

DOI: 10.18721/JE.14310  
УДК 338.27

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РИСКОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Пищалкина И.Ю., Терешко Е.К., Сулоева С.Б.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Применение цифровых технологий для управления рисками инвестиционных проектов является актуальным и перспективным в соответствии с тенденцией развития Индустрии 4.0. Цель исследования заключается в применении метода Монте-Карло с использованием программных средств для количественной оценки рисков строительных инвестиционных проектов на примере организаций, функционирующих на территории г. Санкт-Петербурга. Методологической базой исследования выступили качественные и количественные методы, которые предполагают: 1) формирование реестра рисков; 2) ранжирование рисков с целью выявления наиболее вероятного риска для строительных проектов; 3) проведение количественной оценки рисков, оказывающих наибольшее влияние с применением функциональной надстройки для MS Excel @Risk. В статье проводится анализ рисков, оказывающих влияние на строительную отрасль. Сформированы критерии оценки вероятности и степени влияния рисков на инвестиционные проекты строительной отрасли. Выявлены риски, влияющие на инвестиционные проекты строительства, которые распределены по нескольким группам: макроэкономические, отраслевые, правовые, операционные, финансовые. В связи с чем, сформирован реестр рисков включающий следующие риски: рост инфляции; региональные риски; изменение потребительских предпочтений или тенденций рынка; дефицит земельных участков под новые проекты; ужесточение законодательства; невыполнение субподрядчиками своих обязательств; ухудшение условий закупки строительных материалов; неспособность привлечь и удержать ключевой персонал; учащение несчастных случаев на строительных объектах; изменение процентных ставок и условий капитализации по проектному финансированию; изменение валютных курсов; затруднения с привлечением капитала; кредитный риск, связанный с клиентами; риск снижения ликвидности. С помощью построенной карты рисков для компаний строительной отрасли был определен риск, представляющий наибольшую угрозу для организации, как по степени влияния, так и по вероятности реализации риска – риск снижения ликвидности. Для проведения расчета с помощью надстройки @Risk определен размер ущерба от реализации риска снижения ликвидности в трех сценариях. График распределения, построенный в @Risk по методу Монте-Карло, позволил определить, что наиболее вероятно случайная величина окажется больше прогнозируемого значения реалистичного сценария. В этой связи, следует пересмотреть данное значение в сторону увеличения ущерба от реализации риска по реалистичному сценарию. В дальнейшем планируется проведение исследования, направленного на изучение возможностей применения цифровых двойников в качестве современного инструмента по снижению возникающих рисков, а также в целях контроля объектов капитального строительства.

**Ключевые слова:** управление рисками, инвестиционные проекты, строительная отрасль, метод Монте-Карло, цифровые технологии, имитационное моделирование, Санкт-Петербург

**Ссылка при цитировании:** Пищалкина И.Ю., Терешко Е.К., Сулоева С.Б. Количественная оценка рисков инвестиционных проектов с применением цифровых технологий // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2021. Т. 14, № 3. С. 125–137. DOI: 10.18721/JE.14310

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## QUANTITATIVE RISK ASSESSMENT OF INVESTMENT PROJECTS USING DIGITAL TECHNOLOGIES

I.Yu. Pishchalkina, E.K. Tereshko, S.B. Suloeva

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
St. Petersburg, Russian Federation

The use of digital technologies for risk management of investment projects is relevant and promising in accordance with the development trend of Industry 4.0. The purpose of the study is to apply the Monte Carlo method using software tools for quantitative risk assessment of construction investment projects on the example of St. Petersburg organizations. The methodological basis of the study was the qualitative and quantitative methods, which include: 1) formation of a risk register; 2) risk ranking in order to identify the most likely risk for construction projects; 3) quantifying the risks that have the greatest impact using the functional add-in for MS Excel @Risk. The article analyzes the risks that affect the construction industry. The criteria for assessing the probability and degree of risk impact on investment projects in the construction industry are formed. The risks affecting investment construction projects are identified, which are divided into several groups: macroeconomic, industry, legal, operational, and financial. Therefore, a risk register has been formed that includes the following risks: rising inflation; regional risks; changes in consumer preferences or market trends; a shortage of land plots for new projects; stricter legislation; failure by subcontractors to fulfill their obligations; worsening conditions for purchasing construction materials; inability to attract and retain key personnel; more frequent accidents at construction sites; changes in interest rates and capitalization conditions for project financing; changes in exchange rates; difficulties in raising capital; credit risk associated with customers; the risk of reduced liquidity. Using the constructed risk map for construction companies, we determined the risk that poses the greatest threat to the organization, both in terms of the degree of influence and the probability of risk realization – the risk of a decrease in liquidity. To perform the calculation using the @Risk add-in, the amount of damage from the implementation of the risk of reducing liquidity in three scenarios is determined. The distribution graph constructed in @Risk using the Monte Carlo method allowed us to determine that the random variable is most likely to be greater than the predicted value of the realistic scenario. In this regard, it is necessary to revise this value towards increasing the damage from the realization of the risk in a realistic scenario. In the future, it is planned to conduct a study of the possibilities of using digital doubles as a modern tool for reducing emerging risks, as well as for monitoring capital construction projects.

