадлежности, возможно ранжирование совокупности сценариев реализации проекта при сопоставлении их с эталонными из базы данных (Gorodetskiy, Tarasova, Kurbanov, 2021). При этом для оценки эффективности и устойчивости сценариев можно применять имитационное компьютерное моделирование, генерирующее сотни возможных комбинаций атрибутов проектов и значений их функций принадлежности с учетом их вероятностного распределения (Городецкий, Тарасова, 2010, с. 335), и метод, изложенный в патенте РФ RU2756778C1 «Способ классификации изображений»³.

После моделирования получают вероятностное распределение результатов кредитования, что позволяет дать интегральную оценку эффективности финансирования (Gorodetskiy, Tarasova, Kurbanov, 2022).

Поэтому несмотря на существующие технические сложности учета факторов риска, ранжирование рисков реализации проектов может осуществляться сопоставлением с эталонными проектами из базы данных на основе логико-лингвистического метода классификации. Этим объясняется актуальность цели исследования, а именно — разработка новых методов оценки рисков кредитования на основе логико-лингвистической классификации проектов специализированного кредитования и алгоритмов вычисления оценки риска кредитования анализируемого проекта с определением его рейтинга.

1. АЛГОРИТМ РАНЖИРОВАНИЯ ПРОЕКТОВ (ПРОЕКТНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ В РАМКАХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО КРЕДИТОВАНИЯ) ПО СТЕПЕНИ РИСКА

При сценарном подходе ранжирование рисков реализации проектов осуществляется путем сопоставления с эталонными проектами из базы данных на основе логико-лингвистического метода классификации. Причем, если по какому-то критерию риск реализации проекта выше 95%, такой проект дальше не рассматривается. Принятый к рассмотрению проект ранжируется по следующему алгоритму.

1. Определяется тип проекта в соответствии с понятием «проектное финансирование» как подкласс специализированного кредитования согласно Положению Центрального банка Российской Федерации от 6 августа 2015 г. № 483-П «О порядке расчета величины кредитного риска на основе

³ Российский патент 2021 г. по МПК G06K9/62 (<https://patenton.ru/patent/RU2756778C1>).

Таблица. Величина оценки риска

Ранг	Оценка риска O_R	Характеристика
1	От 0 до $(1/4) \max\{O_R\}$	Отличный проект
2	От $(1/4) \max\{O_R\}$ до $(1/2) \max\{O_R\}$	Хороший проект, но имеются незначительные замечания
3	От $(1/2) \max\{O_R\}$ до $(3/4) \max\{O_R\}$	Удовлетворительный проект и требуются дополнительные данные
4	От $(3/4) \max\{O_R\}$ до $\max\{O_R\}$	Неудовлетворительный проект

внутренних рейтингов» (далее — Положение)⁴. Для этого проект анализируется на соответствие критериям Положения (Приложение 2, разд. 1).

2. Для анализируемого подкласса проектов, определенного в пункте 1, экспертами назначаются весовые коэффициенты k_j классов критериев j ($j = 1, \dots, 5$) кредитных требований (атрибутов проектов), указанных в Положении (например, для «Финансовое положение» $k_1 = 5$).

3. Экспертами назначаются коэффициенты значимости k_{ji} для всех типов ji критериев кредитных требований из Положения. При этом для «Финансовое положение» ($j = 1$) $i = 1, \dots, 5$; для «Политическая и правовая среда» ($j = 2$) $i = 1, \dots, 6$; для «Характеристики операций» ($j = 3$) $i = 1, \dots, 11$; для «Качество спонсора» ($j = 4$) $i = 1, 2$; для «Обеспечение» ($j = 5$) $i = 1, \dots, 5$. Например, для «Рыночные условия» устанавливается коэффициент значимости $k_{11} = 5$.

4. Для каждого i и j экспертами устанавливаются степени риска (R_{jiq}) для каждого q в виде числа от 1 до 5. Например, для кредитного требования с характеристикой «Мало конкурирующих поставщиков или значительное и долгосрочное преимущество в месторасположении, себестоимости или технологиях. Спрос сильный и растущий» эталонное значение степени риска устанавливается $R_{111} = 1$.

