

УДК 330.131.7
ББК 65.05

DOI: 10.25683/VOLBI.2020.51.265

Dmitriev Nikolay Dmitrievich,
Postgraduate student of Higher Engineering and Economic School,
Peter the Great Saint Petersburg
Polytechnic University,
Russian Federation, Saint Petersburg,
e-mail: ndmitriev1488@gmail.com

Дмитриев Николай Дмитриевич,
аспирант Высшей инженерно-экономической школы,
Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
e-mail: ndmitriev1488@gmail.com

Zaytsev Andrey Aleksandrovich,
Doctor of Economics,
Professor of Higher Engineering and Economic School,
Peter the Great Saint Petersburg
Polytechnic University,
Russian Federation, Saint Petersburg,
e-mail: andrey_z7@mail.ru

Зайцев Андрей Александрович,
д-р экон. наук,
профессор Высшей инженерно-экономической школы,
Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
e-mail: andrey_z7@mail.ru

Dubanevich Lyudmila Eduardovna,
Candidate of Economics,
Associate Professor of the Department of Economics,
Moscow Institute of Economics,
Russian Federation, Moscow,
e-mail: ldubanevich@mail.ru

Дубаневич Людмила Эдуардовна,
канд. экон. наук,
доцент кафедры экономики,
Московский экономический институт,
Российская Федерация, г. Москва,
e-mail: ldubanevich@mail.ru

ТЕОРЕТИКО-ИГРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО АНАЛИЗА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

GAME-THEORETIC TOOLS OF INVESTMENT ANALYSIS RATIONALIZATION AT INDUSTRIAL ENTERPRISES

08.00.13 — Математические и инструментальные методы экономики

08.00.13 — Mathematical and instrumental methods of Economics

Экономическая наука на современном этапе развития предлагает множество альтернативных вариантов построения инвестиционных стратегий в условиях нестабильной макроэкономической среды, но, к сожалению, не существует единого совершенного метода, позволяющего максимизировать эффективность инвестиционного анализа. Прежде чем перейти к реализации конкретного инвестиционного проекта, необходимо провести максимально полный анализ факторов, которые могут оказать прямое или косвенное влияние на итоговые показатели проекта, что подтверждает актуальность поиска новых методов рационализации инвестиционных процессов. В статье предложено использование математических методов, а именно критериев теории игр, с целью рационализировать инвестиционные процессы на промышленном предприятии. Основной метод исследования — теоретико-игровой. Для построения предложенной модели необходимо использовать корреляционно-регрессионный анализ, а сокращение возможного количества инвестиционных проектов предлагается выполнить путем проведения выборки с помощью имитационного моделирования, например с помощью метода Монте-Карло. Практика показывает, что с помощью теоретико-игровых критериев можно определить наилучшую стратегию различных экономических ситуаций, однако для решения инвестиционных задач ее, как правило, не используют, что является, по мнению авторов, ошибочным. Методы теории игр при совмещении с корреляционно-регрессионным анализом могут способствовать разработке эконометрических инструментов для принятия наиболее оптимальных решений в условиях

конфликтной ситуации и способны защитить интересы инвестора. Новизна данной работы заключается в предложении нового способа оценки инвестиционных проектов, основанного на достижениях теории игр и учитывающего влияние множества факторов на итоговые результаты, которые под воздействием корреляционно-регрессионного анализа можно представить в виде формул, а дальнейший расчет полученных формул поможет выбрать матрицу и параметры игры. Дальнейшие исследования планируется направить на практическое применение предложенного метода для рационализации инвестиционного процесса в различных отраслях народного хозяйства.

Economic science at the present stage of development offers many alternative options for building investment strategies in an unstable macroeconomic environment, but, unfortunately, there is no single perfect method to maximize the effectiveness of investment analysis. Before proceeding with the implementation of a specific investment project, it is necessary to conduct the most complete analysis of factors that may have a direct or indirect impact on the project outcomes, which confirms the relevance of the topic in the search for new methods of rationalizing investment processes. This article proposes the use of mathematical methods, namely the criteria of game theory, in order to rationalize investment processes in an industrial enterprise. The main research method is game theory. To build the proposed model, it is necessary to use correlation and regression analysis, and a reduction in the possible number of investment projects is proposed by sampling using simulation modeling, for example, using the Monte Carlo method. Practice

shows that with the help of game-theoretic criteria it is possible to determine the best strategy for various economic situations; however, as a rule they are not used to solve investment problems, which is the authors' mistake. Game theory tools, combined with correlation and regression analysis, can contribute to the development of econometric tools for making the most optimal decisions in a conflict situation and protect the interests of the investor. The novelty of this work lies in the proposal of a new way to evaluate investment projects, based on the achievements of game theory and taking into account the influence of many factors on the final results, which can be represented as formulas under the influence of correlation and regression analysis, and further calculation of the resulting formulas will help to choose the matrix and parameters of the game. Further research is planned to focus on the practical application of the proposed method to rationalize the investment process in various sectors of the economy.

