

УДК 336.645.1

DOI: 10.17586/2310-1172-2026-19-1-3-16

Научная статья

Язык статьи – русский

Имитационное моделирование инвестиционного проекта: концепция и инструментарий

Д-р экон. наук, доцент **Лисица М.И.** lisitsa1974@mail.ru

*Северо-Западный институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации
Россия, Санкт-Петербург*

Предметом исследования выступает инструментарий, исключая экспертное воздействие на исходные данные и экспертное вмешательство в процесс имитационного моделирования объекта, в качестве которого выбран инвестиционный проект в разрезе своих релевантных параметров. Ими признаются генерируемые события в виде чистого денежного потока за период времени, эффект в виде чистой приведенной стоимости сценариев развития инвестиционного проекта, для оценки которой требуется заданная инвестором ставка дисконтирования, а также срок полезного использования в виде предполагаемого/требуемого для осуществления промежутка времени. Исследование опирается на диалектический способ познания в разрезе методов количественного моделирования, анализа научных источников, инвестиционного анализа и визуализации результатов эксперимента. Цель исследования заключается в обосновании подхода, базирующегося на концепции убывающей временной ценности денег и опирающегося на всю совокупность сценариев формирования эффекта в процессе имитационного моделирования инвестиционного проекта в связи с конечной величиной предполагаемого/требуемого для осуществления промежутка времени. Отсюда задачи исследования заключаются, во-первых, в фиксации допущений и условий, для которых верны выдвигаемые теоретические положения, во-вторых, в подтверждении на основе обзора научных источников наличия проблемы искажения результатов имитационного моделирования, в-третьих, в обосновании пригодного для имитационного моделирования инвестиционного проекта инструментария, опирающегося исключительно на исходные данные (чистый денежный поток за период времени, ставку дисконтирования, предполагаемый/требуемый для осуществления промежуток времени), в-четвертых, в проверке работоспособности предложенного инструментария. Результат исследования заключается в получении работоспособного инструментария, не искажающего итоги имитационного моделирования на конечном объеме всей совокупности сценариев формирования эффекта в сфере инвестиционного проектирования. Это позволяет сделать вывод о предположительной пригодности предложенного метода и в других областях с конечным объемом всей совокупности сценариев достижения результата.

Ключевые слова: имитационное моделирование; инвестиционный проект; угроза/опасность; сценарий; исход; вероятность; чистая приведенная стоимость; чистый денежный поток; поступление денежных средств; выплата денежных средств.

Ссылка для цитирования:

Лисица М.И. Имитационное моделирование инвестиционного проекта: концепция и инструментарий // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2026. № 1. С. 3-16. DOI: 10.17586/2310-1172-2026-19-1-3-16.

Scientific article

Article in Russian

Simulation modeling of an investment project: concept and toolkit

D.Sc. **Lisitsa M.I.** lisitsa1974@mail.ru

*The North-West Institute of Management – a Branch of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation
Russia, Saint-Petersburg*

The subject of the research is the tools that exclude expert influence on the initial data and expert intervention in the process of simulation modeling of the object, as which the investment project is chosen in the context of its relevant parameters. They recognize the generated events in the form of net cash flow for period of time, the effect in the form of the net present value of the scenarios for the development of the investment project, the assessment of which requires the discount rate set by the investor, as well as the useful life in the form of the expected/required period of time. The study is based on the dialectical method of cognition in the context of methods of quantitative modeling, analysis of scientific sources, investment analysis and visualization of the results of the experiment. The purpose of the study is to substantiate the approach based on the concept of the decreasing time value of money and based on the entire set of scenarios for the formation of the effect in the process of simulation modeling of an investment project in connection with the final value of the expected/required time period for implementation. Hence, the objectives of the study are, firstly, to fix the assumptions and conditions for which the theoretical provisions put forward are correct, secondly, to confirm the existence of the problem of distortion of the results of simulation modeling on the basis of a review of scientific sources, thirdly, to substantiate the tools suitable for simulation modeling of an investment project, based solely on initial data (net cash flow for period of time, discount rate, Fourthly, in checking the operability of the proposed tools. The result of the study is to obtain a workable toolkit that does not distort the results of simulation modeling on the final volume of the entire set of scenarios for the formation of the effect in the field of investment design. This allows us to conclude that the proposed method is presumably suitable in other areas with a finite scope of the entire set of scenarios for achieving the result.

Keywords: simulation modeling; investment project; threat/danger; scenario; outcome; probability; net present value; net cash flow; cash inflow; cash outflow.

For citation:

Lisitsa M.I. Simulation modeling of an investment project: concept and toolkit. *Scientific journal NRU ITMO. Series «Economics and Environmental Management»*. 2026. № 1. P. 3-16. DOI: 10.17586/2310-1172-2026-19-1-3-16.

Введение

Для начала определимся с основополагающими идеями и допущениями, позволяющими установить научные границы и избежать избыточной детализации, не влияющей на содержательную сторону, но усложняющей ход исследования. Во-первых, оттолкнемся от абстрактного понимания (при наличии иных трактовок) инвестиционного проекта в качестве обладающего сроком полезного использования генератора будущих событий, воплощающихся через денежные оценки в форме ущербов/выгод его обладателя. Во-вторых, у всех будущих событий есть моменты начала и моменты завершения, а возникающие между ними предположительно непрерывные продолжительности уместно считать единичными периодами времени, причем одинаковыми по величине для каждого будущего события. В-третьих, примем в качестве корректного положение, чем в более отдаленном будущем возникает событие, тем интуитивно менее определенной видится генерируемая им денежная оценка, от которой тем интуитивно более очевидным становится потенциал отклонения либо в сторону ущерба, либо в сторону выгоды. В-четвертых, будем полагать, что потенциальный ущерб в отличие от потенциальной выгоды воспринимается интуитивно настороженно, в частности, как требующая измерения угроза/опасность. В-пятых, асимметрия в сторону настороженного восприятия потенциального ущерба ведет к осознанию (интуитивному убеждению), что одинаковые по величине денежные оценки, возникающие в более отдаленном будущем, делают меньший вклад в потенциальную выгоду по сравнению с возникающими в менее отдаленном будущем, в связи с чем будем считать востребованным обеспечение их сопоставимости с денежными оценками исключая асимметрию настоящего периода времени. В-шестых, действия по идентификации и наделению денежных оценок будущих событий временной сопоставимостью с денежными оценками настоящего периода времени, измерению ущербов/выгод и потенциала их наступления раскрывают понимание инвестиционного проекта, позволяя принять/отклонить решение об осуществлении.

