

Научно-исследовательский журнал «Modern Economy Success»

<https://mes-journal.ru>

2025, № 1 / 2025, Iss. 1 <https://mes-journal.ru/archives/category/publications>

Научная статья / Original article

Шифр научной специальности: 5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике (экономические науки)

УДК 336.018

DOI: 10.58224/2500-3747-2025-1-308-315



¹ Безручко Д.С.,

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Построение классификации экономико-математических моделей инвестиционных проектов

Аннотация: актуальность настоящего исследования связана с необходимостью создания методологии экономико-математического моделирования инвестиционных проектов. Имеющие методические подходы и некоторые нормативные документы по построению моделей до сих пор не систематизированы и не опираются на надежный теоретический фундамент. В практической деятельности по созданию моделей инвестиционных проектов уже имеются сложившиеся общепринятые практики, достигнуто понимание, что наилучшее качество модели достигается при использовании метода трех отчетов. Однако отсутствие единой методологии моделирования приводит к искажениям как самих расчетах, так и в интерпретации полученных результатов. Также в настоящее время нет сложившегося понимания о границах применимости тех или иных моделей.

В рамках настоящего исследования нас интересуют экономико-математические модели именно инвестиционных проектов. Разработка классификации таких моделей позволит в дальнейшем создать методологию их построения и применения, что существенно повысит качество принимаемых инвестиционных решений.

В исследовании мы выбрали следующие классификационные признаки моделей: по объекту моделирования, по структуре данных, по масштабу моделируемого объекта, по полноте учета материальных и денежных потоков, по доступности алгоритма расчета для редактирования, по возможности повторного использования. Сделан вывод, что детерминированные модели инвестиционных проектов, выполненные в табличном процессоре MS Excel на основе открытых алгоритмов расчета с использованием универсальных программ (шаблонов) являются наиболее распространенным и востребованным видом экономико-математической модели.

Также автор обращает внимание, что вероятностные модели на основе метода Монте-Карло являются весьма перспективным подклассом модели ввиду их широких возможностей для анализа рисков.

Ключевые слова: экономико-математические модели, инвестиционный проект, классификация моделей, финансовые модели

Для цитирования: Безручко Д.С. Построение классификации экономико-математических моделей инвестиционных проектов // Modern Economy Success. 2025. № 1. С. 308 – 315. DOI: 10.58224/2500-3747-2025-1-308-315

Поступила в редакцию: 25 сентября 2024 г.; Одобрена после рецензирования: 28 ноября 2024 г.; Принята к публикации: 9 января 2025 г.

¹ Bezruchko D.S.,
¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Classification of economic and mathematical models of investment projects

Abstract: the relevance of this study is associated with the need to create a methodology for economic and mathematical modeling of investment projects. The existing methodological approaches and some regulatory documents on building models have not yet been systematized and do not rely on a reliable theoretical foundation. In practical activities to create investment project models, there are already established generally accepted practices, an understanding has been reached that the best quality of the model is achieved when using the three-report method. However, the lack of a unified methodology for modeling leads to distortions in both the calculations themselves and in the interpretation of the results obtained. Also, at present, there is no established understanding of the limits of applicability of certain models.

In this study, we are interested in economic and mathematical models of investment projects. Developing a classification of such models will allow us to create a methodology for their construction and application in the future, which will significantly improve the quality of investment decisions.

In the study, we selected the following classification features of models: by modeling object, by data structure, by scale of the modeled object, by completeness of accounting of material and cash flows, by availability of the calculation algorithm for editing, by the possibility of reuse. It is concluded that deterministic models of investment projects, executed in the MS Excel spreadsheet processor based on open calculation algorithms using universal programs (templates) are the most common and popular type of economic and mathematical model. The author also draws attention to the fact that probabilistic models based on the Monte Carlo method are a very promising subclass of the model due to their wide possibilities for risk analysis.