Ключевые слова: теория игр, инвестиционный анализ, теоретико-игровой метод, инвестиционные процессы, математическое моделирование, инвестиционный проект, теоретико-игровые критерии, регрессионный анализ, эконометрические инструменты принятия решений, стратегия поведения, инвестиционное поведение, инвестиционное проектирование.

Keywords: game theory, investment analysis, game-theoretic method, investment processes, mathematical modeling, investment project, game-theoretic criteria, regression analysis, econometric decision-making tools, behavior strategy, investment behavior, investment design.

Введение

Современное управление в любой сфере хозяйствования основывается на обеспечении максимальной эффективности расходуемых средств. Для принятия более качественных решений и недопущения возможных проблем необходимо проводить оценку этой эффективности. Инвестиционная деятельность не является исключением [1].

Актуальность исследования подтверждается отсутствием совершенного метода, позволяющего максимизировать эффективность инвестиционного анализа, что требует существенно расширить существующую практику по инвестиционным вопросам и обуславливает поиск способов принятия наиболее оптимальных решений в условиях неопределенности и нестабильности макроэкономической среды.

Изученность проблемы. Классиками теории игр можно назвать Дж. Фон Неймана и О. Моргенштерна, которые в своей работе [2] рассмотрели возможность применения теоретико-игровых критериев к экономическим отношениям. Вопросами адаптации теории игр к экономическим проблемам занимались такие ученые, как А. К. Диксит [3], В. Е. Жигульский, О. Ю. Рудзейт [4], М. Колман [5], В. В. Мазалов [6], Н. Низани и др. [7], Н. Н. Писарук [8], Н. С. Садовин [9], Л. Самуэльсон [10], И. И. Слива [11], А. Д. Фаруки [12] и многие другие. Для адаптации инвестиционного анализа были использованы работы по инвестиционным и инновационным вопросам таких авторов, как В. К. Акинфиев [13], Н. Д. Дмитриев, А. А. Зайцев [1, 14, 15], Д. Г. Родионов и др. [16–18], Демиденко Д. С. и др. [19].

Управленческие воздействия на эффективность инвестиционного процесса осуществляются, начиная с проведения базовых исследований, ориентированных на получение совершенно новых знаний, идей и выявление наиболее

общих закономерностей, требующихся для создания инноваций. Именно инвестиционные вложения являются основным источником инноваций в современной экономической обстановке [16, 17].

Целесообразность разработки темы вытекает из недостаточности имеющихся методов рационализации инвестиционного анализа, особенно инвестиционных процессов в условиях нестабильности, которая так характерна отечественной экономике.

Прежде чем перейти к реализации инвестиционного проекта, необходимо провести максимально полный анализ факторов, которые могут оказать прямое или косвенное влияние на итоговые показатели проекта.

В данной работе предлагается использовать математические методы к рационализации инвестиционного анализа. Основной метод исследования — теоретико-игровой.

Научная новизна состоит в предложении авторского способа оценки инвестиционных проектов на основе теоретико-игровых критериев. При этом особенность метода заключается в учете множества факторов, которые оказывают влияние на итоговые результаты, для чего необходимо использовать корреляционно-регрессионный анализ. На основе данного подхода возможно построить стратегию инвестиционного поведения.

Цель данной работы заключается в адаптации теоретико-игрового метода к инвестиционным процессам с целью их рационализации. Для этого необходимо выполнить следующие **задачи**: построить методическое обоснование теоретико-игровой модели рационализации инвестиционного анализа; апробировать разработанную модель на практическом примере.

Теоретическая значимость исследования заключается в адаптации критериев теории игр к инвестиционному анализу. **Практическая значимость** работы заключается в возможности построения стратегии инвестиционного поведения конкретного предприятия или единичного инвестора на основе имеющихся данных.

Абсолютно все факторы просчитать невозможно, но современные методы инвестиционного анализа могут отобрать наиболее значимые из них. Однако даже развитие экономической науки не позволяет провести оценку альтернативных проектов, тем более имеющих инновационные и уникальные характеристики.

Методические основы построения теоретико-игровой модели рационализации инвестиционного анализа

Как известно, взаимодействие математической и экономической науки может дать синергетический эффект, выражающийся в эффективных решениях множества проблем, возникающих в процессе деятельности промышленных предприятий [20, 14]. Поэтому авторами предлагается использовать корреляционно-регрессионный анализ с целью отбора наиболее значимых факторов, оказывающих влияние на возможные доходы от реализации инвестиционного проекта. Формула выглядит следующим образом:

$$NPV_{\text{факт}} = NPV_{\text{план}} + aX + bY + \dots + cZ, \quad (1)$$

где $NPV_{\text{факт}}$ — уровень чистого дисконтированного дохода, полученного с учетом влияния различных факторов;

$NPV_{\text{план}}$ — плановые показатели чистого дисконтированного дохода, рассчитанные стандартными экономическими методами;

$aX + bY + \dots + cZ$ — компоненты, которые могут оказать влияние на уровень чистого дисконтированного дохода (a, b, \dots, c — параметры уравнения регрессии соответствующего фактора; X, Y, \dots, Z — значения фактора).