Отсюда составим более конкретизированное представление о воплощении инвестиционного проекта как о генераторе событий. Во-первых, он имеет устанавливаемый владельцем, под которым будем понимать инвестора, предполагаемый/требуемый для осуществления промежутков времени, что сравнимо со сроком полезного использования. Во-вторых, задаваемым со стороны инвестора исходным параметром инвестиционного проекта выступает генерируемый им чистый денежный поток за период времени, который будем понимать (при наличии иных трактовок) исключительно как сальдо денежных средств за период времени, математически формирующееся через разность между поступлением денежных средств за период времени и выплатой денежных средств за период времени, в связи с чем возникающие ущербы/выгоды разумно считать изменением (уменьшением/увеличением) богатства инвестора. В-третьих, измеряемое в денежном выражении изменение богатства инвестора, очевидно, выступает результатом осуществления инвестиционного проекта, иначе говоря, его эффектом. В-четвертых, для

понимания заинтересованности/незаинтересованности инвестора в осуществлении инвестиционного проекта, необходимо измерить не только эффект, причем в исключительной асимметрии денежной оценке настоящего периода времени, но и потенциал (иначе говоря, шансы) отклонения в сторону достижения/недостижения эффекта, для чего требуются дополнительные объяснения.

Теперь определимся с пониманием измерения эффекта, иначе говоря, оценкой эффективности. Ее объяснения прослеживаются в двух направлениях. Изначальный взгляд на эффективность как на феномен зафиксирован в источнике [16], где под ней понимается способность к достижению желаемого результата. Отсюда уместно трактовать эффективность инвестиционного проекта как его способность к увеличению богатства инвестора. Однако в источнике [21] эффективность заявляется еще и в качестве показателя, а в источнике [12] приводится обзор таких показателей, связанных с измерением частных результатов. Отсюда с учетом требования об обеспечении временной сопоставимости чистых денежных потоков, генерируемых инвестиционным проектом и при этом подверженных отклонениям, в связи с которыми возникают разные сценарии его развития, уместно заявить в качестве показателя эффективности чистую приведенную стоимость сценариев развития инвестиционного проекта, показывающую в денежном выражении изменение (уменьшение/увеличение) богатства инвестора в случае осуществления инвестиционного проекта. Первое упоминание и схожую трактовку, но при этом неадаптированную к настоящему исследованию математическую формализацию названного показателя можно встретить в источнике [17], однако в источнике [23] наблюдается развитие методологии временной сопоставимости чистых денежных потоков через их дисконтирование – понижение оценки за счет выраженной в долях единицы ставки дисконтирования. Изложение и обсуждение методов определения ее размера достойно отдельного исследования, в связи с чем будем полагать, что инвестор задает ставку дисконтирования в качестве исходного параметра, однако укажем на нерешенные фундаментальные проблемы дисконтирования: а) чистая приведенная стоимость сценариев развития инвестиционного проекта является условной оценкой; б) серия смен знаков («минус»/«плюс» или «плюс»/«минус») у чистого денежного потока за период времени ведет к утрате экономического смысла показателем чистой приведенной стоимости сценариев развития инвестиционного проекта (например, при росте ставки дисконтирования величина названного показателя может сначала расти, а затем снижаться или сначала снижаться, а затем расти).

Далее определимся с пониманием шансов достижения/недостижения эффекта, очевидно, когда чистая приведенная стоимость сценариев развития инвестиционного проекта обретает значение больше/меньше нуля. Если учесть, что инвестиционный проект сравним с генератором событий, значит, для их распределения уместно воспользоваться структурным показателем, например вероятностью, которую будем трактовать (при наличии иных вариантов понимания) как долю релевантного события (либо долю группы релевантных событий) в общем количестве релевантных событий. Очевидно, что чистый денежный поток за период времени и есть (напомним, в виде заданной инвестором оценки) генерируемое инвестиционным проектом релевантное событие. Отсюда методом, пригодным для измерения шансов достижения/недостижения эффекта, является имитационное моделирование, эволюция и направления развития которого в свете проблем практического применения представлены в источнике [14], что требует обсуждения в пределах имеющихся границ исследования, а направления имитационного моделирования по отношению к бизнес-процессам систематизируются в источнике [4]. Их обобщенную схематизацию можно обнаружить в источнике [4], а более детализированный частный случай – в источнике [8], соответственно, схожим является процесс возникновения чистого денежного потока за период времени.

Теперь затронем противоречивость результатов применения имитационного моделирования. Например, в источнике [19] оно признается действенным инструментом оценки опасности, однако источник [18] более сдержан, с чем нельзя не согласиться, поскольку полученное распределение вероятностей не дает оснований для очевидных выводов о шансах достижения/недостижения эффекта, пусть даже специфического. Источник [13] приходит к заключению об имитационном моделировании как об инструменте повышения шанса достижения эффекта, однако источник [15], подтверждая этот вывод, скорее показывает проблему – влияние объема (когда не сформирована вся совокупность, а только выборка) имитаций/итераций на результат оценки шансов достижения/недостижения эффекта. Источник [5], подтверждая проблему, объясняет способ устранения неопределенности имитационного моделирования за счет увеличения объема имитаций/итераций, считая такое решение вариантом повышения шанса достижения эффекта, хотя все же это лишь улучшение процесса имитационного моделирования.

Далее обсудим проблему экспертного воздействия на процесс имитационного моделирования. Опираясь на результаты в графической форме, источник [2] указывает на необходимость внесения в исходные данные не являющихся их частью вероятностных оценок, а источник [3] – частот, также не являющихся частью исходных данных, при этом источник [9] пытается уйти от обозначенного влияния за счет генерации случайных чисел, но в исходные данные все равно примешиваются внешние (очевидно, экспертные) воздействия. Опираясь на результаты имитационного моделирования в табличной форме, источник [6] указывает на необходимость внесения в исходные данные не являющихся их частью вероятностных оценок либо частот, при этом источник [10] подтверждает данное

требование либо предлагает генерацию случайных чисел. Очевидно, что такое вмешательство должно влиять на результат имитационного моделирования, соответственно, здесь необходимо решение.

Преодоление проблемы экспертного воздействия на процесс имитационного моделирования требует ответа на вопрос, а какова вероятность одного сценария достижения эффекта? Думается, что она является неопределенной величиной. Тогда воспользуемся идеей, изложенной в источнике [1], в частности, вероятность одного сценария достижения эффекта уменьшается при увеличении их общего количества, а источник [7] вообще склоняется к равномерному (иначе говоря, с одинаковой вероятностью, т.е. равновероятному) распределению сценариев достижения эффекта, с чем можно согласиться, если принять мнение, высказанное в источнике [20], о случайной (когда не доступны для понимания причинно-следственные связи) генерации событий и необходимости выявления отклонений, сопровождающих достижение эффекта и возникающих под воздействием фоновых условий на исходные данные. Отсюда уместно предположить, что при отсутствии искажающих влияний чистый денежный поток за период времени был бы подобен аннуитету, который впервые упоминается и обсуждается в источнике [22] применительно к займу, платежи в счет погашения которого имеют неизменную/постоянную величину при любом развитии событий (причем данная мысль еще будет востребована).