**Keywords:** risk management, investment projects, development industry, Monte Carlo method, digital technologies, simulation, St. Petersburg

**Citation:** I.Yu. Pishchalkina, E.K. Tereshko, S.B. Suloeva, Quantitative risk assessment of investment projects using digital technologies, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 14 (3) (2021) 125–137. DOI: 10.18721/JE.14310

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

### Введение

Неопределенность присутствует во всех сферах деятельности организации, которую необходимо своевременно идентифицировать, оценивать и контролировать, особенно при реализации инвестиционных проектов. Формирование параметров и прогнозирование будущих начинаний, процессов и действий всегда сопровождаются риском, который может привести к отрицательному, а в некоторых случаях положительному влиянию на результат. Поэтому при разработке инвестиционных проектов следует учитывать возможные риски и составлять планы мероприятий по их снижению или предотвращению. Непрерывный контроль и управление рисками способствует успешной реализации инвестиционных проектов.

Благодаря развитию цифровых технологий появилась возможность анализировать большие данные в режиме реального времени, производить машинное обучение и применять потенциал искусственного интеллекта. Цифровая трансформация повысила интеллектуальные возможности информационных систем, принимающих решения не только на базе данных, находящихся в

ней, а исходя из всей доступной информации (в т.ч. неструктурированной и контекстной, которая формируется на основании анализа разных источников).

Сегодня корпоративные информационные системы обрабатывают, аккумулируют и структурируют внушительный объем данных, позволяющих оперативно изучать процессы, устанавливать тенденции и выявлять закономерности. Соответственно, стало значительно проще производить оценку и своевременный анализ рисков. ИТ-платформы дают возможность интегрировать комплексный подход к управлению рисками во все функции менеджмента. Это в свою очередь позволяет предвидеть риски при формировании новых проектов и принимать решения с учетом информации о них, а также своевременно реагировать на риски и снижать негативное воздействие рисков в случае их реализации по существующим проектам. Цифровизация способствует выявлению незаметных ранее взаимосвязей, что повышает эффективность сравнения и сопоставления параметров. Основное преимущество компаний, активно использующих современные технологии, заключается в оперативности и обоснованности принимаемых бизнес-решений с учетом рисков.

Описанные возможности в рамках процессов цифровизации управления рисками, подтверждаются результатами исследования, проведенного консалтинговой компанией «PWC» [1]. Наращивание цифровых компетенций повышает точность прогнозов, оперативность реагирования и увеличивает вовлеченность функции управления рисками во все бизнес-процессы. Компании новаторы, готовые подвергнуть функцию управления рисками цифровой трансформации, получают ряд преимуществ: 1) у 76% респондентов достигнута ожидания в части оптимизации процесса принятия управленческих решений; 2) 57% компаний готовы принимать больший риск, чем раньше благодаря упрощению инструментов по оценке рисков для заинтересованных пользователей. Второе преимущество достигается за счет применения «новаторами» интеллектуальной автоматизации, например, на базе ИИ-платформ или машинного обучения для приоритизации рисков.

Управление рисками в сопоставлении с реализацией проектной деятельности организации достаточно перспективно, что находит отражение в международных работах исследователей. Можно выделить исследования, результаты которых ориентированы на изучение методологических основ риск-менеджмента, как на фундаментальном, так и на прикладном уровне [2–7]. Например, Шамин Д.В. в статье [3] предложил трехэтапную структуру внедрения в соответствии с ключевыми элементами системы управления рисками с целью учета рисков не только на стадии разработки проекта, но и в ходе его реализации. Автором в работе [6] рассмотрены с научных позиций сущность и содержание понятий «риск-менеджмента» и «управления рисками» как научных категорий теории управления организациями. В работе Карелиной М.Г. [7] проведен экспертный опрос специалистов в области управления рисками крупнейших компаний и организаций по 15 субъектам РФ, который позволил выделить основные проблемы управления рисками на микро-, мезо- и макроуровне, а также предложить конкретные методы поддержки и регулирования российского риск-менеджмента.

Большинство исследований посвящены разным сферам и отраслям управления рисками инвестиционных проектов [8–12]. Например, в исследовании [8] рассмотрено применение теории нечетких множеств для оценки рисков крупномасштабной транспортной инфраструктуры, а в работе [9] авторы проводят оценку рисков в проектах возобновляемой энергетики на примере России. Jiang, J., Zhao, Q. в работе [10] провели анализ рисков инвестиционных проектов блокчейн-технологий.

В отдельную группу следует отнести исследования, направленные на изучение риск-менеджмента строительными проектами и проектами недвижимости [13–17]. Строительные монопроекты имеют большую значимость при реализации мега- и мультипроектов на разных уровнях

управления, следовательно, оценка рискового профиля проектов на низшем уровне – уровне монопроектов, позволит предотвратить негативные последствия при их реализации.

Проводя детальный анализ актуальных исследований в наукометрической и реферативной базе данных SCOPUS по поисковому запросу «Risk management of investment projects» (риск менеджмент инвестиционных проектов) по ограниченной выборке в соответствии с отраслью знаний «Business, Management and Accounting» и «Economics, Econometrics and Finance», были проанализированы 329 научных исследования. Динамика публикаций научных работ по изучаемой теме за период с 1972 по 2020 гг. представлена на рис. 1.