Keywords: economic and mathematical models, investment project, classification of models, financial models

For citation: Bezruchko D.S. Classification of economic and mathematical models of investment projects. Modern Economy Success. 2025. 1. P. 308 – 315. DOI: 10.58224/2500-3747-2025-1-308-315

The article was submitted: September 25, 2024; Approved after reviewing: November 28, 2024; Accepted for publication: January 9, 2025.

Введение

Развитие практики экономико-математического моделирования инвестиционных проектов, наблюдаемое в последнее время, существенно опережает его методологическое обоснование, что также отмечено в [1]. Проблема проявляется как недостатке нормативной базы по регулированию моделирования инвестиционных проектов, так и в необоснованно широком разнообразии методик построения моделей, часто прямо противоречащим базовым принципам экономического анализа. По нашему мнению, разработка общей методологии экономико-математического моделирования инвестиционных проектов должна начинаться с построения классификации моделей, которая, в свою очередь, основана на наилучшей практике их построения и применения, например [2].

Материалы и методы исследований

Материалами для исследования являются экономико-математические модели инвестиционных проектов (в том числе, являющиеся составной частью бизнес-планов) в количестве более 200 еди-

ниц, лично разработанных автором в период с 2012 по 2024 годы, а также разработки иных авторов. Методами исследования являются наблюдение, анализ, моделирование, эксперимент, прогнозирование (в том, числе экстраполяция тенденции), синтез и статистическая обработка данных. Благодаря доступу к большому количеству кейсов, все выдвигаемые гипотезы проверялись на практике с целью выработки универсального решения.

Экономико-математическое моделирование является современным и очень удобным в практической деятельности инструментом экономического анализа и прогнозирования. Экономико-математическое моделирование развивается в рамках более глобальной тенденции всеобщей цифровизации бизнес-процессов различных отраслей народного хозяйства. Зародившись в 1980х годах, практика экономико-математического моделирования еще не оформилась в полноценную методологию. Тем не менее, методы построения финансовых моделей уже можно считать общепринятыми, см. [2]. Накопленная практика по раз-

работке и применению финансовых моделей (как подкласса экономико-математических моделей) к настоящему моменту времени может являться достаточным фундаментом для систематизации и формализации методологии экономико-математического моделирования.

Целью настоящего исследования является построение классификации экономико-математических моделей инвестиционных проектов. Данная классификация необходима для построения алгоритмов этих моделей и методологии их применения.

Объектами исследования являются инвестиционные проекты реального сектора экономики.

Предметом исследования являются модели именно инвестиционных проектов, при этом экономико-математические модели прочих объектов нас в данный момент не интересуют. Подобные рамки исследования необходимы для вычленения нужных нам классификационных признаков моделей среди всего многообразия экономико-математических моделей.

Учитывая цель исследования, **задачами настоящего исследования** являются:

- анализ практики построения экономико-математических моделей инвестиционных проектов,
- выявление классификационных признаков экономико-математических моделей,
- разработка классификации моделей в соответствии с классификационными признаками
- разработка предложений по выбору методов построения моделей в зависимости от имеющихся условий.

Результаты и обсуждения

С исторической точки зрения экономико-математическая модель инвестиционного проекта представляет собой логичное развитие обычного экономического расчета, выполненного на бумаге. Если экономический расчет предполагает единственный набор исходных данных, то в экономико-математической модели все исходные данные являются переменными, а результирующие значения получаются почти мгновенно в результате автоматического пересчета. Поэтому ключевое отличие экономико-математической модели от обычного экономического расчета – возможность изменять исходные параметры неограниченное количество раз [4, 5]. Практическая реализация такого подхода реализована в моделях, выполненных в табличных процессорах (например, в Excel).

Модели на основе табличного процессора получили наибольшее распространение в практике оценки инвестиционных проектов и стали общепринятым стандартом [2, 3]. Причина – наглядность расчетов и возможность корректировки (и контроля) алгоритмов расчета, например, [7]. Иные модели инвестиционных проектов либо имитируют табличный процессор путем построения базы данных с дискретными значениями, либо остались узконаправленным инструментом для решения какой-то конкретной задачи.