Таким образом, задача исследования заключается в разработке и проверке практической применимости подхода, исключающего экспертное вмешательство в исходные данные инвестиционного проекта и экспертное воздействие на имитационное моделирование эффекта. Соответственно, выполнение сформулированной задачи опирается на инструментарий: а) расчета числа сценариев развития инвестиционного проекта за предполагаемый/требуемый для осуществления промежутков времени и определения вероятности одного сценария достижения эффекта; б) распределения заданного инвестором чистого денежного потока за период времени по направлениям развития инвестиционного проекта; в) оценки чистой приведенной стоимости сценариев развития инвестиционного проекта, вычисляемой с единой для всех сценариев развития инвестиционного проекта и заданной инвестором ставкой дисконтирования; г) ранжирования по возрастанию/убыванию с последующим подсчетом числа сценариев развития инвестиционного проекта с отрицательным/нулевым/положительным значением чистой приведенной стоимости и определения вероятности отрицательного/нулевого/положительного исхода инвестиционного проекта.

Проектирование инструментария идентификации сценариев развития, оценки эффективности и вероятности отрицательного/нулевого/положительного исхода инвестиционного проекта

Заметим, можно исходить из понимания имитационного моделирования в качестве инструмента улучшения инвестиционного проекта, в частности снижения неопределенности при генерировании эффекта, однако можно видеть в имитационном моделировании лишь инструмент получения количественного представления о неопределенности результата осуществления инвестиционного проекта. Причем обозначенные различия во взглядах одинаково позволяют понять, с какой вероятностью он окажется эффективным/неэффективным, иначе говоря, способным увеличить/уменьшить или оставить неизменным богатство инвестора, измеряемое посредством чистой приведенной стоимости сценариев развития инвестиционного проекта. Причем можно выяснить вероятность формирования отрицательных/нулевых/положительных значений названного показателя, для чего необходимо выявление сценариев развития инвестиционного проекта за предполагаемый/требуемый для осуществления промежутков времени.

Напомним, гипотеза, исключающая экспертное воздействие на исходные данные, благодаря чему устраняется искажающее влияние на результат имитационного моделирования инвестиционного проекта, состоит в допущении о случайности одного сценария достижения эффекта и равномерном/равновероятном распределении сценариев развития инвестиционного проекта за предполагаемый/требуемый для осуществления промежутков времени. Отсюда число сценариев развития инвестиционного проекта за предполагаемый/требуемый для осуществления промежутков времени может быть установлено с помощью записи (1), а вероятность одного сценария достижения эффекта обратно пропорциональна числу сценариев развития инвестиционного проекта за предполагаемый/требуемый для осуществления промежутков времени, что отражено в записи (2), обеспечивающей их равномерное распределение:

$$Q_{scnr} = 3^n \quad (1)$$

$$P_{scnr} = \frac{1}{Q_{scnr}} \quad (2)$$

где Q_{scnr} – число сценариев развития инвестиционного проекта за предполагаемый/требуемый для осуществления промежутков времени $t=1, \dots, n$; 3 – число направлений развития инвестиционного проекта; p_{scnr} – вероятность одного сценария достижения эффекта.

Объясним причину, по которой число сценариев развития инвестиционного проекта за предполагаемый/требуемый для осуществления промежутков времени рассчитывается на основе записи (1). Это является следствием принятого ранее допущения о наличии потенциала отклонения у генерируемых инвестиционным проектом денежных оценок либо в сторону ущерба, либо в сторону выгоды. Таким образом, число направлений развития инвестиционного проекта определяется генерируемым им чистым денежным потоком за период времени на каком-то одном уровне из трех альтернативных: 1) на предполагаемом инвестором; 2) ниже предполагаемого инвестором; 3) выше предполагаемого инвестором.

В рамках имитационного моделирования инвестиционного проекта должна быть проведена оценка эффективности каждого сценария, для чего потребуется идентификация всей совокупности сценариев. Соответственно, необходимо рассчитать значения чистого денежного потока за период времени на каждом уровне из трех альтернативных: 1) на предполагаемом инвестором; 2) ниже предполагаемого инвестором; 3) выше предполагаемого инвестором. Здесь потребуются записи (3), (4), (5), результаты использования которых необходимо распределить по табл. 1 (забегая немного вперед, укажем на необязательность, но желательность применения литер, позволяющих систематизировать образование сценариев формирования эффекта – см. табл. 3, 4), опираясь на уровень, предполагаемый инвестором.

Таблица 1

**Распределение заданного инвестором чистого денежного потока
 за период времени по направлениям развития инвестиционного проекта**

Период времени	Уровень		
	ниже предполагаемого инвестором	предполагаемый инвестором	выше предполагаемого инвестором
1	$(CIF_1 - COF_1) \cdot (1 - CV_{CF})$	$CIF_1 - COF_1$	$(CIF_1 - COF_1) \cdot (1 + CV_{CF})$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
t	$(CIF_t - COF_t) \cdot (1 - CV_{CF})$	$CIF_t - COF_t$	$(CIF_t - COF_t) \cdot (1 + CV_{CF})$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
n	$(CIF_n - COF_n) \cdot (1 - CV_{CF})$	$CIF_n - COF_n$	$(CIF_n - COF_n) \cdot (1 + CV_{CF})$

$$\mu_{CF} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n (CIF_t - COF_t) \quad (3)$$

$$\sigma_{CF} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n (CIF_t - COF_t - \mu_{CF})^2} \quad (4)$$

$$CV_{CF} = \frac{\sigma_{CF}}{\mu_{CF}} \quad (5)$$

где μ_{CF} – средний уровень чистого денежного потока; CIF_t – поступление денежных средств за период времени t ; COF_t – выплата денежных средств за период времени t ; $CIF_t - COF_t$ – чистый денежный поток за период времени t ; σ_{CF} – стандартное отклонение чистого денежного потока; CV_{CF} – коэффициент вариации чистого денежного потока.