Основные труды за период с 1972 по 2020 гг. опубликованы представителями разных стран: США (219 публикаций, здесь и далее указано количество опубликованных работ представителями стран), Китай (145), Великобритания (89), Россия (85), Канада (43), Германия (40), Австралия (39) и др. Ведущими учеными в данной области являются: Tiong, R.L.K. (7 работ, здесь и далее указано количество опубликованных автором работ), Lefley, F. (6), Tulacz, G.J. (5), Wang, S.Q. (5), Venaroch, M. (4), Chang, C.Y. (4), Górecki, J. (4), Akintoye, A. (3), Ashley, D. (3) и др. Анализ трудов в наукометрической базе SCOPUS позволил подчеркнуть значимость исследуемой темы, а также определить, что наиболее приоритетными можно считать инвестиционные проекты строительных организаций, ориентированные на возведение объектов капитального строительства.

В данной статье рассматривается строительная отрасль, а именно инвестиционные строительные проекты, в виду следующих особенностей: 1) строительные компании в своей деятельности применяют подход проектного управления (каждый объект строительства является отдельным инвестиционным проектом); 2) строительные проекты испытывают большое влияние внешних и внутренних рисков, которые вызваны множеством факторов (например, большая конкуренция на рынке, особенно на этапе проведения тендеров). В этой связи, для строительной отрасли система управления рисками является актуальной. Также достаточно перспективным и актуальным является проведение исследований, направленных на управление и реализацию инвестиционных проектов в условиях формирования и становления цифровой экономики, с применением современных цифровых инструментов для расчета рисковых моделей [18]. Для проведения оценки рисков используют следующие методы: 1) PERT-анализ; 2) VaR-анализ; 3) сценарный подход; 4) имитационное моделирование по методу Монте-Карло [19]. Со стороны оценки рисков инвестиционных строительных проектов стоит ориентироваться на метод Монте-Карло, так как он считается наиболее популярным методом количественного анализа в риск-менеджменте благодаря своей точности в условиях неопределенности и позволяет учитывать различные факторы риска в рамках одного подхода [19].

*Целью* исследования является применение метода Монте-Карло с использованием программных средств для количественной оценки рисков строительных инвестиционных проектов на примере организаций, функционирующих на территории г. Санкт-Петербурга. В соответствии с заданной целью исследование предполагает решение следующих задач: 1) выявить программные продукты, применяемые для имитационного моделирования методом Монте-Карло; 2) проанализировать риски, оказывающие влияние на строительную отрасль и сформировать реестр рисков; 3) произвести оценку риска, оказывающего наибольшее влияние с применением функциональной надстройки для MS Excel @Risk.

*Предметом* исследования выступают методы количественной оценки рисков инвестиционных проектов с применением цифровых технологий, а *объектом* – инвестиционные проекты строительной компании. К инвестиционным проектам в строительных организациях относятся: объекты жилой (многоэтажные дома и частное строительство) и коммерческой (бизнес-центры, торгово-развлекательные комплексы, гостиницы) недвижимости; промышленные объекты (производственные здания и сооружения); линейные объекты (мосты, дороги) и т.п.

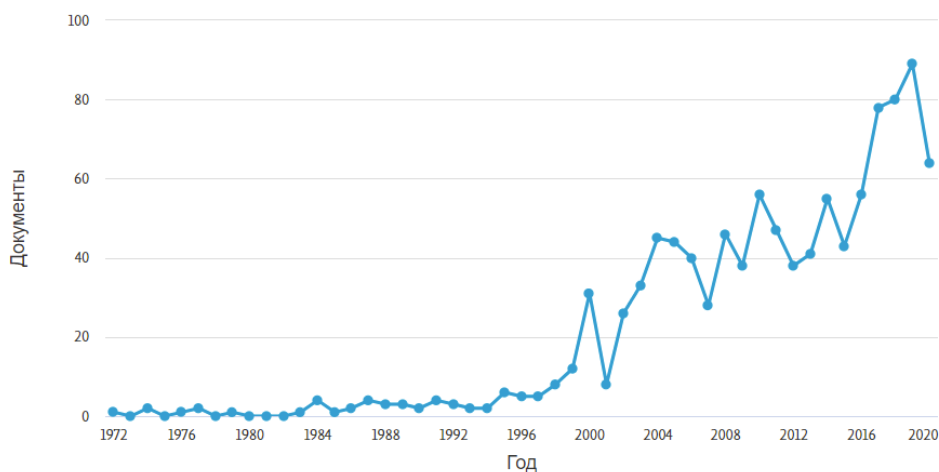


Рис. 1. Динамика публикаций в наукометрической и реферативной базе SCOPUS по поисковому запросу «Risk management of investment projects», с 1972 по 2020 гг.

Fig. 1. Dynamics of publications in the scientometric and abstract database SCOPUS for the search query "Risk management of investment projects", from 1972 to 2020

Источник. Библиографическая и реферативная база данных SCOPUS

### Методы исследования

Методологической базой исследования выступают качественные и количественные методы. Качественными методами исследования является формирование реестра рисков с определением вероятности возникновения и степени влияния каждого риска. Далее производится ранжирование в целях выявления наиболее вероятного риска, наносящего наибольший ущерб. После этого данный риск рассматривается с применением количественного метода оценки.