На основе получения данных можно сформировать матрицу игры, представленную в табл. 1. Предлагается модифицировать матрицу игры, подробно изученную в трудах отечественных и зарубежных ученых, таких

как А. К. Диксит [3], М. Колман [5], Н. Низан, Т. Рафгарден, Е. Тардос, В. В. Вазираны [7], Н. Н. Писарук [8], Н. С. Садовин [9], Самуэльсон Л. [10], А. Д. Фаруки, М. А. Ниази [12] и др. В модифицированной матрице отражены различные инвестиционные проекты, доступные к реализации, а также ситуации, которые могут наступить в процессе реализации каждого инвестиционного проекта.

Таблица 1

Матрица игры с NPV инвестиционных проектов после определения ключевых динамических факторов

		Игрок 2			
		Ситуация 1	Ситуация 2	...	Ситуация z
Игрок 1	Проект А	$NPV_{\text{план}} + aX_{(A1)} + bY_{(A1)} + \dots + cZ_{(A1)}$	$NPV_{\text{план}} + aX_{(A2)} + bY_{(A2)} + \dots + cZ_{(A2)}$...	$NPV_{\text{план}} + aX_{(Az)} + bY_{(Az)} + \dots + cZ_{(Az)}$
	Проект В	$NPV_{\text{план}} + aX_{(B1)} + bY_{(B1)} + \dots + cZ_{(B1)}$	$NPV_{\text{план}} + aX_{(B2)} + bY_{(B2)} + \dots + cZ_{(B2)}$...	$NPV_{\text{план}} + aX_{(Bz)} + bY_{(Bz)} + \dots + cZ_{(Bz)}$

	Проект m	$NPV_{\text{план}} + aX_{(m1)} + bY_{(m1)} + \dots + cZ_{(m1)}$	$NPV_{\text{план}} + aX_{(m2)} + bY_{(m2)} + \dots + cZ_{(m2)}$...	$NPV_{\text{план}} + aX_{(mz)} + bY_{(mz)} + \dots + cZ_{(mz)}$

Источник: составлено авторами.

Если имеется множество проектов, а доступные финансовые ресурсы ограничены, то предлагается для начала произвести оценку уровня риска проектов. Для этого можно использовать различные методы, например метод имитационного моделирования Монте-Карло, который позволит сформировать множество возможных случайных сценариев и выразить результат в форме вероятностей [15].

В итоге формируется окончательный вариант матрицы игры. Как и при простой теоретико-игровой ситуации, необходимо найти наилучшую стратегию первого игрока, которая выражена минимальным числом в каждой строке и обозначается α_i . Из всех полученных значений требуется выбрать максимальное — нижняя цена игры [6, 11].

На следующем этапе происходит нахождение стратегии второго игрока: максимальное значение выигрыша по столбцам, обозначается как β_i . Из данных значений выбираем минимальное — верхняя цена игры [11, 4, 2].

Соответственно цена игры (V) находится в диапазоне между α_i и β_i [8].

После следует перейти к поиску решения игры, применяя линейное программирование [20, 9]. Получаются две оптимальные смешанные стратегии [8, 4]:

- 1 игрок — $R = (r_1, r_2, r_3)$.
- 2 игрок — $Q = (q_1, q_2, q_3)$.

На основе полученных стратегий строится симметричная двойственная задача стандартной максимизации, как показано в работах Н. С. Садовина [9] и Н. Низана [7]. Модернизация теоретико-игрового метода с учетом заданных параметров приводит к тому, что задачи игроков выглядят следующим образом:

1. Задача игрока 1:

$$G(X) = x_1 + x_2 + x_3 \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} NPV_{\text{факт}(A1)} \times x_1 + NPV_{\text{факт}(B1)} \times x_2 + NPV_{\text{факт}(m1)} \times x_n &\geq 1, \\ NPV_{\text{факт}(A2)} \times x_1 + NPV_{\text{факт}(B2)} \times x_2 + NPV_{\text{факт}(m2)} \times x_n &\geq 1, \\ \dots & \\ NPV_{\text{факт}(Az)} \times x_1 + NPV_{\text{факт}(Bz)} \times x_2 + NPV_{\text{факт}(mz)} \times x_n &\geq 1, \\ x_1, x_2, \dots, x_n &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Задача игрока 2:

$$F(Y) = y_1 + y_2 + y_3 \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} NPV_{\text{факт}(A1)} \times y_1 + NPV_{\text{факт}(A2)} \times y_2 + NPV_{\text{факт}(Az)} \times y_n &\leq 1, \\ NPV_{\text{факт}(B1)} \times y_1 + NPV_{\text{факт}(B2)} \times y_2 + NPV_{\text{факт}(Bz)} \times y_n &\leq 1, \\ \dots & \\ NPV_{\text{факт}(m1)} \times y_1 + NPV_{\text{факт}(m2)} \times y_2 + NPV_{\text{факт}(mz)} \times y_n &\leq 1, \\ y_1, y_2, \dots, y_n &\geq 0. \end{aligned}$$

Цена игры (V) находится по формуле:

$$V = 1 / F_{\text{max}}. \quad (4)$$

Тогда смешанная стратегия выглядит как умножение цены игры на полученные коэффициенты в задаче:

- 1-й игрок — $R = V(x_1; x_2; \dots; x_n)$;
- 2-й игрок — $Q = V(y_1; y_2; \dots; y_n)$.