5. Полученные значения вносятся в таблицу, содержащую все оценки риска (т.н. уровень кредитоспособности проекта).

6. Формируется база данных эталонных строк $A_{jiq} \forall jiq$ атрибутов проекта подкласса A «Проектное финансирование» из Положения, которым соответствуют степени риска R_{jiq} .

7. Заполняются строки атрибутов анализируемого проекта.

8. Используя классификацию изображений по аналогии с патентом RU2756778C1, проекту присваивается один из эталонных типов.

9. Проекту назначаются степени рисков для всех типов критериев (атрибутов) выбранного эталонного проекта.

10. Вычисляются оценки риска кредитования анализируемого проекта.

11. Определяется рейтинг проекта и принимается решение.

Более подробно пункты 6–11 рассмотрим на примере проекта, относящегося к подклассу специализированного кредитования «Проектное финансирование».

2. ФОРМИРОВАНИЕ ЭТАЛОННЫХ СТРОК АТТРИБУТОВ ПРОЕКТОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО КРЕДИТОВАНИЯ

Из критериев кредитных требований, приведенных в Положении, можно сформировать эталонные строки атрибутов для каждого подкласса с указанием степени риска по каждому атрибуту. В частности, для подкласса «Проектное финансирование» можно ввести эталонные строки для следующих классов критериев кредитных требований: A_{1iq} (финансовое положение) — весовой коэффициент $k_1 = 5$; A_{2iq} (политическая и правовая среда) — $k_2 = 4$; A_{3iq} (характеристики операций) — $k_3 = 1$; A_{4iq} (качество спонсора) — $k_4 = 3$; A_{5iq} (обеспечение) — $k_5 = 2$. При этом в каждом классе критериев кредитных требований выделяются подклассы.

В классе A_{1iq} (финансовое положение) формируются эталонные строки для подклассов: A_{11q} (рыночные условия) — коэффициент значимости $k_{11} = 5$; A_{12q} (финансовые показатели) — $k_{12} = 4$; A_{13q} (стресс-анализ) — $k_{13} = 3$; A_{14q} (финансовая структура) — $k_{14} = 2$; A_{15q} (график погашения) — $k_{15} = 1$.

⁴ Справка: применение метода возможно и для других подклассов специализированного кредитования (объектное финансирование, товарно-сырьевое финансирование, финансирование приносящей доход недвижимости, финансирование объектов недвижимости нежилого фонда с нестабильными ценовыми параметрами).

В классе A_{2iq} (политическая и правовая среда) формируются эталонные строки для подклассов: A_{21q} (возможность возникновения убытков или сокращения ожидаемого размера прибыли из-за изменений государственной политики, включающая риск введения ограничений на перевод капитала, с учетом типа проекта и снижающих риск факторов) — $k_{21} = 6$; A_{22q} (риск возникновения форс-мажорных обстоятельств (война, беспорядки и так далее)) — $k_{22} = 5$; A_{23q} (государственная поддержка и стратегическая значимость проекта) — $k_{23} = 4$; A_{24q} (стабильность правовой и регулятивной среды (риск изменения законодательства)) — $k_{24} = 3$; A_{25q} (получение необходимых решений в соответствии с местным законодательством) — $k_{25} = 2$.

В классе A_{3iq} (характеристики операций) формируются эталонные строки для подклассов: A_{31q} (риск возникновения убытков вследствие инженерных ошибок при разработке проекта или ошибок в технологии) — $k_{31} = 6$; A_{32q} (риск строительства) — $k_{32} = 5,5$; A_{33q} (тип контракта на строительство) — $k_{33} = 5$; A_{34q} (гарантии завершения строительства) — $k_{34} = 4,5$; A_{35q} (опыт работы и финансовое положение подрядчиков на примере реализации аналогичных проектов) — $k_{35} = 4$; A_{36q} (риск возможных потерь вследствие неисполнения условий контрактов на операционное и техническое обслуживание) — $k_{36} = 3,5$; A_{37q} (опыт работы и финансовое положение оператора) — $k_{37} = 3$; A_{38q} (риск реализации продукции и наличие обязательства покупателя принять товар или уплатить неустойку либо контракта с фиксированной ценой) — $k_{38} = 2,5$; A_{39q} (отсутствие обязательства покупателя принять товар или уплатить неустойку либо контракта с фиксированной ценой) — $k_{39} = 2$; A_{310q} (риск поставок, невыполнение поставщиками своих обязательств вследствие реализации транспортных или ценовых рисков и финансовое положение и опыт поставщиков) — $k_{310} = 1,5$; A_{311q} (риски возникновения убытков вследствие недостаточного количества материальных запасов (например, риски недостаточного запаса природных ресурсов в месторождении при его разработке)) — $k_{311} = 1$.