Количественный метод исследования заключается в проведении оценки риска характерного для строительных организаций, расположенных на территории Санкт-Петербурга с построением имитационной модели по методу Монте-Карло. Для оценки рисков организаций на практике можно применить инструменты, представляющие собой функциональные надстройки для программного обеспечения. В качестве инструментов данной группы можно рассмотреть решения, предложенные компаниями Palisade (надстройка @Risk) [20], Oracle (надстройка Crystal Ball) [21], Vose Software (надстройка ModelRisk) [22], Real Options Valuation (надстройка Risk Simulator) [23], которые предлагают настройки и плагины для MS Excel. Рассмотрим каждую надстройку подробнее.

@Risk позволяет провести оценку факторов риска организации и продемонстрировать результаты по методу Монте-Карло с перечнем возможных результатов, что позволяет при анализе рисков избежать ошибок и выявить возможности развития организации. Данная надстройка не русифицирована. Доступна демоверсия для проведения экспресс-анализа рисков, и она часто применяется в российских компаниях.

Crystal Ball предназначен для предиктивного моделирования, прогнозирования, симуляции и оптимизации, реализуется на основе электронных таблиц. Данная надстройка не русифицирована. Доступна демоверсия для проведения экспресс-анализа рисков. Редко применяется в российских компаниях.

ModelRisk – самый быстрый симулятор в MS Excel, в три раза превышающий функциональность своего ближайшего конкурента. Надстройка предлагает уникальные функции, которые могут значительно упростить и ускорить работу моделей. В надстройку встроен конвертер моделей, созданных с помощью @Risk и Crystal Ball. Данная надстройка не русифицирована. Доступна



демоверсия для проведения экспресс-анализа рисков. Редко применяется в российских компаниях.

Надстройка Risk Simulator, разработанная компанией Real Options Valuation, позволяет моделировать, прогнозировать и оптимизировать рисковые ситуации. Данная надстройка не русифицирована. Доступна демоверсия для проведения экспресс-анализа рисков. Редко применяется в российских компаниях.

Для имитационного моделирования авторами выбрана надстройка @Risk компании Palisade, так как именно она имеет практику применения для оценки рисков в крупных компаниях РФ, в том числе расположенных на территории Санкт-Петербурга. Алгоритм формирования имитационной модели в MS Excel с применением функциональной надстройки @Risk состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Создание параметрической модели  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_q)$ ;

Шаг 2. Генерация случайного входного набора данных,  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq}$ ;

Шаг 3. Вычисления и запоминание результатов в виде  $y_i$ ;

Шаг 4. Повторение шагов 2 и 3 для  $i =$  от 1 до  $n$  ( $n \geq 5000$ );

Шаг 5. Анализ результатов с использованием гистограмм, доверительных интервалов, других статистических показателей, полученных в результате моделирования.

Выбранный инструмент @Risk позволяет самостоятельно осуществляет шаги от 2 до 4, при этом пользователю лишь необходимо внести требуемые входные параметры и проанализировать автоматически сформированную гистограмму.

Для проведения количественной оценки риска, потребуется определить риски, оказывающие наибольшее влияние на инвестиционные строительные проекты и на строительные компании в целом.

### Результаты и их обсуждение

На проекты строительной отрасли влияет множество различных рисков, которые могут реализоваться с различной вероятностью и степенью влияния. Это могут быть риски, связанные с ухудшением экономической ситуации; ростом инфляции; неожиданным изменением потребительских предпочтений; сокращением предложения земельных участков под застройку, а также ростом стоимости земельных участков; ужесточением государственного регулирования; увеличением стоимости импортируемых и отечественных материалов; неисполнением обязательств со стороны субподрядчиков; нарушением объемов и сроков поставок материалов; неспособностью удерживать и мотивировать ключевых сотрудников; увеличением процентных ставок и условий капитализации; ослаблением курса рубля и т.п.

Далее определим критерии качественной оценки рисков: оценка вероятности возникновения рискового события и степень его влияния. В табл. 1 приведена градация вероятностей от очень низкой до очень высокой, в зависимости от данной градации риску присваивается балл от 1 до 5 соответственно.

Еще одним немаловажным критерием является оценка значимости риска. Этот критерий также, как и критерий вероятности реализации риска, необходим при ранжировании. В табл. 2 сформирована градация по степени влияния рисков от очень слабой до очень сильной и, аналогично определению критериев вероятностей, риску присваивается балл от 1 до 5 соответственно в зависимости от суммы ущерба.

Далее выявим риски, характерные для строительной отрасли и произведем анализ этих рисков. Наиболее распространенным методом структурирования и ранжирования рисков является формирование реестра рисков (табл. 3). Для формирования реестра рисков был произведен анализ годовой отчетности строительных компаний (раздел «управление рисками»), осуществляющих свою деятельность на территории г. Санкт-Петербурга – компаний «Легенда» и Группы «Эталон»

[25, 26]. Данные компании выбраны, как масштабные застройщики, которые функционируют более 20 лет в строительной отрасли, успешно реализуя проекты жилой недвижимости для среднего класса и в т.ч. проекты по промышленному строительству и обслуживанию недвижимости. Реестр рисков сгруппирован по видам: макроэкономические, отраслевые, правовые, операционные и финансовые, выявлено влияние каждого риска и определена вероятность и степень влияния. Следует отметить, что каждый строительный объект представляет собой отдельный инвестиционный проект и приведенные риски справедливы не только для строительной отрасли, но также для самих проектов, описанных ранее.