Ниже даны классификации экономико-математических моделей по различным классификационным признакам.

По объекту моделирования экономико-математическое моделирование можно разделить на следующие категории (рис. 1):



Рис. 1. Классификация экономико-математических моделей инвестирования по объекту моделирования.
Fig. 1. Classification of economic and mathematical investment models by the modeling object.

Как видно из рис. 1, мы выносим модели технического анализа стоимости биржевых активов за рамки нашего исследования. Причина – инвестирование в биржевые активы представляет собой вырожденный случай инвестиционного проекта реального сектора, поскольку эксплуатационная фаза проекта представляет собой факт владения активом (вместо анализа операционной стадии). Так, акцент в моделях технического анализа смещен на прогнозирование цен биржевого актива, тогда основой моделей реального сектора является анализ бизнес-процесса и его стоимостных параметров.

Ключевым отличием проектов экономии на издержках от моделей продаж новых проектов является расчет эффектов от реализации проекта вместо выручки от продаж, см. [6], программно реализовано в [8]. В остальном эти обе категории имеют задачу обоснования эффективности проекта на основании расчетного денежного потока [9].

По структуре данных модели делятся на не-

прерывные и дискретные. В обоих случаях значения расчетных данных X определяются как функциональные зависимости величины от времени T и от других величин Y (см. формулу 1).

$$X = f(Y; T) \quad (1)$$

При этом в непрерывных моделях зависимость от времени задана явным образом и параметр времени может принимать любое действительное значение.

Дискретные модели реализованы в табличном процессоре в форме временных рядов. Фактор времени в них принимает целочисленное значение (месяц, квартал, год) и реализуется как значение последующего элемента ряда X_n в зависимости от значения предыдущего элемента того же ряда X_{n-1} , также значений элементов других рядов Y_n (см. формулу 2).

$$X_n = f(X_{n-1}; Y_n) \quad (2)$$

Ниже приведена классификация моделей по структуре данных (рис. 2)

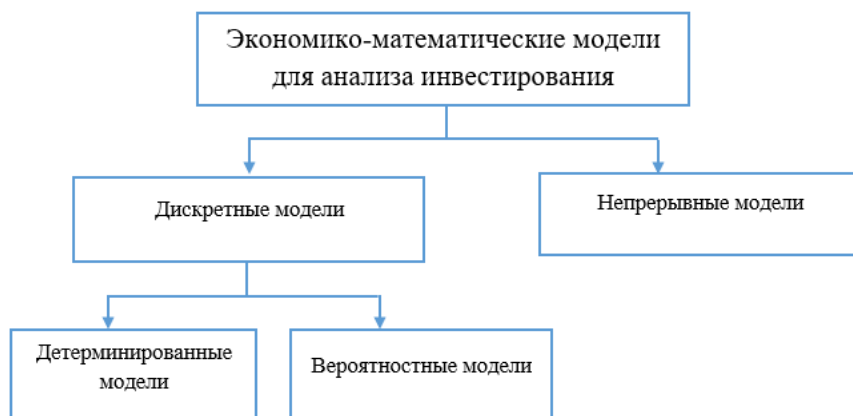


Рис. 2. Классификация экономико-математических моделей инвестирования по структуре данных.
Fig. 2. Classification of economic and mathematical investment models by data structure.

Отдельным подклассом дискретных моделей можно считать **вероятностные модели**. В вероятностных моделях вместо конкретного значения элемента ряда находится функция вероятности значения элемента ряда. Практическая программная реализация вероятностных моделей осуществляется путем имитации заданной функции распре-

деления плотности вероятности с помощью метода Монте-Карло [10,11,12]. Вероятностные модели применяются для количественного анализа проектных рисков.

По масштабу моделируемого объекта модели делятся на макроэкономические, кластерные (или отраслевые), а также микромоделли (рис. 3).