В классе A_{4iq} (качество спонсора) формируются эталонные строки для подклассов: A_{41q} (опыт работы спонсора, финансовое положение, опыт в данной стране или отрасли) — $k_{41} = 2$; A_{42q} (спонсорская поддержка, подтвержденная участием в акционерном капитале, условиями собственности и стимулами к внесению в случае необходимости дополнительных денежных средств) — $k_{42} = 1$.

В классе A_{5iq} (обеспечение) формируются эталонные строки для подклассов: A_{51q} (уступка контрактов и счетов) с коэффициентом значимости $k_{51} = 5$; A_{52q} (залог активов с учетом их качества, стоимости и ликвидности) — $k_{52} = 4$; A_{53q} (контроль кредитора за денежными потоками (например, получение денежных средств, независимые счета «эскроу»)) — $k_{53} = 3$; A_{54q} (ковенанты по договору (обязательные предварительные платежи, отсрочки платежей, последовательность платежей, ограничения на дивиденды)) — $k_{54} = 2$; A_{55q} (наличие средств, зарезервированных на установленные нужды (например, на обслуживание долга, продление и замещение, непредвиденные события и т.д.)) — $k_{55} = 1$.

В каждом подклассе: A_{11q}, \dots, A_{55q} формируются по 5 эталонных строк $A_{j iq}$ ($q = 1, \dots, 5$), содержащих 4 элемента вида: /1000/; /0100/; /0010/; /0001/; /0000/. Расположение «1» в эталонной строке $A_{j iq}$ характеризует степень риска $R_{j iq}$. Если «1» расположена на первом месте, степень риска равна 1, на четвертом — 4; если строка состоит только из «0» — степень риска равна 5 и это означает, что по данному подклассу нет сведений.

Приводим пример формирования эталонных строк в подклассе A_{11q} ($k_{11} = 5$) с использованием рекомендаций Положения.

$A_{111} = /1000/$ — мало конкурирующих поставщиков или значительное и долгосрочное преимущество в месторасположении, себестоимости или технологиях; спрос сильный и растущий — степень риска $R_{111} = 1$.

$A_{112} = /0100/$ — мало конкурирующих поставщиков и (или) месторасположение, себестоимость или технологии лучше средних, но эта ситуация не может длиться долго; спрос сильный и стабильный — $R_{112} = 2$.

$A_{113} = /0010/$ — проект не имеет преимуществ в плане месторасположения, себестоимости или технологий; спрос адекватный и стабильный — $R_{113} = 3$.

$A_{114} = /0001/$ — месторасположение, себестоимость или технологии хуже среднего уровня; спрос слабый и сокращающийся — $R_{114} = 4$.

$A_{115} = /0000/$ — нет сведений — $R_{115} = 5$.

Назначение весовых коэффициентов, коэффициентов значимости и степеней рисков зависит от мнения экспертов и может корректироваться по результатам применения предлагаемого метода к различным проектам.