Обсудим записи (1), (2), (3), (4), (5) и табл. 1, включая специфику понимания содержащихся в них параметров. Прежде всего, чистый денежный поток за период времени является, судя по принятой ранее математической формулировке (напомним, это сальдо денежных средств за период времени), результативным фактором, который задается инвестором в качестве исходного параметра, но из него можно выделить начальные факторы, когда речь идет о разности между поступлением денежных средств за период времени и выплатой денежных средств за период времени. В таком случае размер степени в записи (1) увеличится в два раза, а вероятность одного сценария достижения эффекта в записи (2) снизится в два раза. Разумеется, при возникновении

необходимости начальные факторы, математически определяющие чистый денежный поток за период времени (напомним, как разность между поступлением денежных средств за период времени и выплатой денежных средств за период времени) также можно распределить на отдельные компоненты, тогда размер степени в записи (1) увеличится в число раз, равное числу компонентов, а вероятность одного сценария достижения эффекта в записи (2) снизится в число раз, равное числу компонентов. Не исключено, что обсуждение целесообразности подобной детализации достойно отдельного исследования. Далее воспользуемся ранее упомянутым сравнением инвестиционного проекта с займом, платежи в счет погашения которого имеют неизменную/постоянную величину. Если так, то инвестиционный проект способен генерировать за предполагаемый/требуемый для осуществления промежутков времени неизменный/постоянный средний уровень чистого денежного потока, а его значение рассчитывается с помощью записи (3), заменяющей аннуитет (напомним, при допущении отсутствия деформирующих воздействий на инвестиционный проект). Тем не менее, инвестиционный проект все же отличается от займа, а генерируемый им чистый денежный поток за период времени в силу разнообразных причин может сформироваться с отклонением не только от аннуитетного значения в виде среднего уровня чистого денежного потока, но и от заданного уровня, предполагаемого инвестором (см. табл. 1). Иначе говоря, чистый денежный поток за период времени может подвергнуться деформации, уже сам по себе являясь результатом ее действия на средний уровень чистого денежного потока. Частным измерителем подобной деформации может выступить вычисляемое с помощью записи (4) стандартное отклонение чистого денежного потока. Обозначенный частный измеритель отражает средний разброс значений чистого денежного потока за период времени относительно среднего уровня чистого денежного потока. А вот параметром, связывающим распределение заданного инвестором чистого денежного потока за период времени по направлениям развития инвестиционного проекта (см. табл. 1), выступает вычисляемый с помощью записи (5) коэффициент вариации чистого денежного потока. В данной ситуации названный показатель отражает среднее отклонение, потенциально возникающее при генерировании инвестиционным проектом единицы стоимости абстрактного чистого денежного потока, при этом способного воплощаться в любом связанном с ним виде. Например, это воплощение может произойти либо через средний уровень чистого денежного потока, либо через чистый денежный поток за период времени, как в исследуемом случае.

Соответственно, если рассчитано среднее отклонение, потенциально возникающее при генерировании инвестиционным проектом единицы стоимости абстрактного чистого денежного потока, воплощенного, напомним, как в исследуемой ситуации, через чистый денежный поток за период времени, то в качестве одновременно технического и финансового результата умножения коэффициента вариации чистого денежного потока и чистого денежного потока за период времени формируется максимальное значение потенциального отклонения генерируемого инвестиционным проектом чистого денежного потока за период времени. Отсюда становятся очевидны альтернативы в виде одновременно технических и финансовых последствий. Во-первых, если чистый денежный поток за период времени уменьшается на максимальное значение потенциального отклонения генерируемого инвестиционным проектом чистого денежного потока за период времени, то верна часть табл. 1, которая расположена левее заданного уровня, предполагаемого инвестором, иначе говоря, чистый денежный поток за период времени сформируется на уровне, ниже предполагаемого инвестором. Во-вторых, если чистый денежный поток за период времени увеличивается на максимальное значение потенциального отклонения генерируемого инвестиционным проектом чистого денежного потока за период времени, то верна часть табл. 1, которая расположена правее заданного уровня, предполагаемого инвестором, иначе говоря, чистый денежный поток за период времени сформируется на уровне, выше предполагаемого инвестором.

Далее на примере частных случаев изложим принцип/примеры образования сценариев развития инвестиционного проекта и для удобства воспользуемся адаптированным в пределах настоящего исследования показателем чистой приведенной стоимости сценариев развития инвестиционного проекта. Если инвестиционный проект генерирует чистый денежный поток за период времени – см. табл. 1 – исключительно на уровне, предполагаемом (напомним, заданном) инвестором, то для оценки чистой приведенной стоимости сценариев развития инвестиционного проекта справедлива средняя строка записи (6). Если инвестиционный проект генерирует чистый денежный поток за период времени – см. табл. 1 – исключительно на уровне, выше (правее) предполагаемого (напомним, заданного) инвестором, то для оценки чистой приведенной стоимости сценариев развития инвестиционного проекта справедлива верхняя строка записи (6). Если инвестиционный проект генерирует чистый денежный поток за период времени – см. табл. 1 – исключительно на уровне, ниже (левее) предполагаемого (напомним, заданного) инвестором, то для оценки чистой приведенной стоимости сценариев развития инвестиционного проекта справедлива нижняя строка записи (6). Генерируемый инвестиционным проектом чистый денежный поток за период времени может развиваться по диагонали табл. 1: а) с «северо-запада» → через «центр» → на «юго-восток», тогда в верхнюю строку записи (6) надо внести денежный поток за период времени с «северо-запада», т.е. $(CIF_1 - COF_1) \cdot (1 - CV_{CF})$, а в нижнюю строку записи (6) надо внести денежный поток за период времени с «юго-востока» $(CIF_n - COF_n) \cdot (1 + CV_{CF})$, оставив без изменения среднюю строку записи (6); б) с «северо-востока» → через «центр» → на «юго-запад», тогда в верхнюю строку записи (6) надо внести денежный

поток за период времени с «северо-востока», т.е. $(CIF_t - COF_t) \cdot (1 + CV_{CF})$, а в нижнюю строку записи (6) надо внести денежный поток за период времени с «юго-запада», т.е. $(CIF_n - COF_n) \cdot (1 - CV_{CF})$, оставив без изменения среднюю строку записи (6). Именно так трансформируется запись (6) с учетом всех сочетаний чистого денежного потока за период времени:

$$NPV_{scnr} = \begin{pmatrix} \sum_{t=1}^n \frac{(CIF_t - COF_t) \cdot (1 - CV_{CF})}{(1+R)^t} \\ \vdots \\ \sum_{t=1}^n \frac{CIF_t - COF_t}{(1+R)^t} \\ \vdots \\ \sum_{t=1}^n \frac{(CIF_t - COF_t) \cdot (1 + CV_{CF})}{(1+R)^t} \end{pmatrix} \quad (6)$$

где NPV_{scnr} – чистая приведенная стоимость сценариев развития инвестиционного проекта; R – заданная инвестором ставка дисконтирования.