Рис. 3. Категории экономико-математических моделей инвестирования.
Fig. 3. Categories of economic and mathematical investment models.

Общим аспектом в этих моделях является применение матрицы технологических коэффициентов для привязки вторичных (расчетных) данных по отношению к первичным.

Как правило, макроэкономические модели строятся на методологии Леонтьева [13] с использованием межотраслевых балансов. Например, при построении баланса производства и потребления электроэнергии необходимо учитывать баланс производства и потребления тепловой энергии, а последний, в свою очередь, завязан на объемы производства и потребления энергоресурсов [14].

Микроэкономические модели также имеют де-

ло с показателями, составляющими баланс и предполагающими равенство активов и пассивов. Такие модели базируются на методе трех отчетов (доходов и расходов, движении денежных средств и баланс), а соблюдение балансового тождества является удобной контрольным показателем корректности модели.

По полноте учета материальных и денежных потоков модели делятся на полные (цифровые двойники) и неполные.

Полные модели разрабатываются по методу трех отчетов (бюджет доходов и расходов, бюджет движения денежных средств, прогнозный баланс).

Эти модели учитывают формирование материальных (товарно-сырьевых), денежных потоков, а также движение прочих балансовых активов и пассивов. Полные модели являются хорошим инструментом не только для прогнозирования денежного потока проекта, но и производственных показателей и всех прочих показателей на их основе. Полная экономико-математическая модель является необходимой и достаточной информационной базой для всестороннего экономического анализа инвестиционного проекта.

Неполные модели состоят только из прогноза движения денежных средств и могут быть использованы лишь для оценки инвестиционной привлекательности проекта на основании его ключевых

показателей эффективности (NPV, IRR, сроки окупаемости), см. [15]. Неполные модели не имеют встроенных показателей и маркеров для проверки корректности модели на наличие ошибок в расчетах).

По доступности алгоритма расчета для редактирования экономико-математические модели делятся на открытые и закрытые. Для экономико-математического моделирования применяются специальные программы для ЭВМ. Они делятся на открытые и закрытые.

Ниже дано сравнение открытых и закрытых программ для экономико-математического моделирования инвестиционных проектов (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение открытых и закрытых моделей инвестиционных проектов.

Table 1

Comparison of open and closed models of investment projects.	
Открытые	Закрытые
Алгоритм расчета показателей открыт для изменения пользователем	Алгоритм расчета показателей недоступен пользователю
Пользователь может моделировать любые проекты, изменяя алгоритм расчета в соответствии с сущностью уникального проекта	Применимость (функциональность) модели ограничена разработчиком
Высокая трудоемкость составления фин. модели	Низкая трудоемкость составления фин. модели
Рассчитаны на опытных пользователей	Подходит начинающим

В случаях использования как открытых, так и закрытых программ пользователь должен ввести исходные данные проекта, а затем проанализировать результат расчета.

Примером закрытой экономико-математической модели является Project Expert и аналоги. Примером открытых финансовых моделей являются многочисленные модели на базе популярного табличного процессора (например, MS Excel): Альт-Инвест, ИНФП-лайт [7], и т.п. Многие крупные консалтинговые компании создают собственные программы для расчета моделей инвестиционных проектов. Закрытые модели не принимаются пользователями в банках и иных финансовых институтах, поэтому здесь и далее нас интересуют именно открытые модели, построенные на базе табличного процессора MS Excel.

По возможности повторного использования модели делятся на уникальные, отраслевые и типовые. В данном случае уже из названия понятно, что уникальные модели были составлены для одного конкретного кейса, отраслевые модели пригодны для повторного использования в сходных

кейсах в рамках одной отрасли, а типовые модели пригодны для всех, или, по крайней мере, для большинства отраслей.

Очевидно, что типовые модели должны учесть максимальное количество возможных случаев формирования цепочки стоимости продуктов проекта и вариантов бизнес-процесса инвестиционного проекта, что накладывает повышенные требования к уровню систематизации и алгоритмизации методологии экономико-математического моделирования таких проектов.

