

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ

MATHEMATICAL AND INSTRUMENTAL METHODS OF ECONOMICS

DOI: 10.18287/2542-0461-2023-14-3-195-204



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 338

Дата поступления: 18.03.2023
рецензирования: 22.05.2023
принятия: 25.08.2023

Теория кооперативных игр в экономике в условиях внешней неопределенности

И.Д. Андрианова

Приволжский институт повышения квалификации ФНС России,
г. Нижний Новгород, Российская Федерация
E-mail: aid-5200@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9380-9380>

С.Н. Яшин

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени
Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, Российская Федерация
E-mail: jashinsn@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3039-4146>

Ф.Ф. Юрлов

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексева,
г. Нижний Новгород, Российская Федерация
E-mail: ffyurlov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6026-0408>

Аннотация: В статье проведен анализ вопросов теории и практики кооперативных игр в условиях, когда действуют неуправляемые факторы, влияющие на показатели экономических систем, а сами системы оцениваются по совокупности критериев. В современной научной литературе решения реальных экономических задач кооперации часто не учитывают методы выбора оптимальных стратегий в экономике. Это снижает эффективность принятия решений. В статье проведен анализ проблем принятия решений в условиях отсутствия информации о воздействии множества факторов внешней среды. Приведена методика использования концепции кооперативных игр с применением стохастических моделей неопределенности. Комплексное решение проблем неопределенности внешней среды при применении теории кооперативных игр приобретает особую значимость на настоящем развитии взаимоотношений между различными странами. Это относится к экономическим отношениям между странами Востока и Запада. Вводимые санкции в отношении России, как правило, носят непредсказуемый характер. При этом указанные санкции вводятся согласованно несколькими странами. Поэтому можно считать, что при их введении образуются те или иные коалиции. И следовательно, возникает необходимость рассмотрения возможностей применения теории кооперативных игр. Авторами представлены инструменты моделирования матриц эффективности для выбора оптимальных стратегий с учетом риска воздействия факторов неопределенности. Предлагаемая методика реализует комплексное решение проблем неуправляемой внешней среды при применении теории кооперативных игр. Поэтапно представлено применение различных принципов оптимальности для оценки эффективности субъектов анализа. Также данная методика может быть интересна для лиц, принимающих решение. Для повышения конкурентоспособности компании руководитель должен иметь предвидение перспектив развития в условиях динамически изменяющихся характеристик внешнего мира. Авторами проведено исследование

проблем учета неопределенности внешней среды и теории кооперативных игр для принятия решений и представлена методика комплексного анализа данных вопросов.

Ключевые слова: теория игр; принятие решений; многокритериальность; неопределенность; внешние факторы; принципы оптимальности.

Цитирование. Андрианова И.Д., Яшин С.Н., Юрлов Ф.Ф. Теория кооперативных игр в экономике в условиях внешней неопределенности // Вестник Самарского университета. Экономика и управление Vestnik of Samara University. Economics and Management. 2023. Т. 14, № 3. С. 195–204. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2023-14-3-195-204>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© Андрианова И.Д., Яшин С.Н., Юрлов Ф.Ф., 2023

Ирина Дмитриевна Андрианова – кандидат экономических наук, заведующий кафедрой информационных технологий, Приволжский институт повышения квалификации ФНС России, 603950, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, ул. Грузинская, 48.

Сергей Николаевич Яшин – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента и государственного управления, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, 603022, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, пр-т Гагарина, 23.

Феликс Федорович Юрлов – заслуженный деятель науки РФ, академик РАЕН, доктор технических наук, профессор кафедры «Цифровая экономика», Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева, 603950, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.