Таким образом, если рассматривать инвестиционный процесс как игрока с возможностями инвестирования имеющихся средств во множество инвестиционных проектов, то следует вкладывать капитал в проекты в соотношении со стратегией 1-го игрока — $R = (x_1; x_2; \dots; x_n)$, что, согласно работам Колмана М. [5] и Неймана Дж. [2], позволит получить средний выигрыш в размере V .

Если же известна вероятность наступления конкретного сценария и необходимо выбрать единственный проект, то можно рассматривать ситуацию, как игру с природой. Тогда вектор вероятности $P = (p_1; p_2; \dots; p_n)$, а $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$ и можно использовать критерий максимального среднего выигрыша. Формула имеет вид [6]:

$$K(A_i) = \sum_{j=1}^n k_{ij} \times p_j, \quad (5)$$

где $K(A_i)$ — средний выигрыш;

- k_{ij} — значение элемента в матрице i строка и j столбца;
- p_j — значение вероятности при конкретной ситуации.

Оптимальный средний выигрыш равен максимальному значению $K(A_i)$, в результате чего получается единственный проект, на котором стоит сконцентрировать свое внимание.

Применение теории игр инвестором наиболее целесообразно, когда необходимо принять рациональное решение

об инвестировании капитала в условиях неопределенности для минимизации ситуаций потери средств и максимизации своего выигрыша.

Для более качественного использования предложенного метода необходимо провести анализ хозяйственной деятельности предприятия с целью выборки наиболее значимых факторов. Можно использовать методологию формирования системы управления предприятием при обеспечении взаимодействия задач и функций управления в текущих и стратегических аспектах в условиях инновационного развития [21].

В данной статье рассмотрены теоретические аспекты, позволяющие использовать математическое моделирование с учетом факторов, оказывающих влияние на инвестиционный проект. Непосредственно для нахождения самих факторов авторами предложено использовать корреляционно-регрессионный анализ, а также провести имитацию методом Монте-Карло.

Апробация предложенной модели

Предлагается рассмотреть краткий пример использования теоретико-игрового метода с учетом модели регрессии.

Промышленное предприятие Z планирует реализовать инвестиционный проект с целью максимизации прибыли. Плановые показатели отобранных однородных инвестиционных проектов следующие (денежные единицы):

$$\text{Проект A: } NPV_{\text{план}}(A) = 21040;$$

$$\text{Проект B: } NPV_{\text{план}}(B) = 19730;$$

$$\text{Проект C: } NPV_{\text{план}}(C) = 20275;$$

$$\text{Проект D: } NPV_{\text{план}}(D) = 20145.$$

Если не учитывать регрессионную модель, выбор между проектами будет в пользу проекта с наибольшей чистой дисконтированной стоимостью, в данном случае это проект А. Однако проведя анализ реализации подобных проектов в других компаниях или на предприятии ранее и проанализировав динамику различных показателей внутри фирмы, можно отобрать достаточное количество внешних и внутренних факторов, оказывающих влияние на каждый инвестиционный проект. Благодаря модели регрессии можно построить итоговую модель.

Для упрощения было выбрано всего два фактора в корреляционно-регрессионной модели: X — рыночная цена одной акции компании Z; Y — количество ключевых клиентов компании.

Текущая рыночная цена одной акции компании Z равна 216 пунктов.

Текущее количество ключевых клиентов компании Z равно 32.

При этом в компании ожидают возможное наступление следующих ситуаций, которые могут повлиять на проекты:

№ 1 — цена акций увеличится на 5 пунктов, количество ключевых клиентов не изменится. Шанс наступления: 28 %;

№ 2 — цена акций не изменится, количество ключевых клиентов не изменится. Шанс наступления: 22 %;

№ 3 — цена акций уменьшится на 3 пункта, количество ключевых клиентов не изменится. Шанс наступления: 20 %;

№ 4 — цена акций увеличится на 3 пункта, количество ключевых клиентов компании увеличится на 2. Шанс наступления: 29 %.

В результате проведения регрессии были получены следующие модели по каждому из инвестиционных проектов (регрессия была построена на динамику цены акций и количества ключевых клиентов, а не на их изменение):

$$\text{Проект A: } NPV_{\text{факт}}(A) = NPV_{\text{план}}(A) + 0,8094X - 7,37Y;$$

$$\text{Проект B: } NPV_{\text{факт}}(B) = NPV_{\text{план}}(B) + 2,314X;$$

$$\text{Проект C: } NPV_{\text{факт}}(C) = NPV_{\text{план}}(C) + 0,48X + 18,87Y;$$

$$\text{Проект D: } NPV_{\text{факт}}(D) = NPV_{\text{план}}(D) + 1,314X + 4,3Y.$$

В табл. 2 представлена матрица игры с результатами проведения регрессионного анализа.