2.1. Формирование строк атрибутов анализируемого проекта

Не всегда можно отнести значение атрибута к тому или иному из введенных четырех видов. Например, для атрибута A_{22q} (риск возникновения форс-мажорных обстоятельств) мы не можем точно сказать, что он $A_{221} = /1000/$ (высокая защита) или $A_{222} = /0100/$ (приемлемая защита). Поэтому для проекта c вид этого атрибута задается значениями вероятности либо функций принадлежности, например $A_{22c} = /0,7\ 0,3\ 0\ 0/$. Задание значений вероятностей сопряжено с необходимостью статистической обработки данных, которых может быть недостаточно либо они отсутствуют. Поэтому лучше использовать значения функций принадлежности, задаваемые экспертами или получаемые на основе фазсификации имеющихся ограниченных данных (Городецкий, Тарасова, 2010; Жегалкин, 1928, с. 335).

Таким образом, после формирования строк атрибутов проекта будет база строк вида $A_{jic} = /\mu_1\ \mu_2\ \mu_3\ \mu_4/$. Причем только два значения μ_i могут быть не равны 0.

Например, для проекта из подкласса A_1 сформированы строки:

$$\begin{aligned} A_{11c} &= /0,7\ 0,3\ 0\ 0/; A_{12c} = /0,3\ 0,7\ 0\ 0/; A_{13c} = /0\ 0,3\ 0,7\ 0/; A_{14c} = /0\ 0,7\ 0,3\ 0/; \\ A_{15c} &= /0,6\ 0,4\ 0\ 0/; A_{21c} = /0\ 0,6\ 0,4\ 0/; A_{22c} = /0,6\ 0,4\ 0\ 0/; A_{23c} = /0,7\ 0,3\ 0\ 0/; \\ A_{24c} &= /0,8\ 0,2\ 0\ 0/; A_{25c} = /0\ 0,7\ 0,3\ 0/; A_{26c} = /0\ 0,6\ 0,4\ 0/; A_{31c} = /0\ 0,7\ 0,3\ 0/; \\ A_{32c} &= /0,3\ 0,7\ 0\ 0/; A_{33c} = /0\ 0\ 0,7\ 0,3/; A_{34c} = /0\ 0\ 0,6\ 0,4/; A_{35c} = /0\ 0\ 0,4\ 0,6/; \\ A_{36c} &= /0,6\ 0,4\ 0\ 0/; A_{37c} = /0\ 0,3\ 0,7\ 0/; A_{38c} = /0\ 0,7\ 0,3\ 0/; A_{39c} = /0\ 0\ 0,7\ 0,3/; \\ A_{310c} &= /0\ 0,3\ 0,7\ 0/; A_{311c} = /0,6\ 0,4\ 0\ 0/; A_{41c} = /0\ 0,3\ 0,7\ 0/; A_{42c} = /0\ 0,4\ 0,6\ 0/; \\ A_{51c} &= /0\ 0,3\ 0,7\ 0/; A_{52c} = /0\ 0,6\ 0,4\ 0/; A_{53c} = /0\ 0\ 0,7\ 0,3/; A_{54c} = /0\ 0,3\ 0,7\ 0/; A_{55c} = /0,7\ 0,3\ 0\ 0/. \end{aligned}$$

2.2. Отнесение проекта к одному из эталонных с присвоением степени риска

1. Выбирается первая строка значений функций принадлежности атрибутов проекта.

2. Для этой строки вычисляются суммы квадратов разностей между значениями функций принадлежности атрибутов проекта и значениями элементов эталонных строк для всех значений типов критериев.

3. Определяется минимальная из вычисленных сумм и степень риска эталонной строки, соответствующая этой минимальной сумме.

4. Выбираются последовательно 2, 3, ... строки и повторяются операции п. 2 и 3, пока не будут выбраны все строки значений функций принадлежности атрибутов проекта и получены все значения степеней риска.

Например, для проекта c из подкласса A (проектное финансирование) получены значения степеней риска: $R_{11c} = 1; R_{12c} = 2; R_{13c} = 3; R_{14c} = 2; R_{15c} = 1; R_{21c} = 2; R_{22c} = 1; R_{23c} = 1; R_{24c} = 1; R_{25c} = 2; R_{26c} = 2; R_{31c} = 2; R_{32c} = 2; R_{33c} = 3; R_{34c} = 3; R_{35c} = 3; R_{36c} = 1; R_{37c} = 3; R_{38c} = 2; R_{39c} = 3; R_{310c} = 3; R_{311c} = 1; R_{41c} = 3; R_{42c} = 3; R_{51c} = 3; R_{52c} = 2; R_{53c} = 3; R_{54c} = 3; R_{55c} = 1.$