SCIENTIFIC ARTICLE

Submitted: 18.03.2023

Revised: 22.05.2023

Accepted: 25.08.2023

Theory of cooperative games in the economy under external uncertainty

I.D. Andrianova

Federal State Institution of Advanced finance Professional Training «Federal Tax Service Training Institute»,
Nizhny Novgorod, Russian Federation

E-mail: aid-5200@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9380-9380>

S.N. Yashin

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation

E-mail: jashinsn@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3039-4146>

F.F. Yurlov

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev,

Nizhny Novgorod, Russian Federation

E-mail: ffyurlov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6026-0408>

Abstract: The article analyzes the issues of theory and practice of cooperative games in conditions when there are uncontrollable factors affecting the performance of economic systems, and the systems themselves are evaluated by a set of criteria. In modern scientific literature, solutions to real economic problems of cooperation often do not take into account the methods of choosing optimal strategies in the economy. This reduces the effectiveness of decision-making. The article analyzes the problems of decision-making in the absence of information about the impact of many environmental factors. The method of using the concept of cooperative games with the use of stochastic models of uncertainty is given. A comprehensive solution to the problems of uncertainty of the external environment when applying the theory of cooperative games is of particular importance in the current development of relations between different countries. This refers to the economic relations between the countries of the East and the West. The sanctions imposed on Russia, as a rule, are unpredictable. At the same time, these sanctions are imposed in concert by several countries. Therefore, it can be assumed that when they are introduced, certain coalitions are formed. And, consequently, there is a need to consider the possibilities of applying the theory of cooperative games. The authors present tools for modeling efficiency matrices for choosing optimal strategies, taking into account the risk of exposure to uncertainty factors. The proposed methodology implements a comprehensive solution to the problems of an uncontrolled external environment when applying the theory of cooperative games. The application of various optimality principles for evaluating the effectiveness of the subjects of analysis is presented in stages. Also, this technique may be of interest to decision makers. To increase the competitiveness of the company, the manager must have a foresight of the prospects for development in the conditions of dynamically changing characteristics of the external world. The authors conducted a study of the

problems of accounting for the uncertainty of the external environment and the theory of cooperative games for decision-making and presented a methodology for complex analysis of these issues.

Key words: game theory; decision-making; multi-criteria; uncertainty; external factors; principles of optimality.

Citation. Andrianova I.D., Yashin S.N., Yurlov F.F. Theory of cooperative games in the economy under external uncertainty. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2023, vol. 14, no. 3, pp. 195–204. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2023-14-3-195-204>.

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

© **Andrianova I.D., Yashin S.N., Yurlov F.F., 2023**

Irina D. Andrianova – Candidate of Economic Sciences, head of the Department of Information Technology, Federal State Institution of Advanced finance Professional Training «Federal Tax Service Training Institute», 48, Gruzinskaya Street, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation.

Sergey N. Yashin – Doctor of Economics, professor, head of the Department of Management and Public Administration, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, 23, Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod, 603022, Russian Federation.

Felix F. Yurlov – honored scientist of the Russian Federation, academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Doctor of Technical Sciences, professor of the Department of Digital Economy, Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, 24, Minin Street, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation.

Введение

Теория игр охватывает существенную часть процесса принятия решений в условиях неопределенности. В первые годы основной вклад в развитие теории игр внесли Эмиль Борель и Джон фон Нейман, хотя неясно, кого следует считать основателем теории игр. В 1953 году известный математик Морис Фреше утверждал на страницах журнала *Econometrica*, что Эмиль Борель на самом деле был ответственен за инициирование разработки теории игр. Это вызвало сильный отпор со стороны венгерского математика Джона фон Неймана, заявившего, что до его доказательства теоремы о минимаксе в 1928 году в теории игр просто не было ничего, что стоило бы публиковать. Оказывается, не все так просто. Хотя фон Нейман был первым, кто представил строгое доказательство минимаксной теоремы, Борель заложил основу для нее в 1921 году. Борель (1924) пытался, но безуспешно доказать теорему о минимаксе. Он дошел до того, что предположил, что это никогда не может быть доказано, но, как это часто бывает с необдуманными предсказаниями, он быстро оказался неправ. Теорема о минимаксе была доказана для общего случая в декабре 1926 года Джоном фон Нейманом. Сложное доказательство, опубликованное в 1928 г., впоследствии было изменено самим фон Нейманом (1937 г.), Жаном Виллем (1938 г.), Германом Вейлем (1950 г.) и другими. Его предсказания позже были экспериментально подтверждены с точностью до одного процента, и он остается краеугольным камнем в теоретико-игровых построениях (O'Neill, 1987). Теория игр охватывает очень широкую область и дала много интересных результатов.