На основе регрессии можно сказать, что проект А наиболее чувствителен к возрастанию ключевых клиентов, что может негативно сказаться на итоговых результатах, тогда как проект С, наоборот, может увеличить свою результативность от роста ключевых клиентов и практически не подвержен динамике акций. Проект В абсолютно не связан с изменением клиентов, но сильно подвержен динамике рыночной цены на акцию.

В табл. 3 представлена матрица игры после проведения итоговых расчетов.

Таблица 2

Матрица игры с NPV инвестиционных проектов после проведения регрессионного анализа

	№ 1 (28 %)	№ 2 (22 %)	№ 3 (20 %)	№ 4 (29 %)
A	$21040 + 0,8094 \cdot (221) - 7,37 \cdot (32)$	$21040 + 0,8094 \cdot (216) - 7,37 \cdot (32)$	$21040 + 0,8094 \cdot (213) - 7,37 \cdot (32)$	$21040 + 0,8094 \cdot (219) - 7,37 \cdot (34)$
B	$19730 + 2,314 \cdot (221)$	$19730 + 2,314 \cdot (216)$	$19730 + 2,314 \cdot (213)$	$19730 + 2,314 \cdot (219)$
C	$20275 + 0,48 \cdot (221) + 18,87 \cdot (32)$	$20275 + 0,48 \cdot (216) + 18,87 \cdot (32)$	$20275 + 0,48 \cdot (213) + 18,87 \cdot (32)$	$20275 + 0,48 \cdot (219) + 18,87 \cdot (34)$
D	$20145 + 1,314 \cdot (221) + 4,3 \cdot (32)$	$20145 + 1,314 \cdot (216) + 4,3 \cdot (32)$	$20145 + 1,314 \cdot (213) + 4,3 \cdot (32)$	$20145 + 1,314 \cdot (219) + 4,3 \cdot (34)$

Источник: составлено авторами.

Таблица 3

Матрица игры с NPV инвестиционных проектов после проведения итоговых расчетов

	№ 1 (28 %)	№ 2 (22 %)	№ 3 (20 %)	№ 4 (29 %)
Проект А	20983,04	20978,99	20976,56	20966,68
Проект В	20241,39	20229,82	20222,88	20236,77
Проект С	20984,92	20982,52	20981,08	21021,7
Проект D	20572,99	20566,42	20562,48	20578,97

Источник: составлено авторами.

На основе формулы (5) необходимо рассчитать средний выигрыш по каждому из инвестиционных проектов:

$$K(A) = 20766,28;$$

$$K(B) = 20031,39;$$

$$K(C) = 20784,44;$$

$$K(D) = 20365,45.$$

Можно сделать следующее заключение: несмотря на то, что по плановым показателям наиболее эффективным является реализация проекта А, данные на основе регрессии показывают проект С как более результативный.

Проанализировав полученные значения по каждому инвестиционному проекту, необходимо сопоставить их с плановыми показателями для получения итогового вывода относительно эффективности предложенного метода.

Разница между плановыми и фактическими показателями, основанными на среднем выигрыше, следующая:

$$\text{Проект A: } NPV_{\text{факт}}(A) - NPV_{\text{план}}(A) = 20766,28 - 21040 = -273,72;$$

$$\text{Проект B: } NPV_{\text{факт}}(B) - NPV_{\text{план}}(B) = 20031,39 - 19730 = 301,39;$$

$$\text{Проект C: } NPV_{\text{факт}}(C) - NPV_{\text{план}}(C) = 20784,44 - 20275 = 509,44;$$

$$\text{Проект D: } NPV_{\text{факт}}(D) - NPV_{\text{план}}(D) = 20365,45 - 20145 = 220,45.$$

Графически это отображено на рис. 1. В относительном изменении наблюдается следующее процентное отклонение от плановых показателей: Проект A: -1,3 %; Проект B: 1,5 %; Проект C: 2,5 %; Проект D: 1,1 %.

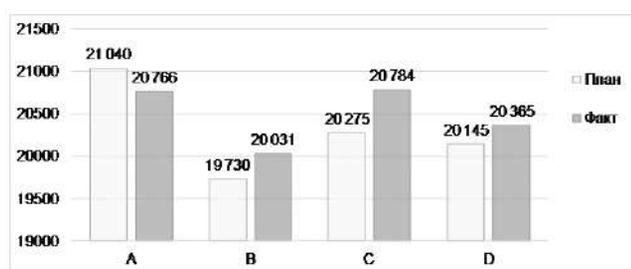


Рис. 1. Разница между плановыми и фактическими показателями

Несмотря на небольшое процентное отклонение от плановых показателей, данный метод позволяет реализовать

более эффективный инвестиционный проект и максимизировать прибыль компании. Апробация данного метода позволяет говорить о его эффективности. Для получения более точных данных можно увеличить количество факторов и использовать специальные вычислительные системы. При отсутствии вероятностей наступления каждого из сценариев используется усложненная модель через симметричную двойственную задачу стандартной максимизации.