Затем для получения групп однородных оценок (отрицательных/нулевых/положительных) желательно (хотя и необязательно) чистую приведенную стоимость сценариев развития инвестиционного проекта подвергнуть ранжированию (подчеркнем, с учетом знаков «минус»/«плюс») либо по возрастанию, либо по убыванию. Это удобное решение позволяет избежать ошибок счета при дальнейшем формировании отдельных совокупностей, включающих: а) число сценариев развития инвестиционного проекта с отрицательным значением чистой приведенной стоимости, напомним, когда богатство инвестора уменьшится (т.е. какой бы ни была величина показателя чистой приведенной стоимости, важен ее знак, указывающий на корректное формирование однородной группы событий); б) число сценариев развития инвестиционного проекта с нулевым значением чистой приведенной стоимости, напомним, когда богатство инвестора не изменится (т.е. в связи с отсутствием знака важна нулевая величина показателя чистой приведенной стоимости, указывающая на корректное формирование однородной группы событий); в) число сценариев развития инвестиционного проекта с положительным значением чистой приведенной стоимости, напомним, когда богатство инвестора увеличится (т.е. какой бы ни была величина показателя чистой приведенной стоимости, важен ее знак, указывающий на корректное формирование однородной группы событий). Наконец, посредством записи (7) определяется вероятность отрицательного исхода инвестиционного проекта (напомним, когда предполагается уменьшение богатства инвестора, о чем сигнализирует сформированная совокупность из числа сценариев развития инвестиционного проекта с отрицательным значением чистой приведенной стоимости), посредством записи (8) определяется вероятность нулевого исхода инвестиционного проекта (напомним, когда не предполагается изменение богатства инвестора, о чем сигнализирует сформированная совокупность из числа сценариев развития инвестиционного проекта с нулевым значением чистой приведенной стоимости), посредством записи (9) определяется вероятность положительного исхода инвестиционного проекта (напомним, когда предполагается увеличение богатства инвестора, о чем сигнализирует сформированная совокупность из числа сценариев развития инвестиционного проекта с положительным значением чистой приведенной стоимости):

$$P_{neg} = Q_{neg} \cdot P_{scnr} \quad (7)$$

$$P_{zero} = Q_{zero} \cdot P_{scnr} \quad (8)$$

$$P_{pos} = Q_{pos} \cdot P_{scnr} \quad (9)$$

где P_{neg} – вероятность отрицательного исхода инвестиционного проекта; P_{zero} – вероятность нулевого исхода инвестиционного проекта; P_{pos} – вероятность положительного исхода инвестиционного проекта; Q_{neg} – число сценариев развития инвестиционного проекта с отрицательным значением чистой приведенной стоимости; Q_{zero} – число сценариев развития инвестиционного проекта с нулевым значением чистой приведенной стоимости; Q_{pos} – число сценариев развития инвестиционного проекта с положительным значением чистой приведенной стоимости.

Объясним специфику результатов вычислений на основе записей (7), (8), (9). Прежде всего, вероятность отрицательного/нулевого/положительного исхода инвестиционного проекта может не оказаться информативной/релевантной оценкой, из-за чего результат имитационного моделирования не позволит принять/отклонить решение об осуществлении инвестиционного проекта. Причина заключается в отсутствии критерия приемлемости, обсуждение способов установления которого достойно отдельного исследования, причем может трактоваться в качестве экспертного вмешательства, потенциально искажающего исходные данные, а также процесс имитационного моделирования инвестиционного проекта. Однако при наличии такого критерия, например, в виде минимально приемлемой величины вероятности положительного исхода инвестиционного проекта, ситуация меняется. Соответственно, если по результатам имитационного моделирования вероятность положительного исхода инвестиционного проекта окажется не ниже (обратим внимание, во избежание манипуляций округлениями дробных значений уместно установить требование о превышении) критерия приемлемости, то инвестиционный проект при соблюдении остальных обязательных условий, от обсуждения которых воздержимся, может быть рекомендован к осуществлению, поскольку опасность ущерба не считается критической. Наоборот, если по результатам имитационного моделирования вероятность положительного исхода инвестиционного проекта окажется ниже (обратим внимание, во избежание манипуляций округлениями дробных значений уместно установить требование о непревышении) критерия приемлемости, то инвестиционный проект не должен быть рекомендован к осуществлению, поскольку опасность ущерба считается критической. Напомним, здесь речь идет не об улучшении свойств/содержания, а об измерении неопределенности осуществления инвестиционного проекта, поскольку его улучшение требует мер по увеличению вероятности положительного исхода инвестиционного проекта, обсуждение которых достойно отдельного исследования. Тем не менее, без установления критерия приемлемости, который способен внести потенциальные искажения в исходные данные, а также в процесс имитационного моделирования инвестиционного проекта, можно обойтись, если сравнить вероятность положительного исхода инвестиционного проекта в рамках разных способов его осуществления, причем предпочтительным способом осуществления инвестиционного проекта, очевидно, окажется наименее опасный, иначе говоря, наиболее безопасный, признак чего в любом случае проявляется через наибольшую вероятность положительного исхода инвестиционного проекта.

На этом изложение инструментария имитационного моделирования инвестиционного проекта завершается. Обратим внимание, представленный инструментарий исключает экспертное вмешательство в исходные данные, следовательно, исключается и внесение искажений в результаты имитационного моделирования инвестиционного проекта, требующее формирования всей совокупности сценариев генерирования чистого денежного потока за период времени.

Применение инструментария идентификации сценариев развития, оценки эффективности и вероятности отрицательного/нулевого/положительного исхода инвестиционного проекта

Далее проведем экспериментальную проверку предложенного инструментария на условном примере. В частности, будем полагать, что инвестиционный проект характеризуется представленными в табл. 2 исходными данными, предоставленными инвестором.

Таблица 2

Предполагаемый инвестором чистый денежный поток за период времени

Период времени	Значение, млн. р.
1	-150
2	100
3	120

Для удобства необходимые для имитационного моделирования инвестиционного проекта параметры (а затем и результаты) сосредоточим в табл. 5, из которой потребуется изъять полученные расчетным путем: а) средний уровень чистого денежного потока; б) стандартное отклонение по чистому денежному потоку; в) коэффициент вариации чистого денежного потока. На основе представленных в табл. 2 исходных данных, а также названных в табл. 5 показателей составим табл. 3.

Таблица 3

**Распределение заданного инвестором чистого денежного потока
 за период времени по направлениям развития инвестиционного проекта**

Период времени	Уровень					
	ниже предполагаемого инвестором, млн. р.	литер	предполагаемый инвестором, млн. р.	литер	выше предполагаемого инвестором, млн. р.	литер
1	$-150 \cdot (1 - 5,2644) = 639,7$	<i>A</i>	-150	<i>Г</i>	$-150 \cdot (1 + 5,2644) = -939,7$	<i>Ж</i>
2	$100 \cdot (1 - 5,2644) = -426,4$	<i>Б</i>	100	<i>Д</i>	$100 \cdot (1 + 5,2644) = 626,4$	<i>З</i>
3	$120 \cdot (1 - 5,2644) = -511,7$	<i>В</i>	120	<i>Е</i>	$120 \cdot (1 + 5,2644) = 751,7$	<i>И</i>

Воспользуемся размещенными в табл. 3 литерами, выстраивание которых в сочетании отображает процесс формирования всех сценариев развития инвестиционного проекта (когда каждый литер встречается 9 раз, но в разной последовательности), а также результатами вычислений и поместим их в табл. 4. Для этого потребуется заданная инвестором ставка дисконтирования, представленная в табл. 5.