В течение долгого времени темы абсолютного, относительного и конкурентного преимущества в бизнесе побуждали экономистов исследовать теории, чтобы понять вопросы принятия эффективных решений. Явления и проблемы в экономике требуют инструментов для их объяснения и решения. Необходимо подчеркнуть следующее важное обстоятельство: комплексное решение проблем неопределенности внешней среды при применении теории кооперативных игр [5] приобретает особую значимость на текущем этапе развития взаимоотношений между различными странами. Примером тому являются экономические отношения между США, странами Западной Европы и Россией. Вводимые санкции в отношении России, как правило, носят непредсказуемый характер. При этом указанные санкции вводятся согласованно несколькими странами. Поэтому можно считать, что при их введении образуются те или иные коалиции. И следовательно, возникает необходимость рассмотрения возможностей применения теории кооперативных игр.

В условиях напряженности между различными правовыми, политическими, культурными, организационными, экономическими и управленческими системами принятие решений между отдельными лицами, группами, компаниями и странами играет решающую роль в экономике. Это означает, что в сложном сценарии принятия решений исследования экономических процессов необходимо опираться на инструменты, которые позволяют анализировать и решать эти стратегические взаимодействия. В этой статье мы приводим аргументы в пользу такого теоретического инструмента для анализа сотрудничества и конфликтов на международной арене – теории игр.

В существующей экономической литературе, как правило, отдельно рассматриваются вопросы теории и практики кооперативных игр. При этом основное внимание уделяется математическим ас-

пектам теории кооперативных игр. Явно недостаточно анализируются вопросы применения указанной теории для решения актуальных экономических задач. Поэтому на данном этапе развития экономики разработка практических аспектов теории кооперативных игр является весьма актуальной проблемой.

Экономист А. Рубинштейн в 1991 году отметил: «Теорию игр нельзя рассматривать просто как предмет абстрактной математики, но как нечто, имеющее принципиальное отношение к реальному миру». Заявление Рубинштейна указывает на то, что теория игр представляет собой не только абстрактное исследование функций и логики социальных институтов и моделей поведения. Теория игр предлагает стратегический инструмент для того, чтобы смотреть вперед, что может быть очень полезно для лиц, принимающих решения, в ситуациях, когда решения принимают несколько человек, например в коалициях. Шеллинг (1960) показал в «Стратегии конфликта» столько же рационального анализа международного политического конфликта, сколько Аксельрод (1984) в «Эволюции сотрудничества», которая рассмотрела, как сотрудничество может возникнуть в мире корыстных эгоистов (сверхдержав, компаний и отдельных лиц). И конфликт, и сотрудничество являются важными частями теории игр, и стратегическое рассмотрение ситуаций принятия решений способствовало лучшему пониманию поведения в социальных, политических и экономических условиях. В этой статье также показан потенциал концепций решения для анализа динамики и неопределенности.

Еще одной проблемой, которая возникает при оценке эффективности экономических моделей [1; 2], является проблема выбора эффективных стратегий в неопределенном внешнем окружении. Внешняя среда имеет набор факторов, которые являются не управляемыми. К ним можно отнести: природные факторы, инфляционные процессы, финансовые ресурсы, действия конкурентов и т. п. Наличие неопределенности внешней среды во многих случаях значительно усложняет процесс принятия оптимальных решений [3].

В существующей научной литературе [4–8] теория кооперативных игр обычно рассматривается в детерминированных известных условиях анализа принимаемых решений. При решении реальных экономических задач кооперации во многих случаях приходится учитывать динамику изменений в окружающем мире. Следовательно, чтобы получить реальную картину, показывающую эффективность принятия решений, необходимо адаптировать данную теорию к реальной жизни. В данной научной работе предлагается методика выбора продуктивных решений в условиях наличия неконтролируемых факторов, определяющих внешнее окружение.

Необходимо раскрыть силу теории кооперативных игр с силой теоретико-игрового подхода как способа анализа. В данной работе предлагается методика применения теории игр в условиях неопределенности. Лицо, принимающее решение (далее ЛПР), должно выбрать одну из заданного числа альтернатив в отсутствие данных о вероятностях различных состояний природы. И здесь необходимо сосредоточиться на том, чтобы избежать сожалений, что может возникнуть в результате неоптимального принятия решения.