2.3. Вычисление оценки риска кредитования проекта и определение его рейтинга

В качестве оценки риска кредитования можно использовать средневзвешенное значение степени риска вида

$$O_j = k_j \left(\sum_{i=1}^I (k_{ji} R_{jiA}) \right) / \left(\sum_{i=1}^I (k_{ji} \max\{R_{jiq}\}) \right). \quad (1)$$

Тогда для оценки риска кредитования проекта «с» необходимо выполнить следующие операции.

1. Вычислить значение O_1 , используя 5 значений полученных ранее степеней риска $R_{11c} = 1; R_{12c} = 2; R_{13c} = 3; R_{14c} = 2; R_{15c} = 1$ и значение $\max\{R_{jiq}\} = 5$, при $I = 5$;

$$O_1 = 5 (1/5 + 2/5 + 3/5 + 2/5 + 1/5) = 9; \max O_1 = 25.$$

2. Для 6 значений степеней риска $R_{21c} = 2; R_{22c} = 1; R_{23c} = 1; R_{24c} = 1; R_{25c} = 2; R_{26c} = 2$ найти оценку O_2 вида (1) при $\max\{R_{jiq}\} = 5$ и $I = 6$:

$$O_2 = 4(2/5 + 1/5 + 1/5 + 1/5 + 2/5 + 2/5) = 7,2; \max O_2 = 24.$$

3. Для 11 значений степеней риска $R_{31c} = 2$; $R_{32c} = 2$; $R_{33c} = 3$; $R_{34c} = 3$; $R_{35c} = 3$; $R_{36c} = 1$; $R_{37c} = 3$; $R_{38c} = 2$; $R_{39c} = 3$; $R_{310c} = 3$; $R_{311c} = 1$ вычислить оценку O_3 вида (1) при $\max\{R_{ijq}\} = 5$ и $I = 11$:

$$O_3 = 1(2/5 + 2/5 + 3/5 + 3/5 + 3/5 + 1/5 + 3/5 + 2/5 + 3/5 + 3/5 + 1/5) = 5,2; \max O_3 = 11.$$

4. Для 2 значений степеней риска $R_{41c} = 3$; $R_{42c} = 3$ найти оценку O_4 вида (1) при $\max\{R_{ijq}\} = 5$ и $I = 2$:

$$O_4 = 3(3/5 + 3/5) = 3,6; \max O_4 = 6.$$

5. Для 5 значений степеней риска $R_{51c} = 3$; $R_{52c} = 2$; $R_{53c} = 3$; $R_{54c} = 3$; $R_{55c} = 1$ вычислить оценку O_5 вида (1) при $\max\{R_{ijq}\} = 5$ и $I = 5$:

$$O_5 = 2(3/5 + 2/5 + 3/5 + 3/5 + 1/5) = 4,8; \max O_5 = 10.$$

6. Оценку риска O_R получить из объединения оценок, рассчитанных в п. 1–5:

$$O_R = \sum_{j=1}^J O_j, \quad J=5. \quad (2)$$

Например, для анализируемого проекта:

$$O_R = 9 + 7,2 + 5,2 + 3,6 + 4,8 = 29,8; \max O_R = 25 + 24 + 11 + 6 + 10 = 76.$$

7. Далее в таблице оценки риска найти число, ближайшее к вычисленному значению O_R , и анализируемому проекту присваивается рейтинг, соответствующий этому числу, и принять решение о кредитовании.

Например, для анализируемого проекта «с»:

ранг = 1, оценка риска $O_R = 0, \dots, 19$ — отличный проект;

ранг = 2, $O_R = 19, \dots, 38$ — хороший проект;

ранг = 3, $O_R = 38, \dots, 57$ — удовлетворительный проект;

ранг = 4, $O_R = 57, \dots, 76$ — неудовлетворительный проект.