Таблица 4

Чистая приведенная стоимость сценариев развития инвестиционного проекта

Порядковый номер сценария	Название сценария	Чистая приведенная стоимость сценариев развития инвестиционного проекта, млн. р.
1	<i>АБВ</i>	$\frac{639,7}{(1+0,11)^1} + \frac{-426,4}{(1+0,11)^2} + \frac{-511,7}{(1+0,11)^3} = -144,0$
2	<i>АБЕ</i>	$\frac{639,7}{(1+0,11)^1} + \frac{-426,4}{(1+0,11)^2} + \frac{120}{(1+0,11)^3} = 317,9$
3	<i>АБИ</i>	$\frac{639,7}{(1+0,11)^1} + \frac{-426,4}{(1+0,11)^2} + \frac{751,7}{(1+0,11)^3} = 779,8$
4	<i>АДВ</i>	$\frac{639,7}{(1+0,11)^1} + \frac{100}{(1+0,11)^2} + \frac{-511,7}{(1+0,11)^3} = 283,3$
5	<i>АДЕ</i>	$\frac{639,7}{(1+0,11)^1} + \frac{100}{(1+0,11)^2} + \frac{120}{(1+0,11)^3} = 745,2$
6	<i>АДИ</i>	$\frac{639,7}{(1+0,11)^1} + \frac{100}{(1+0,11)^2} + \frac{751,7}{(1+0,11)^3} = 1207,1$
7	<i>АЗВ</i>	$\frac{639,7}{(1+0,11)^1} + \frac{626,4}{(1+0,11)^2} + \frac{-511,7}{(1+0,11)^3} = 710,5$
8	<i>АЗЕ</i>	$\frac{639,7}{(1+0,11)^1} + \frac{626,4}{(1+0,11)^2} + \frac{120}{(1+0,11)^3} = 1172,5$
9	<i>АЗИ</i>	$\frac{639,7}{(1+0,11)^1} + \frac{626,4}{(1+0,11)^2} + \frac{751,7}{(1+0,11)^3} = 1634,4$
10	<i>ГБВ</i>	$\frac{-150}{(1+0,11)^1} + \frac{-426,4}{(1+0,11)^2} + \frac{-511,7}{(1+0,11)^3} = -855,4$

Порядковый номер сценария	Название сценария	Чистая приведенная стоимость сценариев развития инвестиционного проекта, млн. р.
11	ГБЕ	$\frac{-150}{(1+0,11)^1} + \frac{-426,4}{(1+0,11)^2} + \frac{120}{(1+0,11)^3} = -393,5$
12	ГБИ	$\frac{-150}{(1+0,11)^1} + \frac{-426,4}{(1+0,11)^2} + \frac{751,7}{(1+0,11)^3} = 68,4$
13	ГДВ	$\frac{-150}{(1+0,11)^1} + \frac{100}{(1+0,11)^2} + \frac{-511,7}{(1+0,11)^3} = -428,1$
14	ГДЕ	$\frac{-150}{(1+0,11)^1} + \frac{100}{(1+0,11)^2} + \frac{120}{(1+0,11)^3} = 33,8$
15	ГДИ	$\frac{-150}{(1+0,11)^1} + \frac{100}{(1+0,11)^2} + \frac{751,7}{(1+0,11)^3} = 495,7$
16	ГЗВ	$\frac{-150}{(1+0,11)^1} + \frac{626,4}{(1+0,11)^2} + \frac{-511,7}{(1+0,11)^3} = -0,9$
17	ГЗЕ	$\frac{-150}{(1+0,11)^1} + \frac{626,4}{(1+0,11)^2} + \frac{120}{(1+0,11)^3} = 461,0$
18	ГЗИ	$\frac{-150}{(1+0,11)^1} + \frac{626,4}{(1+0,11)^2} + \frac{751,7}{(1+0,11)^3} = 923,0$
19	ЖБВ	$\frac{-939,7}{(1+0,11)^1} + \frac{-426,4}{(1+0,11)^2} + \frac{-511,7}{(1+0,11)^3} = -1566,8$
20	ЖБЕ	$\frac{-939,7}{(1+0,11)^1} + \frac{-426,4}{(1+0,11)^2} + \frac{120}{(1+0,11)^3} = -1104,9$
21	ЖБИ	$\frac{-939,7}{(1+0,11)^1} + \frac{-426,4}{(1+0,11)^2} + \frac{751,7}{(1+0,11)^3} = -643,0$
22	ЖДВ	$\frac{-939,7}{(1+0,11)^1} + \frac{100}{(1+0,11)^2} + \frac{-511,7}{(1+0,11)^3} = -1139,6$
23	ЖДЕ	$\frac{-939,7}{(1+0,11)^1} + \frac{100}{(1+0,11)^2} + \frac{120}{(1+0,11)^3} = -677,6$
24	ЖДИ	$\frac{-939,7}{(1+0,11)^1} + \frac{100}{(1+0,11)^2} + \frac{751,7}{(1+0,11)^3} = -215,7$
25	ЖЗВ	$\frac{-939,7}{(1+0,11)^1} + \frac{626,4}{(1+0,11)^2} + \frac{-511,7}{(1+0,11)^3} = -712,3$
26	ЖЗЕ	$\frac{-939,7}{(1+0,11)^1} + \frac{626,4}{(1+0,11)^2} + \frac{120}{(1+0,11)^3} = -250,4$
27	ЖЗИ	$\frac{-939,7}{(1+0,11)^1} + \frac{626,4}{(1+0,11)^2} + \frac{751,7}{(1+0,11)^3} = 211,6$

При полученном в табл. 4 числе сценариев развития инвестиционного проекта откажемся от ранжирования денежных оценок из-за их небольшого количества, а просто зафиксируем в табл. 5 число сценариев развития инвестиционного проекта с отрицательным/нулевым/положительным значением чистой приведенной стоимости. Кроме того, здесь же (в табл. 5) рассчитывается число сценариев развития инвестиционного проекта за предполагаемый/требуемый для осуществления промежутков времени, которое проверяется на наличие обязательного совпадения с последним порядковым номером сценария в табл. 4, поскольку иное дает сигнал о наличии ошибок, подлежащих устранению. Соответственно, получив сигнал о корректном отражении в табл. 4 всей совокупности сценариев развития инвестиционного проекта, поскольку последний порядковый номер

сценария в табл. 4 совпадает с рассчитанным в табл. 5 числом сценариев развития инвестиционного проекта за предполагаемый/требуемый для осуществления промежуток времени, определяем вероятность одного сценария достижения эффекта, после чего вероятность отрицательного/нулевого/положительного исхода инвестиционного проекта.