**Таблица 1. Критерии оценки вероятности**  
**Table 1. Criteria for assessing the likelihood**

Качественная оценка	Бальная оценка	Интерпретация для событий	Интерпретация с точки зрения исторических данных	Интервалы вероятности
Очень высокая	5	Событие почти точно произойдет и может повториться несколько раз	Несколько случаев реализации риска за год на данном предприятии	> 80%
Высокая	4	Событие скорее произойдет, чем не произойдет	Несколько случаев реализации риска за год на предприятии, входящем в группу компаний	50-80%
Средняя	3	Событие может произойти	Был случай реализации риска за год на предприятии, входящем в группу компаний	20-50%
Низкая	2	Событие скорее всего не произойдет	Подобные случаи имели место быть в истории на предприятии, входящем в группу компаний	5-20%
Очень низкая	1	Крайне маловероятно, что событие произойдет	Подобные случаи регистрировались в отрасли	< 5%

Источник. Составлено по [24].

**Таблица 2. Критерии оценки степени влияния**  
**Table 2. Criteria for assessing the likelihood**

Степень влияния	Бальная оценка	Финансовый ущерб
Очень сильное	5	> 250 млн руб.
Сильное	4	50 млн руб. – 250 млн руб.
Умеренное	3	10 млн руб. – 50 млн руб.
Слабое	2	1 млн руб. – 10 млн руб.
Очень слабое	1	< 1 млн руб.

Источник. Составлено по [24].

Совместив вероятность и значимость ущерба, получим матрицу, представленную на рис. 2. Карта рисков позволяет правильно расставить приоритеты по распределению ресурсов в рамках управления рисками, раскрыть информацию о внешних рисках для заинтересованных сторон, представить общую картину менеджменту компании, распределить ответственность за риски среди руководителей.

Риски, попавшие в красную зону квадранта, представляют наибольшую угрозу для организации, как по степени влияния, так и по вероятности реализации риска (в меньшей степени). Поэтому для построения модели по методу Монте-Карло выбран риск снижения ликвидности.

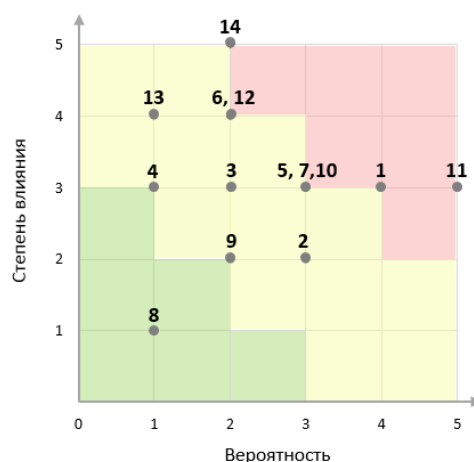


Рис. 2. Карта рисков для компаний строительной отрасли

Fig. 2. Risk map for development companies

Источник. Составлено авторами

Таблица 3. Реестр рисков для компаний строительной отрасли

Table 3. Risk register for development companies

№	Вид рисков	Риск	Вероятность	Степень влияния
1	Макроэкономические	Рост инфляции	Высокая	Умеренное
2	Макроэкономические	Региональные риски	Средняя	Слабое
3	Отраслевые	Изменение потребительских предпочтений / тенденций рынка	Низкая	Умеренное
4	Отраслевые	Дефицит земельных участков под новые проекты	Очень низкая	Умеренное
5	Правовые	Ужесточение законодательства	Средняя	Умеренное
6	Операционные	Невыполнение субподрядчиками своих обязательств	Низкая	Сильное
7	Операционные	Ухудшение условий закупки строительных материалов	Средняя	Умеренное
8	Операционные	Неспособность привлечь и удержать ключевой персонал	Очень низкая	Очень слабое
9	Операционные	Учащение несчастных случаев на строительных объектах	Низкая	Слабое
10	Финансовые	Изменение процентных ставок и условий капитализации по проектному финансированию	Средняя	Умеренное
11	Финансовые	Изменение валютных курсов	Очень высокая	Умеренное
12	Финансовые	Затруднения с привлечением капитала	Низкая	Сильное
13	Финансовые	Кредитный риск, связанный с клиентами	Очень низкая	Сильное
14	Финансовые	Риск снижения ликвидности	Низкая	Очень сильное

Источник. Составлено по [25, 26].

В случае реализации данного риска компания станет неспособна выполнять свои финансовые обязательства, что приведет к нарушениям в операционной деятельности, сможет нанести ущерб репутации, а также будет способствовать росту ставок кредитования в краткосрочной перспективе и банкротству в долгосрочной перспективе.