На основании предложенных классификаций, а также накопленного практического опыта можно сделать вывод, что наибольшее распространение получили модели инвестиционных проектов со следующими классификационными признаками: детерминированные модели инвестиционных проектов, выполненные в табличном процессоре MS Excel на основе открытых алгоритмов расчета с использованием универсальных программ (шаблонов). Данные модели широко применяются при оценке инвестиционных проектов при их подаче на утверждение и финансирование. Учитывая дан-

ное обстоятельство, а также отсутствие официально утвержденных стандартов экономико-математического моделирования инвестиционных проектов, рекомендуем при подготовке моделей ориентироваться на фактически сложившиеся лучшие практики в области моделирования с использованием метода трех отчетов.

При этом, в случае проведения углубленного анализа рисков, могут применяться вероятностные модели на основе метода Монте-Карло.

Также отметим что, макроэкономические модели разрабатываются гораздо реже, т.к. заказчиком таких моделей выступают, как правило государственные структуры, осуществляющие управление макроэкономическими объектами (страны, отрасли, регионы). В этом случае разрабатываются индивидуальные (уникальные) модели, а также свод правил и методических подходов по их применению.

Наиболее перспективным предметом исследования, по нашему мнению, является методология

построения и анализа вероятностных моделей, поскольку их применение открывает новые возможности для анализа проектных рисков, в том числе для статистического анализа множества комбинаций факторов сценарного анализа. Этот же вывод нами был сделан в [12] на основании подробного разбора данного класса моделей.

Выводы

В рамках настоящего исследования была достигнута его цель, выражающаяся в построении классификации экономико-математических моделей. Также были решены задачи исследования, связанные с анализом практики построения экономико-математических моделей инвестиционных проектов, выявлением их классификационных признаков экономико-математических моделей, а также разработке предложений по выбору методов построения моделей в зависимости от имеющихся условий.

Список источников

1. Глухов В.В., Левенцов В.А. Экономико-математическая модель реляционной стратегии промышленного предприятия // *π-Economy*. 2022. Т. 15. № 2. С. 117 – 129. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15208>
2. The FAST Standard Practical, structured design rules for financial modelling. Version 02 July 2019. www.fast-standard.org
3. Требования к финансовой модели. Утверждены приказом Минэкономразвития России от 30.11.2015 N 894.
4. Казаку Е.В., Зверева Е.В. Оценка социально-экономической эффективности инвестиций в транспортное строительство с учетом неопределенности методом Монте-Карло // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. 2019. Т. 12. № 5. С. 218 – 231. DOI: 10.18721/JE.12518
5. Лосев К.В., Будагов А.С., Корнилова С.В. К вопросу об алгоритме анализа эффективности и отбора значимых инвестиционно-строительных проектов // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. 2019. Т. 12, № 1. С. 183 – 190. DOI: 10.18721/JE.12115
6. Селиверстов П.В., Безручко Д.С., Васин А.В., Гриневич В.Б., Семенов К.П., Алешко О.В., Шаповалов В.В. Телемедицинский дистанционный многопрофильный анкетный скрининг как инструмент раннего выявления хронических неинфекционных заболеваний // *Медицинский совет*. 2023. № 17 (6). С. 311 – 321. <https://doi.org/10.21518/ms2023-070>
7. Безручко Д.С. ИНФП-лайт // свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023614981. 2023.
8. Безручко Д.С. ИНФП-КПЭ // свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023618947. 2023.
9. 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
10. Metropolis, N., Ulam, S. The Monte Carlo Method // *Journal of the American Statistical Association*. 1949. № 247. С. 335 – 341.
11. Раменская А.В., Пивоварова К.В. Метод Монте-Карло и инструментальные средства его реализации : методические указания / Оренбургский гос. ун-т. Оренбург: ОГУ, 2018. 58 с.
12. Безручко Д.С. Построение вероятностной экономико-математической модели инвестиционного проекта с помощью метода Монте-Карло // *Финансы и кредит*. 2024. Т. 30. № 7. С. 1623 – 1640.