Заключение

Формирование и внедрение научно-технических инноваций в производственные процессы требует применения новых способов проведения инвестиционной оценки, что невозможно без разработки теоретического поиска и практического использования методов структурно-функционального анализа [22].

Условия неопределенности требуют от компаний моделировать совершенно новые инвестиционные стратегии, позволяющие обеспечить выживание и усилить конкурентоспособность хозяйствующего субъекта. Уровень риска необходимо минимизировать [13].

Предложенный метод рационализации инвестиционного анализа с помощью теоретико-игрового метода является одним из возможных способов сокращения риска в промышленности, в том числе и при реализации инновационных проектов [18, 19].

Как показано в работах [20, 14, 11], экономико-математический анализ должен составлять основу современной научной проблематики. Поэтому дальнейшие исследования планируется направить на практическое применение предложенного метода для рационализации инвестиционного процесса в различных отраслях народного хозяйства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зайцев А. А., Дмитриев Н. Д. Использование матрицы KPI в оценке результативности реализации инвестиционных проектов // Сборник трудов конференции «Проблемы и пути социально-экономического развития: город, регион, страна, мир». Пушкин : ЛГУ, 2018. С. 135–141.
2. Von Neumann J., Morgenstern O. Theory of Games and Economic Behavior. Princeton University Press, 1990. 666 p.
3. Диксит А. К. Теория игр. Искусство стратегического мышления в бизнесе и жизни / пер. с англ. Н. Яцюк. 4-е изд. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2018.
4. Жигульский В. Е., Рудзейт О. Ю. Создание и использование программы для статистического анализа сведенных задач теории игр в экономической интерпретации к задачам линейного программирования // Молодой ученый. 2018. № 14. С. 14–18. URL: <https://moluch.ru/archive/200/48862/>
5. Colman M. Game Theory and Experimental Games: The Study of Strategic Interaction. Oxford : Elsevier, 2016. 314 p.
6. Мазалов В. В. Математическая теория игр и приложения. СПб. : Лань, 2016. 448 с. URL: https://fileskachat.com/view/44173_7d19ef50bbe3fc5c27530e4ec805fadd.html.
7. Nizan N., Roughgarden T., Tardos E., Vazirany V. V. Algorithmic Game Theory. Cambridge Press, 2007.
8. Писарук Н. Н. Введение в теорию игр. Минск : БГУ, 2015. 256 с. URL: <http://pisaruk.narod.ru/books/games.pdf>.
9. Садовин Н. С. Основы теории игр. Йошкар-Ола : МарГУ, 2011. 119 с. URL: https://marsu.ru/science/libr/resours/theoriya_igr.pdf.
10. Самуэльсон Л. Теория игр в экономической науке и не только // Вопросы экономики. 2017. № 5. С. 89–115.
11. Слива И. И. Применение метода теории игр для решения экономических задач // Известия МГТУ. 2013. № 1(15). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-metoda-teorii-igr-dlya-resheniya-ekonomicheskikh-zadach>.
12. Farooqui A. D., Niazi M. A. Game theory models for communication between agents: a review // Complex Adaptive Systems Modeling. 2016. Vol. 4. Issue 1. Pp. 1–13. URL: <https://doi.org/10.1186/s40294-016-0026-7>.
13. Акинфиев В. К. Моделирование инвестиционных стратегий компаний в условиях неопределенности // УБС. 2016. С. 136–167.
14. Дмитриев Н. Д., Зайцев А. А. Математические методы в управлении промышленным производством // Сборник трудов научно-практической и учебной конференции «Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли». СПб. : СПбПУ, 2019. С. 208–212.
15. Зайцев А. А., Дмитриев Н. Д. Оценка потенциальных рисков инвестиционного проекта в АПК методом Монте-Карло // Журнал правовых и экономических исследований. 2018. № 4. С. 138–143. URL: http://giefjournal.ru/sites/default/files/020_9.pdf.