Таблица 5

Параметры имитационного моделирования и формирование вероятности отрицательного/нулевого/положительного исхода инвестиционного проекта

Показатель	Ход и результаты расчетов
μ_{CF}	$\frac{1}{3} \cdot (-150 + 100 + 120) = 23,3 \text{ млн. р.}$
σ_{CF}	$\sqrt{\frac{1}{3} \cdot \left((-150-23,3)^2 + (100-23,3)^2 + (120-23,3)^2 \right)} = 122,8 \text{ млн. р.}$
CV_{CF}	$\frac{122,8}{23,3} = 5,2644$
R	0,15
Q_{scnr}	$3^3 = 27$
p_{scnr}	$\frac{1}{27}$
Q_{neg}	13
Q_{zero}	0
Q_{pos}	14
p_{neg}	$13 \cdot \frac{1}{27} = 0,4815$
p_{zero}	$0 \cdot \frac{1}{27} = 0$
p_{pos}	$14 \cdot \frac{1}{27} = 0,5185$

На этом эксперимент по имитационному моделированию инвестиционного проекта завершается выводом о работоспособности подхода. Кроме того, удалось избежать экспертного вмешательства в исходные данные и экспертного воздействия на результат, отразив все сценарии его формирования, когда были использованы исключительно исходные данные инвестиционного проекта и представленный инструментарий в соответствующей логике действий, не требующей внесения со стороны эксперта дополнительных сведений, изначально не являющихся частью инвестиционного проекта.

Заключение

Подводя итоги, отметим следующее. Имитационное моделирование является методом, позволяющим измерить вероятность отрицательного/нулевого/положительного исхода инвестиционного проекта, но не преодолеть неопределенность его осуществления при достижении эффекта. Обзор научных источников подтверждает данную мысль, поскольку в них приводятся способы улучшения метода имитационного моделирования на примере разных объектов, включая инвестиционные проекты, хотя это и выдается за улучшение состояния самих объектов. Если данное соображение отнести к инвестиционному проекту, то лишь меры по совершенствованию его самого, но не процесса имитационного моделирования позволят дополнительно раскрыть инвестиционный проект, а результаты имитационного моделирования дадут измерения, на основе которых может быть принято решение принять или отклонить инвестиционный проект. Тем не менее, по-прежнему остается актуальной проблема совершенствования процесса имитационного моделирования. В частности, речь идет об

экспертном вмешательстве в исходные данные, которое за исключением других способов маскируется применением генератора случайных чисел формирования объема выборки. Нельзя отрицать, что в процессах, идущих бесконечно, общая совокупность сценариев получения эффекта бесконечна, в связи с чем утрачивается физическая возможность имитационного моделирования, конечно, если не ограничить число сценариев выборкой. Однако инвестиционный проект имеет предполагаемый/требуемый для осуществления промежутков времени, иначе говоря, ограниченный срок полезного использования, что позволяет исключить экспертное воздействие на исходные данные, позволяя избежать искажения результатов имитационного моделирования инвестиционного проекта. В частности, для решения проблемы предлагается инструментарий, позволяющий определить число сценариев развития инвестиционного проекта за предполагаемый/требуемый для осуществления промежутков времени, после чего оценивается эффект по каждому сценарию из их общей совокупности, в результате на основе всей совокупности сценариев измеряется вероятность отрицательного/нулевого/положительного исхода инвестиционного проекта. При этом эксперимент на небольшом объеме общей совокупности сценариев подтвердил работоспособность предложенного подхода к имитационному моделированию инвестиционного проекта. Однако при увеличении предполагаемого/требуемого для осуществления промежутка времени генерируется такое число сценариев, что для имитационного моделирования инвестиционного проекта потребуется применение автоматизированного алгоритма, соответствующего разработанному инструментарию, а анализ имеющихся компьютерных программ не проводился, поскольку достоин отдельного обзора, на чем и завершим исследование, результаты которого могут быть востребованы в среде ученых и практиков инвестиционного проектирования.

Литература

1. *Анохина Ю.А.* Метод сценариев в стратегическом управлении // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд. 2010. № 1-2. С. 97-101.
2. *Бирюков А.Н.* Имитационное моделирование как элемент управления рисками для укрепления финансового положения фирмы // Иннов: электронный научный журнал. 2016. № 4. С. 1-8.
3. *Бирюков А.Н.* Имитационное математическое моделирование прогнозирования финансовых потоков на основе анализа риска деятельности транспортной фирмы // Современные научные исследования и разработки. 2018. №8. С. 36-42.
4. *Брусакова И.А.* Имитационное моделирование бизнес-процессов для цифровых двойников // Петербургский экономический журнал. 2023. № 1. С. 51-61.
5. *Заболотнов Д.А., Матросова Е.В.* Применение имитационного моделирования в программной среде Anylogic для повышения эффективности управления продажами // Вектор экономики. 2023. № 5. С. 1-16.
6. *Леута И., Безруких Ю., Мельникова Е.* Имитационное моделирование как инструмент управления финансовыми проектами на лесопромышленных предприятиях // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2016. № 4. С. 108-113.
7. *Орлов А.И.* Распределения реальных статистических данных не являются нормальными // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 117. С. 71-90.
8. *Орлова Е.В.* Имитационная модель управления стохастическими финансовыми потоками предприятия // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2012. № 5. С. 185-189.
9. *Рожков И.М., Исаева Н.А., Зайцев И.М., Ларионова И.А., Костюхин Ю.Ю.* Управление производимой предприятием добавленной стоимостью с применением имитационного моделирования // Экономика промышленности. 2018. Т. 11. № 1. С. 44-51.
10. *Харьков В.П.* Вероятностное моделирование финансовых результатов торговых операций методом «Монте-Карло» // Вестник Национального Института Бизнеса. 2020. № 39. С. 244-248.
11. *Черняховская Л.Р., Никулина Н.О., Гарайшин Ш.Г., Малахова А.И., Ярмухаметова Г.И.* Управление бизнес-процессами на основе результатов имитационного моделирования и анализа проблемных ситуаций // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2020. № 2. С. 73-83.
12. *Штеле Е.А., Вечерковская О.Б.* К вопросу о понятии «эффективность» // Экономический анализ: теория и практика. 2017. № 5. С. 935-947.
13. *Atyunkina I., Kirpikov A.* Imitation Modeling as a Tool of Analytical Substantiation of Sales Policy // International Journal on Emerging Technologies. 2019. Vol. 10. № 2. P. 20-24.
14. *Bulygina O.V., Vlasova E.A.* Features of Building Hybrid Simulation Models in Actor Pilgrim // Journal of Applied Informatics. 2022. Vol. 17. № 1. P. 109-116.