При принятии решений в условиях неопределенности ЛПР должно провести инвентаризацию всех жизнеспособных вариантов, доступных для сбора информации, экспериментов и действий. После систематического описания проблемы ЛПР должно синтезировать набор информации, прежде чем использовать наиболее подходящие правила принятия решений. Данные правила предписывают, как человек, столкнувшийся с решением в условиях неопределенности, должен выбрать курс, соответствующий его основным суждениям и предпочтениям. Представленная в данной работе методика, предлагает для выбора решений использовать принципы оптимальности. Рассматривается применение классических критериев Гурвица, Максимакса, Максимины Вальда, Сэвиджа и другие. Данная методика может быть применена в таких областях как, экономика, прогнозирование, проверка гипотез.

Основные этапы методики применения кооперативных игр в условиях неопределенности внешней среды

1 Этап. Определение целей исследования

$$Ц = \{ Ц_i \} \quad I = 1, n.$$

В качестве целей Ц могут выступать: экономические, социальные, инновационные и иные цели.

2 Этап. Формирование коалиций участников для достижения поставленных целей

$$К_k = \{ К_{kj} \} \quad J = 1, m.$$

Участников коалиций $К_k$ могут представлять: страны, корпорации, учебные заведения, акционеры и т. д.

3 Этап.

Для достижения поставленных целей коалициями при применении кооперативных игр определяется множество неуправляемых факторов:

$$Y_k = \{ Y_{kj} \}, j = 1, m.$$

В качестве неуправляемых факторов Y_k могут выступать: природные факторы, условия инвестирования предприятий, действия конкурентов и т. п.

Рассмотрим ситуации, когда неуправляемые факторы будут одинаковыми для рассматриваемых участников коалиций.

4 Этап. Определение управляемых факторов для каждого участника и для каждой коалиции:

$$X_k = \{ X_{ki} \}, i = 1, n.$$

Управляемые факторы могут представлять проекты, технологии и пр.

5 Этап. Располагая информацией об управляемых факторах X_k и неуправляемых факторах Y_k , формулируются критерии эффективности $V_k(X_k, Y_k)$ (характеристические функции) для каждой коалиции. Для оценки использования коалиций используется несколько критериев. В работе мы рассмотрим один критерий эффективности V_k , который записывается в виде $V_k(X_k, Y_k)$.

6 Этап. Формируются матрицы эффективности $\| V_k(X_k, Y_k) \dots \|$ для каждой коалиции.

7 Этап. Многоступенчатое применение принципов оптимальности для принятия решений

$$G1_k, G2_k, \dots, GN_k.$$

В данном случае могут быть применимы классические критерии Вальда, Гурвича, Максимакса, Сэвиджа и Лапласа. Сравнение производится на основе показателей эффективности для индивидуальной оценки альтернатив бизнеса [6–8].

8 Этап. Определяются зависимости принимаемых оптимальных решений от применяемых коалициями принципов оптимальности:

$$X1_{\text{опт}}(G1_k), X2_{\text{опт}}(G2_k) \dots XN_{\text{опт}}(GN_k).$$

Применение различных принципов дает различные варианты эффективных решений, т. е.:

$$X1_{\text{опт}}(G1_k) \neq X2_{\text{опт}}(G2_k) \neq \dots \neq XN_{\text{опт}}(GN_k).$$

9 Этап. Для каждой коалиции N_{ik} формируется таблица 1 в виде модели эффективности.

Таблица 1 – Модель эффективности

Table 1 – Efficiency model

Y X	$Y1(N_{ik})$	$Y2(N_{ik})$	.....	$Yn(N_{ik})$
$X1(N_{ik})$	$V(N_{ik})_{11}$	$V(N_{ik})_{12}$	.....	$V(N_{ik})_{1n}$
$X2(N_{ik})$	$V(N_{ik})_{21}$	$V(N_{ik})_{22}$	.....	$V(N_{ik})_{2n}$
.....
$Xm(N_{ik})$	$V(N_{ik})_{m1}$	$V(N_{ik})_{m2}$	.....	$V(N_{ik})_{mn}$

Здесь $V(N_{ik})_{ij}$ – характеристические функции (выигрыши) участников с номером N_{ik} при $X = X_i(N_{ik}), Y = Y_j(N_{ik})$.