16. Афанасьева Н. В., Родионов Д. Г. Оценка эффективности деятельности инновационного предприятия // Российский экономический интернет-журнал. 2018. № 4. С. 8. URL: www.e-rej.ru/Articles/2018/Afanasyeva_Rodionov.pdf.
17. Применение теории систем и системного анализа для развития теории инноваций / Д.Г. Родионов [и др.]. СПб. : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2013. 352 с.
18. Родионов Д. Г., Кошман А. В., Моттаева А. Б. Методический подход к оценке влияния инновационной активности хозяйствующего субъекта нефтегазового комплекса на стоимость бизнеса // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. С. 319—325.
19. Демиденко Д. С., Родионов Д. Г., Малевская-Малевиц Е. Д. «Цифровой» подход к определению стратегии инновационного производства на предприятии // Фундаментальные исследования. 2018. № 9. С. 53—57.
20. Дмитриев Н. Д. Application of a vector algebra for solving industrial problems // Сборник материалов Всероссийской молодежной научно-практической конференции с международным участием «LINGUANET». Севастополь : Севастопольский гос. ун-т, 2019. С. 209—211.
21. Akhmetshin E. M., Vasilev V. L., Mironov D. S., Zatsarinnaya E. I., Romanova M. V., Yumashev A. V. Internal control system in enterprise management: Analysis and interaction matrices // European Research Studies Journal. 2018. № 21(2). Pp. 728—740.
22. Lebedev O. T., Mokeeva T. V., Rodionov D. G. Matrix structures of science and technology innovations development and implementation trajectory // Innovation Management and Education Excellence through Vision 2020 // Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference (IBIMA), 2018. Pp. 1759—1768.

REFERENCES

1. Zaytsev A. A., Dmitriev N. D. Use of KPI matrix in the assessment of the performance of investment projects implementation. *Collection of works of the conference "Problems and ways of social and economic development: city, region, country, world,* Pushkin, 2018. Pp. 135—141. (In Russ.)
2. Von Neumann J., Morgenstern O. *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press, 1990. 666 p.
3. Dixit A. C. *Game Theory. The Art of Strategic Thinking in Business and Life*. Translation from English by N. Yatsyuk. 4th ed. Moscow Mann, Ivanov and Ferber, 2018. (In Russ.)
4. Zhigulsky V. E., Rudzeit O. Y. Creation and use of program for statistical analysis of consolidated problems of game theory in economic interpretation to tasks of linear programming. *Young scientist*, 2018, no. 14, pp. 14—18. (In Russ.) URL: <https://moluch.ru/archive/200/48862/>
5. Colman M. *Game Theory and Experimental Games: The Study of Strategic Interaction*. Oxford, Elsevier, 2016. 314 p.
6. Mazalov V. V. *Mathematical theory of games and applications*. Saint Petersburg, Lan' Publ., 2016. 448 p. (In Russ.) URL: https://fileskachat.com/view/44173_7d19ef50bbe3fc5c27530e4ec805fadd.html.
7. Nizan N., Roughgarden T., Tardos E., Vazirany V.V. *Algorithmic Game Theory*. Cambridge Press, 2007.
8. Pisaruk N. N. *Introduction to game theory*. Minsk, BSU, 2015. 256 p. (In Russ.) URL: <http://pisaruk.narod.ru/books/games.pdf>.
9. Sadovin N. S. *Basics of game theory*. Yoshkar-Ola, MarSU, 2011. 119 p. (In Russ.) URL: https://marsu.ru/science/libr/resours/theoriya_igr.pdf.
10. Samuelson L. Game Theory in Economic Science and Not Only. *Economics Issues*, 2017, no. 5, pp. 89—115. (In Russ.)
11. Plum I. I. Application of game theory method for solving economic problems. *News MGTU*, 2013, no. 1. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metoda-teorii-igr-dlya-resheniya-ekonomicheskikh-zadach>.
12. Farooqui A. D., Niazi M. A. Game theory models for communication between agents: a review. *Complex Adaptive Systems Modeling*, 2016, vol. 4. Issue 1, pp. 1—13. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.1186/s40294-016-0026-7>.
13. Akinfiyev V. K. Modeling of investment strategies of companies in conditions of uncertainty. *UBS*, 2016, pp. 136—167. (In Russ.)
14. Dmitriev N. D., Zaytsev A. A. Mathematical Methods in Industrial Production Management. *Collection of Works of Scientific, Practical and Educational Conference "Fundamental and Applied Research in the Field of Management, Economy and Trade,* Saint Petersburg, SPbPU, 2019, pp. 208—212. (In Russ.)
15. Zaytsev A. A., Dmitriev N. D. Assessment of potential risks of investment project in agro-industrial complex by Monte Carlo method. *Journal of Legal and Economic Research. Gatchina*, 2018, no. 4, pp. 138—143. (In Russ.) URL: http://giefjournal.ru/sites/default/files/020_9.pdf.
16. Afanaseva N. V., Rodionov D. G. Evaluation of Efficiency of Innovative Enterprise. *Russian Economic Internet Journal*, 2018, no. 4, p. 8. (In Russ.) URL: www.e-rej.ru/Articles/2018/Afanasyeva_Rodionov.pdf.
17. Rodionov D. G. *Application of system theory and system analysis for the development of innovation theory*. Saint Petersburg, St. Petersburg Polytechnic University Peter the Great, 2013. 352 p. (In Russ.)
18. Rodionov D. G., Koshman A. V., Mottayev A. B. Methodical approach to assessing the impact of innovative activity of the economic entity of the oil and gas complex on the cost of business. *Journal of the Altay Academy of Economics and Law*, 2019, pp. 319—325. (In Russ.)
19. Demidenko D. S., Rodionov D. G., Malevsky-Malevich E. D. "Digital," approach to determining the strategy of innovative production at the enterprise. *Fundamental research*, 2018, no. 9, pp. 53—57. (In Russ.)
20. Dmitriev N. D. Application of a vector algebra for solving industrial problems. *Collection of materials of the All-Russian Youth Scientific and Practical Conference with international participation "LINGUANET,"* Sevastopol, Sevastopol State University, 2019. Pp. 209—211. (In Russ.)
21. Akhmetshin E. M., Vasilev V. L., Mironov D. S., Zatsarinnaya E. I., Romanova M. V., Yumashev A. V. Internal control system in enterprise management: Analysis and interaction matrices. *European Research Studies Journal*, 2018, no. 21, pp. 728—740. (In Russ.)