$O_R = 29,8$, значит, ранг = 2 (хороший проект) и кредитование проекта может быть одобрено после устранения замечаний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный логико-лингвистический метод оценки риска проектного финансирования как класса специализированного кредитования может быть реализован в виде компьютерной программы, позволяющей ускорить анализ риска кредитования рассматриваемых проектов.

Основная часть предложенного алгоритма реализована компьютерным способом в зарегистрированной программе для ЭВМ⁵. При этом для оценки эффективности и устойчивости алгоритма использовалось имитационное компьютерное моделирование, генерирующее сотни возможных комбинаций атрибутов и значений их функций принадлежности с учетом их вероятностного распределения (Gorodetskiy, Tarasova, 2022).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. (2019). Системный анализ в управлении. Под ред. А.А. Емельянова. М.: Финансы и статистика. [Anfilatov V.S., Emelyanov A.A., Kukushkin A.A. (2019). *System analysis in management*. A.A. Emelyanov (ed.). Moscow: Finansy i Statistika (in Russian).]
- Борисова О.В., Малых Н.И., Овешникова Л.В. (2018). Инвестиции. Т. 1. М.: Юрайт. [Borisova O.V., Malykh N.I., Oveshnikova L.V. (2018). *Investments*. Vol. 1. Moscow: Yurait (in Russian).]
- Бояркин Г.Н., Шевелева О.Г., Ткаченко А.Л. (2017). Выбор объекта инвестирования с помощью аналитических методов оценки риска // *Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии*. № 9–2 (56). С. 23–27. [Boyarkin G.N., Sheveleva O.G., Tkachenko A.L. (2017). Choosing an investment object using analytical methods for risk assessment. *Global World: Economics, Science, Technology*, 9–2 (56), 23–27 (in Russian).]
- Ведмедь И.Ю. (2017). Анализ количественных методов оценки рисков инвестиционных проектов. В сб.: «Вероятностные математические модели экономических процессов». XII конференция «Российские регионы в фокусе»

⁵ Городецкий А.Е., Тарасова И.Л. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617568 «Логико-вероятностная классификация образов LP1». 2022 г.