13. Леонтьев В. Экономические эссе. Теории, исследования, факты и политика = Essays in Economics (1966, 1977, 1985): пер. с англ. М.: Политиздат, 1990. 415 с.
14. Шатилов Н.Ф. Моделирование расширенного воспроизводства. М.: Экономика, 1967. 173 с.
15. Глухов В.В., Войтюк В.Н. Модель комплексной оценки рисков проекта по созданию промышленных парков // *π-Economy*. 2023. Т. 16. № 1. С. 114 – 127. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16108>

References

1. Glukhov V.V., Leventsov V.A. Economic and mathematical model of the relational strategy of an industrial enterprise. *π-Economy*. 2022. Vol. 15. No. 2. Pp. 117 – 129. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15208>
2. The FAST Standard Practical, structured design rules for financial modelling. Version 02 July 2019. www.fast-standard.org
3. Requirements for the financial model. Approved by the order of the Ministry of Economic Development of Russia dated 30.11.2015 N 894.
4. Kazaku E.V., Zvereva E.V. Assessment of the socio-economic efficiency of investments in transport construction taking into account uncertainty by the Monte Carlo method. Scientific and technical bulletin of SPbSPU. Economic sciences. 2019. Vol. 12. No. 5. P. 218 – 231. DOI: 10.18721/JE.12518
5. Losev K.V., Budagov A.S., Kornilova S.V. On the Algorithm for Analysis of the Efficiency and Selection of Significant Investment and Construction Projects. Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg State Polytechnical University. Economic Sciences. 2019. Vol. 12, No. 1. P. 183 – 190. DOI: 10.18721/JE.12115
6. Seliverstov P.V., Bezruchko D.S., Vasin A.V., Grinevich V.B., Semenov K.P., Aleshko O.V., Shapovalov V.V. Telemedicine remote multidisciplinary questionnaire screening as a tool for early detection of chronic non-communicable diseases. Medical Council. 2023. No. 17 (6). P. 311 – 321. <https://doi.org/10.21518/ms2023-070>
7. Bezruchko D.S. INFP-light. certificate of state registration of the computer program No. 2023614981. 2023.
8. Bezruchko D.S. INFP-KPE. certificate of state registration of the computer program No. 2023618947. 2023.
9. Pischalkina I.Yu., Tereshko E.K., Suloeva S.B. Quantitative assessment of the risks of investment projects using digital technologies. Scientific and technical statements of SPbSPU. Economic sciences. 2021. Vol. 14. No. 3. P. 125 – 137. DOI: 10.18721/JE.14310
10. Metropolis, N., Ulam, S. The Monte Carlo Method. Journal of the American Statistical Association. 1949. No. 247. P. 335 – 341.
11. Ramenskaya A.V., Pivovarov K.V. The Monte Carlo Method and Instrumental Means of its Implementation: Methodological Guidelines. Orenburg State University. Orenburg: OSU, 2018. 58 p.
12. Bezruchko D.S. Construction of a Probabilistic Economic and Mathematical Model of an Investment Project Using the Monte Carlo Method. Finance and Credit. 2024. Vol. 30. No. 7. P. 1623 – 1640.
13. Leontiev V. Economic essays. Theories, research, facts and policy = Essays in Economics (1966, 1977, 1985): trans. from English. Moscow: Politizdat, 1990. 415 p.
14. Shatilov N.F. Modeling of expanded reproduction. Moscow: Economica, 1967. 173 p.
15. Glukhov V.V., Voityuk V.N. Model of comprehensive risk assessment of the project to create industrial parks. *π-Economy*. 2023. Vol. 16. No. 1. P. 114 – 127. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16108>

Информация об авторе

Безручко Д.С., кандидат экономических наук, доцент, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6891-5261>, SPIN – код 3432-5808, Высшая инженерно-экономическая школа, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, dbezru@mail.ru

© Безручко Д.С., 2025