Для проведения расчета с помощью надстройки @Risk определен размер ущерба от реализации риска снижения ликвидности в трех сценариях. Предварительная оценка влияния риска снижения ликвидности была произведена на основе анализа отчетности компаний «Легенда» и Группы



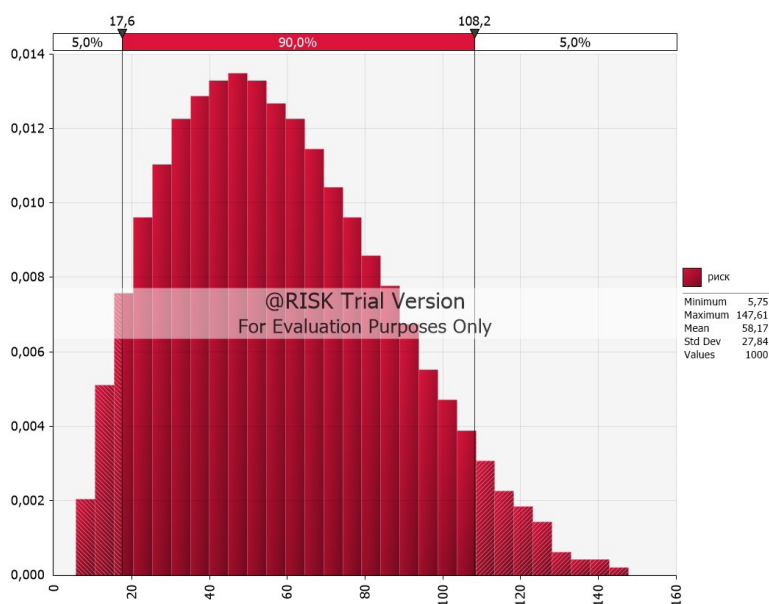


Рис. 3. График распределения случайных величин в заданном диапазоне

Fig. 3. The distribution graph of random variables in a given range

Источник. Составлено авторами с применением надстройки @Risk

«Эталон» [25, 26]. Прогнозное значение, по предварительной оценке, в реалистичном сценарии составит 46 млн рублей (230 млн рублей с вероятностью 20%), в пессимистическом – 160 млн рублей (200 млн рублей с вероятностью 80%), и в оптимистическом – 5 млн рублей (100 млн рублей с вероятностью 5%). Произведение значений ущерба и значений вероятности по сценариям будут являться входными параметрами моделирования, т.е. значение пессимистического сценария – максимальное значение, значение оптимистического – минимальное значение, а значение реалистичного сценария будет рассчитано путем имитационного моделирования и соотнесено с прогнозируемым значением.

Сформировав входные и выходные параметры, получим следующие результаты по сумме ущерба при реализации риска снижения ликвидности для строительной организации с применением надстройки @Risk. В качестве функции распределения была выбрана функция «RiskPert», которая позволяет автоматически построить распределение случайных величин в разрезе сценариев: минимальное значение, ожидаемое значение, максимальное значение – 5, 46, 160 соответственно. Также в надстройке задана генерация 1000 случайных чисел. Результаты моделирования приведены на рис. 3. Наиболее вероятное значение по результатам моделирования с применением метода Монте-Карло равно 58, оказалось выше прогнозной величины реалистичного сценария, поэтому прогнозируемое значение равно 46, следует пересмотреть в сторону увеличения.

### Заключение

В рамках данного исследования был применен метод Монте-Карло для количественной оценки риска снижения ликвидности, присущего строительным инвестиционным проектам с применением функциональной надстройки @Risk.

Проведенное исследование позволило:

1. Выявить программные продукты, применяемые для имитационного моделирования методом Монте-Карло, такие как надстройка @Risk, Crystal Ball, ModelRisk, Risk Simulator и определить их особенности;

2. Проанализировать риски, оказывающие влияние на строительную отрасль, сформировать реестр рисков наиболее значимых для отрасли и построить карту рисков для компаний строительной отрасли;

3. Произвести оценку риска снижения ликвидности с применением функциональной надстройки для MS Excel @Risk. Метод Монте-Карло относительно прост в исполнении и дает важную информацию о рисках инвестиционных проектов. Анализируемый пример показывает, что существует высокая вероятность того, что в проекте будет зафиксировано более высокое значение, чем первоначально планировалось.

Выявление рисков играет важную роль для организации, поскольку помогает понять, как они влияют на экономические и финансовые параметры инвестиционного проекта. В условиях цифровой трансформации решение задач риск-менеджмента осуществляется с применением программ и надстроек для MS Excel, позволяющих более оперативно рассчитывать различные сценарии реализации рисков для принятия управленческих решений. Также современные инструменты, применяемые для оценки рисков, повышают качество прогнозов и расширяют границы анализа статистических данных и выявления зависимостей различных параметров, за счет возможности создания сложных математических моделей.