- перемен» 16–18 ноября 2017 г. Екатеринбург. С. 52–61. [Vedmed I. Yu. (2017). Analysis methods of quantitative risk assessment of investment projects. In: “*Probabilistic mathematical models of economic processes*”. XII conference “Russian regions in the focus of change”. November 16–18 2017, Yekaterinburg, 52–61 (in Russian).]
- Волков И.М., Грачева М.В.** (1998). Проектный анализ. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ. [Volkov I.M., Gracheva M.V. (1998). *Project analysis*. Moscow: Banki i Birzhi, UNITI (in Russian).]
- Гареев А.З.** (2016). Риски при реализации инвестиционных проектов // *Инновационная наука*. № 10 (10). С. 30–33. [Gareev A.Z. (2016). Risks in the implementation of investment projects. *Innovative Science*, 10 (1), 30–33 (in Russian).]
- Городецкий А.Е., Тарасова И.Л.** (2010). Нечеткое математическое моделирование плохо формализуемых процессов и систем. СПб.: Изд-во Политехнического университета. [Gorodetsky A.E., Tarasova I.L. (2010). *Fuzzy mathematical modeling of poorly formalized processes and systems*. Saint Petersburg: Izd-vo Politekhnicheskogo universiteta (in Russian).]
- Ефремова Е.А., Прядкина В.А.** (2014). Применение метода Монте-Карло для оценки инвестиционных проектов. В сб.: «Научное сообщество студентов XXI столетия. Экономические науки: сб. ст. по материалам XXVII Студ. Междунар. науч. — практ. конф.». № 12 (27). С. 237–244. [Efremova E.A., Pryadkina V.A. (2014). Application of the Monte Carlo method for evaluating investment projects. *Scientific community of students of the XXI century. Economic sciences: Sat. Art. based on materials XXVII Stud. International scientific-pract. conf.*, 12 (27), 237–244 (in Russian).]
- Жегалкин И.И.** (1928). Арифметизация символической логики // *Математический сборник*. Т. 35. Вып. 3–4. С. 335. [Zhégalkin I.I. (1928). Arithmetization of symbolic logic. *Matematicheskii sbornik*, 35, 3–4, 335 (in Russian).]
- Заде Л.А.** (1976). Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: МИР. [Zade L.A. (1976). *The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions*. Moscow: MIR (in Russian).]
- Королькова Е.М.** (2013). Риск-менеджмент: управление проектными рисками // Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ». [Korolkova E.M. (2013). *Risk management: Project risk management*. Tambov: FGBOU VPO “TSTU” (in Russian).]
- Кулик Ю.А., Волович В.Н., Привалов Н.Г., Козловский А.Н.** (2012). Классификация и качественная оценка рисков инновационных проектов // *Записки Горного института*. Т. 197. С. 124–125. [Kulik Yu.A., Volovich V.N., Privalov N.G., Kozlovsky A.N. (2012). Classification and qualitative assessment of risks of innovative projects. *Notes of the Mining Institute*, 197, 124–125 (in Russian).]
- Миркин Б.Г.** (1974). Проблема группового выбора. М.: Наука. [Mirkin B.G. (1974). *The problem of group choice*. Moscow: Nauka (in Russian).]
- Москвин В.А.** (2016). Риски инвестиционных проектов. М.: Курс, ИНФРА-М. [Moskvin V.A. (2016). *Risks of investment projects*. Moscow: Course, INFRA-M (in Russian).]
- Найт Ф.Х.** (2003). Риск, неопределенность и прибыль. Пер. с англ. М.Я. Каждан. М.: Дело. [Knight F.H. (2003). Risk, uncertainty and profit. Trans. from the English by M. Ya. Kazhdan. Moscow: Delo (in Russian).]
- Попова А.Ю.** (2006). Оценка риска инвестиционного проекта // *Научный журнал КубГАУ*. № 19. С. 1–26. [Popova A.Yu. (2006). Risk assessment of an investment project. *Scientific Journal of KubSAU*, 19, 1–26 (in Russian).]
- Решетняк Е.И.** (2017). Методы оценки инвестиционных рисков в бизнес-планировании // *Бизнес Информ*. № 12. С. 189–194. [Reshetnyak E.I. (2017). Methods for assessing investment risks in business planning. *Business Inform*, 12, 189–194 (in Russian).]
- Сазонов А.А., Сазонова М.В.** (2016). Применение метода Монте-Карло для моделирования экономических рисков в проектах // *Наука и современность*. № 43. С. 228–232. [Sazonov A.A., Sazonova M.V. (2016). Application of the Monte Carlo method for modeling economic risks in projects. *Science and Modernity*, 43, 228–232 (in Russian).]
- Соложенцев Е.Д.** (2009). Управление риском и эффективностью в экономике: логико-вероятностный подход. СПб.: Изд-во СПбГУ. 242 с. [Solojntsev E.D. (2009). *Management of risk and efficiency in the economy: A logical-probabilistic approach*. Saint Petersburg: Publishing House of St. Petersburg State University, 242 (in Russian).]
- Степаненко Н.В., Харитонов С.В.** (2017). Применение возможностей Microsoft Excel в моделировании рисков инвестиционных проектов // *Прикладная информатика*. Т. 12. № 1 (67). С. 137–142. [Stepanenko N.V., Kharitonov S.V. (2017). Microsoft Excel application possibilities in modeling risks of investment projects. *Applied Informatics*, 12, 1 (67), 137–142 (in Russian).]
- Ткаченко А.Л., Шевелева О.Г.** (2019). Оценка рисков в инвестиционном проектировании // *Омский научный вестник. Сер. Общество. История. Современность*. Т. 4. № 2. С. 140–145. [Tkachenko A.L., Sheveleva O.G. (2019). Risk assessment in investment project. *Omsk Scientific Bulletin. Series Society. History. Modernity*, 4, 2, 140–145 (in Russian).]
- Цамутали С.А.** (2013). Оценка рисков реальных инвестиций // *Экономика. Налоги. Право*. № 4. С. 32–37. [Tsamutali S.A. (2013). Risk assessment of real investments. *Ekonomika. Nalogi. Pravo (Economics, Taxes & Law)*, 4, 32–37 (in Russian).]
- Штеле Е.А., Гусева М.А., Руди Л.А.** (2016). Методика оценки эффективности инвестиционных проектов с учетом рисков // *Вестник СибАДИ*. № 6 (52). С. 135–140. [Shtele E.A., Guseva M.A., Rudi L.A. (2016). Assessment method

of investment projects efficiency in view of the risks. *Siberian State Automobile and Highway Industry Journal*, 6 (52), 135–140 (in Russian).]