22. Lebedev O. T., Mokeeva T. V., Rodionov D. G. Matrix structures of science and technology innovations development and implementation trajectory. *Innovation Management and Education Excellence through Vision 2020. Proc. of the 31st International Business Information Management Association Conference (IBIMA)*, 2018. Pp. 1759—1768. (In Russ.)

Как цитировать статью: Дмитриев Н. Д., Зайцев А. А., Дубаневич Л. Э. Теоретико-игровые инструменты рационализации инвестиционного анализа на промышленных предприятиях // Бизнес. Образование. Право. 2020. № 2 (51). С. 43–49. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.51.265.

For citation: Dmitriev N. D., Zaytsev A. A., Dubanevich L. E. Game-theoretic tools of investment analysis rationalization at industrial enterprises. *Business. Education. Law*, 2020, no. 2, pp. 43–49. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.51.265.

УДК 338.24
ББК 65.05

DOI: 10.25683/VOLBI.2020.51.271

Kuznetsov Boris Leonidovich,
Doctor of Engineering Sciences,
Professor of the Department
of High-Energy Processes and Aggregates,
Naberezhnye Chelny Institute —
Branch of Kazan Federal University,
Russian Federation, Republic of Tatarstan, Naberezhnye Chelny,
e-mail: borcus@mail.ru

Кузнецов Борис Леонидович,
д-р тех. наук,
профессор кафедры высокоэнергетических процессов и агрегатов,
Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) федерального университета,
Российская Федерация, Республика Татарстан,
г. Набережные Челны,
e-mail: borcus@mail.ru

Kuznetsova Svetlana Borisovna,
Candidate of Economics,
Associate Professor of the Department
of Economics of Enterprises and Organizations,
Naberezhnye Chelny Institute —
Branch of Kazan Federal University,
Russian Federation, Republic of Tatarstan, Naberezhnye Chelny,
e-mail: svetla_na66@inbox.ru

Кузнецова Светлана Борисовна,
канд. экон. наук,
доцент кафедры экономики предприятий и организаций,
Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) федерального университета,
Российская Федерация, Республика Татарстан,
г. Набережные Челны,
e-mail: svetla_na66@inbox.ru

Ziyatdinov Artur Faridovich,
Candidate of Economics, Leading Researcher,
Associate Professor of the Department
of Economics of Enterprises and Organizations,
Naberezhnye Chelny Institute —
Branch of Kazan Federal University,
Russian Federation, Republic of Tatarstan, Naberezhnye Chelny,
e-mail: aziyatdinov@mail.ru

Зиятдинов Артур Фаридович,
канд. экон. наук, ведущий научный сотрудник,
доцент кафедры экономики предприятий и организаций,
Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) федерального университета,
Российская Федерация, Республика Татарстан,
г. Набережные Челны,
e-mail: aziyatdinov@mail.ru

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

PROBLEMS OF MANAGING SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS IN THE DIGITAL ECONOMY

08.00.05 — Экономика и управление народным хозяйством
08.00.05 — Economics and management of national economy

Работа посвящена проблемам, возникающим при разработке, внедрении и управлении социально-экономическими системами в условиях цифровизации экономики. Для исследования проблем использован синергетический подход, включая оперирование большими и сложными системами, неравновесными, нелинейными процессами, переходными состояниями. В ближайшем будущем в России прогнозируется развертывание цифровой революции, включая переход к экономике знаний, цифровым технологиям, интеллектуальным системам, робототехническим комплексам. Однако имплементация в социально-экономические системы больших и сложных цифровых систем требует новых подходов, принципов, концепций и интегрирования их в единую мегасистему, новой парадигмы,

учитывающей особенности всех подсистем и окружающей среды. Предложена концепция, учитывающая особенности объекта проектирования и технологию управления развитием больших и сложных социально-экономических систем. Обращено внимание на ограниченность области линейно детерминированных зависимостей в больших и сложных социально-экономических системах, что не только затрудняет процесс цифровизации, но и может создавать новые проблемы, если будут допускаться неадекватные упрощения виртуальных и реальных систем. Проблемы управления социально-экономическими системами во многом определяются взаимозависимостью различных по природе действующих факторов-сил, таких как технологии, экономика, экология,