#### Направления дальнейших исследований

В дальнейшем планируется провести исследование, направленное на изучение возможностей применения цифровых двойников в качестве современного инструмента по снижению возникающих рисков и в целях контроля объектов капитального строительства.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разумное управление рисками в ходе цифровой трансформации. PwC. URL: <https://www.pwc.ru/en/publications/assets/2019-risk-in-review-rus.pdf> (дата обращения: 20.03.2021).
2. Гэлаи Д. и др. Основы риск-менеджмента. Москва: Издательство Юрайт, 2016. 390 с.
3. Шамин Д.В. Система риск-менеджмента-инструмент успешной реализации международных мегапроектов // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2020. Т. 11. №. 1.
4. Стафиевская М.В. Методология формирования учетно-аналитического обеспечения для риск-менеджмента в условиях антикризисного управления // Бизнес. Образование. Право. 2016. №. 3. С. 115–120.
5. Макарова В.А. Формирование системы риск-менеджмента на предприятии // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Экономика. Право. Управление. 2014. №. 4. С. 98–108.
6. Киселев А.А. Риск-менеджмент и управление рисками: проблемы обоснования сущности понятий как научных категорий теории и практики управления организациями // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. № 3 (1).
7. Карелина М.Г. Статистический анализ развития риск-менеджмента в России // Приложение математики в экономических и технических исследованиях. 2020. №. 1. С. 115–121.
8. Abeysekara B. Application of fuzzy set theory to evaluate large-scale transport infrastructure risk assessment and application of best practices for risk management. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2020-December, 2020. 9309957, pp. 385–389.
9. Chebotareva G., Strielkowski W., Streimikiene D. Risk assessment in renewable energy projects: A case of Russia. Journal of Cleaner Production, 2020. 269, 122110.
10. Jiang J., Zhao Q. Analysis on the investment value of blockchain technology. Conference Proceedings of the 8th International Symposium on Project Management, ISPM, 2020. pp. 897–901.
11. Chowdhury A.N., Chen P.-H., Tiong R.L.K. Credit enhancement factors for the financing of independent power producer (IPP) projects in Asia. International Journal of Project Management, 2015. no. 33 (7), pp. 1576–1587.
12. Lefley F. The appraisal of ICT and non-ICT capital projects: A study of the current practices of large UK organizations. International Journal of Managing Projects in Business, 2013. no. 6 (3), pp. 505–533.

13. **Badran D., AlZubaidi R., Venkatachalam S.** BIM based risk management for design bid build (DBB) design process in the United Arab Emirates: a conceptual framework. *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*, 2020. no. 11 (6), pp. 1339–1361.
14. **Fattinnanzi E.** The role of valuation in the construction industry of the post-covid era. *Valori e Valutazioni*, 2020. no. 2020 (26), pp. 3–10.
15. **Li X.-J.** Research on investment risk influence factors of prefabricated building projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2020. no. 26 (7), pp. 599–613.
16. **Wang S.Q., Dulaimi M.F., Aguria M.Y.** Risk management framework for construction projects in developing countries. *Construction Management and Economics*, 2004. no. 22 (3), pp. 237–252.
17. **Górecki J.** Big data analysis for risk management in construction projects. *Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018: Innovation Management and Education Excellence through*, 2018. *Vision 2020*, pp. 2712–2721.
18. **Терешко Е.К., Рудская И.А.** Цифровой потенциал строительного комплекса: понятие, сущность и проблемы развития // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 3. С. 27–40.
19. **Пищалкина И.Ю., Сулоева С.Б.** Современные методы и модели системы риск-менеджмента с учетом специфики промышленных предприятий // Организатор производства. 2020. Т. 28. № 4. С. 69–79.
20. URL: <https://www.palisade.com/risk/ru/> (дата обращения: 09.03.2021).
21. URL: <https://www.oracle.com/ru/applications/crystalball/> (дата обращения: 09.03.2021).
22. URL: <https://www.vosesoftware.com/products/modelrisk/> (дата обращения: 09.03.2021).
23. URL: <https://www.realoptionsvaluation.com/risk-simulator/#ques1> (дата обращения: 09.03.2021).
24. Выявление и оценка стратегических рисков компании // Финансовый директор. 2015. URL: <https://fd.ru/articles/157264-sqk-15-m11-vyyavlenie-i-otsenka-strategicheskikh-riskov-kompanii> (дата обращения: 17.03.2021).
25. Годовой отчет Группы «Эталон». Группа «Эталон». URL: <https://www.etalongroup.ru/about/annual-reports/> (дата обращения: 09.03.2021).
26. Годовой отчет «Легенда». Легенда. URL: <https://legenda-dom.ru/investoram/reports> (дата обращения: 09.03.2021).

## REFERENCES

1. Smart risk management in the digital transformation. PwC. URL: <https://www.pwc.ru/en/publications/assets/2019-risk-in-review-rus.pdf> (accessed March 20, 2021).
2. **D. Gelai i dr.**, *Osnovy risk-menedzhmenta* [Fundamentals of risk management.], Moscow: Yurayt Publishing House (2016) 390.
3. **D.V. Shamin**, *Sistema risk-menedzhmenta-instrument uspeshnoy realizatsii mezhdunarodnykh megaproyektov* [Risk management system-a tool for successful implementation of international megaprojects], *Strategicheskkiye resheniya i risk-menedzhment*, vol. 11, 1 (2020).
4. **M.V. Stafiyevskaya**, *Metodologiya formirovaniya uchetho-analiticheskogo obespecheniya dlya risk-menedzhmenta v usloviyakh antikrizisnogo upravleniya* [Methodology of formation of accounting and analytical support for risk management in the conditions of anti-crisis management], *Business Education*. Right, 3 (2016) 115–120.
5. **V.A. Makarova**, *Formirovaniye sistemy risk-menedzhmenta na predpriyatii* [Formation of the risk management system at the enterprise], *Bulletin of the Pskov State University. Series: Economics*. Right. Management, 4 (2014) 98–108.
6. **A.A. Kiselev**, *Risk-menedzhment i upravleniye riskami: problemy obosnovaniya sushchnosti ponyatiy kak nauchnykh kategoriy teorii i praktiki upravleniya organizatsiyami* [Risk management and risk management: problems of substantiating the essence of concepts as scientific categories of the theory and practice of organization management], *Economics and Business: theory and practice*, 3 (1) (2020).
7. **M.G. Karelina**, *Statisticheskyy analiz razvitiya risk-menedzhmenta v Rossii* [Statistical analysis of the development of risk management in Russia], *Application of mathematics in economic and technical research*, 1 (2020) 115–121.