Gorodetskiy A.E., Tarasova I.L., Kurbanov V.G. (2021). Classification of images in decision making in the central nervous system of SEMS. In: *Smart electromechanical systems, studies in systems*. Book series “Decision and Control”, 352, 187–196. DOI: 10.1007/978-3-030-68172-2-15

Gorodetskiy A.E., Tarasova I.L., Kurbanov V.G. (2022). Assessment of UAV intelligence based on the results of computer modeling. In: *Smart electromechanical systems, studies in systems*. Book series “Decision and Control”, 419, 105–116. DOI: 10.1007/978-3-030-97004-8_8

Gorodetskiy A.E., Tarasova I.L. (2022). Modeling of systems of logical-linguistic classification of images. Smart electromechanical systems. In: *Smart electromechanical systems, studies in systems*. Book series “Decision and Control”, 419, 95–103. DOI: 10.1007/978-3-030-97004-8_7

Zadeh L.A. (1965). Fuzzy sets. *Inform. Contr.*, 8, 338–353.

Logical-linguistic method for assessing the risk of specialized lending (on the example of project financing)

© 2022 A.R. Krasavtseva, A.E. Gorodetskiy

A.R. Krasavtseva,

AO “AB ‘ROSSYA’”, Saint Petersburg, Russia; e-mail: krasavtseva.a@gmail.com

A.E. Gorodetskiy,

Institute of Problems of Mechanical Engineering, Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia; e-mail: g27764@yandex.ru

Received 22.05.2022

The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme no. 121112500304-4).

Abstract. Credit risk assessment is associated with uncertainty of many factors which are hard to describe mathematically. This reduces the probability of success of specialized lending as well. Among the various risk assessment methods suitable for specialized lending risk assessment, it's possible to single out a scenario approach that uses the methods of fuzzy set theory to calculate the values of membership functions. However, the problem of ranking the set of project implementation scenarios for which a loan is requested is not studied enough. Despite the existing technical difficulties of risk factors management, the ranking of the risks of project implementation can be carried out by comparing with the ones from the database using the logical-linguistic classification method. The purpose of the study is to develop new methods of credit risk assessment based on the logical and linguistic classification of specialized lending projects as well as algorithms for assessing the credit risk of the project with determining its rating. The definition of a Project is used according to the concept of Project Finance as one of the classes of specialized lending. Methods: the assignment of weight factors for all subclasses of credit requirements, the assignment of risk levels for all values of the types of criteria, introduction of a table of the risk value assessment or the creditworthiness of the project, the formation of a database of reference attribute strings for all classes of projects, generating attribute strings for the analyzed project, assigning the analyzed project to the benchmark using the logical-linguistic classification method, assigning risk degree values for the analyzed project for all values of the criteria (attribute) types of the selected reference project, calculating the credit risk assessment of the analyzed project and determining the rating of the analyzed project for decision making. Results: based on the proposed risk assessment method, an algorithm for calculating the risk assessment of lending to the analyzed project with determining its rating was developed. Practical significance: the results of the research can be used in the development of computer program allowing to accelerate risk assessment of project financing.

Keywords: specialized lending, risk assessment, project financing, creditworthiness level, weight coefficients, significance coefficients, benchmarks, logical-linguistic classification, rating, decision making.

JEL Classification: C02, C38.

For reference: **Krasavtseva A.R., Gorodetskiy A.E.** (2022). Logical-linguistic method for assessing the risk of specialized lending (on the example of project financing). *Economics and Mathematical Methods*, 58, 4, 83–91. DOI: 10.31857/S042473880020295-3