15. Cieślukowski M., Garsztko P., Zyznarska-Dworczak B. The Impact of Robotification on the Financial Situation of Microenterprises: Evidence from the Financial Services Sector in Poland // *Risks*. 2022. Vol. 10. № 2. P. 38-49.
16. Emerson H. The Twelve Principles of Efficiency. New York: The Engineering Magazine, 1912. 423 p.
17. Fisher I. The Rate of Interest. New York: Macmillan, 1907. 442 p.
18. Huang Y., Li J., Shi V., Qi Y. Predicting the Impacts of the COVID-19 Pandemic on Food Supply Chains and Their Sustainability: A Simulation Study // *Discrete Dynamics in Nature and Society*. 2021. № 5. P. 71-94.
19. Janshanlo R.E., Noyanov M.E., Andybayeva G.T. Simulation of Company's Bankruptcy Probability Based on Catastrophe Theory//*Indian Journal of Science and Technology*. 2016. Vol. 9. №47. P. 10-19.
20. Sibgatullin T.A. Prospective Analysis of Company's Financial Results for Managerial Purposes // *Innovation and Investment*. 2020. № 4. P. 130-134.
21. Sickles R., Zelenyuk V. Measurement of Productivity and Efficiency. New York: Cambridge University Press, 2019. 601 p.
22. Sprague T.B. On the Value of Annuities payable Half-yearly, Quarterly, etc. (Part III)//*Journal of the Institute of Actuaries*. 1867. № 5. P. 305-324.
23. Williams J.B. The Theory of Investment Value. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1938. 613 p.

References

1. Anokhina Yu.A. Metod stsenarijev v strategicheskom upravlenii // *Sovremennye tendentsii v ekonomike i upravlenii: novyi vzglyad*. 2010. № 1-2. S. 97-101.
2. Biryukov A.N. Imitatsionnoe modelirovanie kak element upravleniya riskami dlya ukrepleniya finansovogo polozheniya firmy // *Innov: elektronnyi nauchnyi zhurnal*. 2016. № 4. S. 1-8.
3. Biryukov A.N. Imitatsionnoe matematicheskoe modelirovanie prognozirovaniya finansovykh potokov na osnove analiza riska deyatelnosti transportnoi firmy // *Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki*. 2018. №8. S. 36-42.
4. Brusakova I.A. Imitatsionnoe modelirovanie biznes-protsessov dlya tsifrovyykh dvoynikov // *Peterburgskii ekonomicheskii zhurnal*. 2023. № 1. S. 51-61.
5. Zabolotnov D.A., Matrosova E.V. Primenenie imitatsionnogo modelirovaniya v programmnoi srede Anylogic dlya povysheniya effektivnosti upravleniya prodazhami // *Vektor ekonomiki*. 2023. № 5. S. 1-16.
6. Leuta I., Bezrukikh Yu., Mel'nikova E. Imitatsionnoe modelirovanie kak instrument upravleniya finansovymi proektami na lesopromyshlennykh predpriyatiyakh // *RISK: Resursy, Informatsiya, Snabzhenie, Konkurentsia*. 2016. № 4. S. 108-113.
7. Orlov A.I. Raspredeleniya real'nykh statisticheskikh dannykh ne yavlyayutsya normal'nymi // *Politemicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. № 117. S. 71-90.
8. Orlova E.V. Imitatsionnaya model' upravleniya stokhasticheskimi finansovymi potokami predpriyatiya // *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki*. 2012. № 5. S. 185-189.
9. Rozhkov I.M., Isaeva N.A., Zaitsev I.M., Larionova I.A., Kostyukhin Yu.Yu. Upravlenie proizvodimoi predpriyatiem dobavlennoi stoimost'yu s primeneniem imitatsionnogo modelirovaniya // *Ekonomika promyshlennosti*. 2018. T. 11. № 1. S. 44-51.
10. Khar'kov V.P. Veroyatnostnoe modelirovanie finansovykh rezul'tatov torgovykh operatsii metodom «Monte-Karlo» // *Vestnik Natsional'nogo Instituta Biznesa*. 2020. № 39. S. 244-248.
11. Chernyakhovskaya L.R., Nikulina N.O., Garaishin Sh.G., Malakhova A.I., Yarmukhametova G.I. Upravlenie biznes-protsessami na osnove rezul'tatov imitatsionnogo modelirovaniya i analiza problemnykh situatsii // *Informatsionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii*. 2020. № 2. S. 73-83.
12. Shtele E.A., Vecherkovskaya O.B. K voprosu o ponyatii «effektivnost'» // *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika*. 2017. № 5. S. 935-947.
13. Atyunkina I., Kirpikov A. Imitation Modeling as a Tool of Analytical Substantiation of Sales Policy // *International Journal on Emerging Technologies*. 2019. Vol. 10. № 2. P. 20-24.
14. Bulygina O.V., Vlasova E.A. Features of Building Hybrid Simulation Models in Actor Pilgrim // *Journal of Applied Informatics*. 2022. Vol. 17. № 1. P. 109-116.
15. Cieślukowski M., Garsztko P., Zyznarska-Dworczak B. The Impact of Robotification on the Financial Situation of Microenterprises: Evidence from the Financial Services Sector in Poland // *Risks*. 2022. Vol. 10. № 2. P. 38-49.
16. Emerson H. The Twelve Principles of Efficiency. New York: The Engineering Magazine, 1912. 423 p.
17. Fisher I. The Rate of Interest. New York: Macmillan, 1907. 442 p.
18. Huang Y., Li J., Shi V., Qi Y. Predicting the Impacts of the COVID-19 Pandemic on Food Supply Chains and Their Sustainability: A Simulation Study // *Discrete Dynamics in Nature and Society*. 2021. № 5. P. 71-94.

19. Janshanlo R.E., Noyanov M.E., Andybayeva G.T. Simulation of Company's Bankruptcy Probability Based on Catastrophe Theory // *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. Vol. 9. №47. P. 10-19.
20. Sibgatullin T.A. Prospective Analysis of Company's Financial Results for Managerial Purposes // *Innovation and Investment*. 2020. № 4. P. 130-134.
21. Sickles R., Zelenyuk V. Measurement of Productivity and Efficiency. New York: Cambridge University Press, 2019. 601 p.
22. Sprague T.B. On the Value of Annuities payable Half-yearly, Quarterly, etc. (Part III)//*Journal of the Institute of Actuaries*. 1867. № 5. P. 305-324.
23. Williams J.B. The Theory of Investment Value. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1938. 613 p.

Статья поступила в редакцию 20.11.2025
Принята к публикации 02.03.2026

Received 20.11.2025
Accepted for publication 02.03.2026