8. **B. Abeysekara**, Application of fuzzy set theory to evaluate large-scale transport infrastructure risk assessment and application of best practices for risk management, IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2020-December, 9309957 (2020) 385–389.
9. **G. Chebotareva, W. Strielkowski, D. Streimikiene**, Risk assessment in renewable energy projects: A case of Russia, Journal of Cleaner Production, 269, 122110 (2020) .
10. **J. Jiang, Q. Zhao**, Analysis on the investment value of blockchain technology, Conference Proceedings of the 8th International Symposium on Project Management, ISPM, (2020) 897–901.
11. **A.N. Chowdhury, P.-H. Chen, R.L.K. Tiong**, Credit enhancement factors for the financing of independent power producer (IPP) projects in Asia, International Journal of Project Management, 33 (7) (2015) 1576–1587.
12. **F. Lefley**, The appraisal of ICT and non-ICT capital projects: A study of the current practices of large UK organizations, International Journal of Managing Projects in Business, 6 (3) (2013) 505–533.
13. **D. Badran, R. AlZubaidi, S. Venkatachalam**, BIM based risk management for design bid build (DBB) design process in the United Arab Emirates: a conceptual framework, International Journal of Systems Assurance Engineering and Management, 11 (6) (2020) 1339–1361.
14. **E. Fattinanzi**, The role of valuation in the construction industry of the post-covid era, Valori e Valutazioni, 2020 (26) (2020) 3–10.
15. **X.-J. Li**, Research on investment risk influence factors of prefabricated building projects, Journal of Civil Engineering and Management, 26 (7) (2020) 599–613.
16. **S.Q. Wang, M.F. Dulaimi, M.Y. Aguria**, Risk management framework for construction projects in developing countries, Construction Management and Economics, 22 (3) (2004) 237–252.
17. **J. Górecki**, Big data analysis for risk management in construction projects, Proceedings of the 31<sup>st</sup> International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018: Innovation Management and Education Excellence through, Vision 2020 (2020) 2712–2721.
18. **E.K. Tereshko, I.A. Rudskaya**, Tsifrovoy potentsial stroitel'nogo kompleksa: ponyatiye, sushchnost i problemy razvitiya [Digital potential of the construction complex: concept, essence and problems of development], Scientific and Technical Bulletin of SPbSPU, Economic sciences, vol. 13, 3 (2020) 27–40.
19. **I.Yu. Pishchalkina, S.B. Suloyeva**, Sovremennyye metody i modeli sistemy risk-menedzhmenta s uchetom spetsifiki promyshlennykh predpriyatiy [Modern methods and models of the risk management system, taking into account the specifics of industrial enterprises], Production organizer, vol. 28, 4 (2020) 69–79.
20. URL: <https://www.palisade.com/risk/ru/> (accessed March 9, 2021).
21. URL: <https://www.oracle.com/ru/applications/crystalball/> (accessed March 9, 2021).
22. URL: <https://www.vosesoftware.com/products/modelrisk/> (accessed March 9, 2021).
23. URL: <https://www.realoptionsvaluation.com/risk-simulator/#ques1> (accessed March 9, 2021).
24. Vyyavleniye i otsenka strategicheskikh riskov kompanii [Identification and assessment of the company's strategic risks], Chief Financial Officer, (2015) URL: <https://fd.ru/articles/157264-sqk-15-m11-vyyavlenie-i-otsenka-strategicheskikh-riskov-kompanii> (accessed March 17, 2021).
25. Annual report of the Etalon Group. The Etalon group URL: <https://www.etalongroup.ru/about/annual-reports/> (accessed March 09, 2021).
26. Annual report "Legend". Legend URL: <https://legenda-dom.ru/investoram/reports> (accessed March 09, 2021).

*Статья поступила в редакцию 13.04.2021.*

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

**ПИЩАЛКИНА Илона Юрьевна**  
 E-mail: eskelinen.ilona@gmail.com  
**PISHCHALKINA Ilona Yu.**  
 E-mail: eskelinen.ilona@gmail.com



**ТЕРЕШКО Екатерина Кирилловна**

E-mail: ektereshko@mail.ru

**TERESHKO Ekaterina K.**

E-mail: ektereshko@mail.ru

**СУЛОЕВА Светлана Борисовна**

E-mail: suloeva\_sb@mail.ru

**SULOEVA Svetlana B.**

E-mail: suloeva\_sb@mail.ru