10 Этап. Для участников коалиции с номерами i и j составляется таблица 2 в виде модели эффективности.

Таблица 2 – Модель эффективности

Table 2 – Efficiency model

Y X	$Y1_k$	$Y2_k$	.....	Yn_k
$X1_k$	$V(N_i+N_j)_{11}$	$V_k(N_i+N_j)_{12}$	.....	$V_k(N_i+N_j)_{1n}$
$X2_k$	$V(N_i+N_j)_{21}$	$V_k(N_i+N_j)_{22}$	.....	$V_k(N_i+N_j)_{2n}$
.....
Xm_k	$V(N_i+N_j)_{m1}$	$V_k(N_i+N_j)_{m2}$	.....	$V_k(N_i+N_j)_{mn}$

Здесь $V_k(N_i+N_j)_{ij}$ – характеристические функции (выигрыши) коалиций $(N_i + N_j)$ при $x = i, y = j$.

11 Этап. В общем случае для коалиций с числом участников более двух составляет таблица эффективности коалиций (см. таблицу 3).

Таблица 3 – Модель эффективности коалиций К
Table 3 – K coalition efficiency model

Y X	Y1к	Y2к	.....	Y nk
X1к	V _{к11}	V _{к12}	.....	V _{к1n}
X2к	V _{к21}	V _{к22}	.....	V _{к2n}
.....
Xmk	V _{км1}	V _{км2}	.....	V _{кмn}

Применение различных принципов оптимальности для оценки эффективности коалиций

1. Выбор принципов оптимальности для определения эффективных решений отдельными участниками и коалициями: G1к, G2к,.....Gnк.

2. Определение оптимальных решений для каждой коалиции:

$$X_{\text{опт}}(G1к), X_{\text{опт}}(G2к) \dots X_{\text{опт}}(G nk).$$

3. Рассматриваем следующие ситуации:

a) $X_{\text{опт}}(G1к) = X_{\text{опт}}(G2к) = \dots = X_{\text{опт}}(Gnк).$

b) $X_{\text{опт}}(G1к) \neq X_{\text{опт}}(G2к) \neq \dots \neq X_{\text{опт}}(G nk).$

c) $X_{\text{опт}}(G1к) = X_{\text{опт}}(G2к) = \dots = X_{\text{опт}}(Gmk),$

$$X_{\text{опт}m+1}(G1к) \neq X_{\text{опт}m+2}(G2к) \neq \dots \neq X_{\text{опт}}(Gnк).$$

В случаях когда оптимальные решения не совпадают, необходимо провести их согласование.

4. Для принятия эффективных решений в условиях неопределенности отдельные ЛПР должны выбрать одну из предполагаемых бизнес-альтернатив коалиций Nк, используя критерий Максимиана Вальда, который предполагает, что ЛПР рассматривает минимальные выигрыши от альтернатив и выбирает альтернативу, результат которой является наименее плохим:

$$V_{\Gamma}(N_k) = \max \min V(XN_k, YN_k), \text{ где индекс } K \text{ означает коалицию.}$$

Этот критерий нравится тем, кто принимает осторожные решения и ищет гарантии того, что в случае неблагоприятного существует по крайней мере известная минимальная выплата.

Пример 1. Для повышения эффективности функционирования формируется производственная коалиция. Участниками коалиции являются предприятия различных отраслей промышленности.

Зададим исходные параметры расчета.

Внутренний фактор – объем продукции $O_k = \{O_{ik}\}$ [6]. В качестве внешнего фактора возьмем размер налогов – набор $H_k = \{H_{jk}\}$.

Показателем эффективности определим Выручку – $V_k(O_k, H_k) = Q_k P_k$.

Для выбора эффективных решений формируется матрица эффективности в виде таблицы 4.

Таблица 4 – Матрица эффективности
Table 4 – Performance matrix

O H	H1(N_{ik})	H2(N_{ik})	H3(N_{ik})	Min B
O1(N_{ik})	10	2	4	2
O2(N_{ik})	6	5	5	5
O3(N_{ik})	4	7	3	3
O4(N_{ik})	3	9	2	2

$$V_{\Gamma k} = \max \min V_k(O_k, H_k) = 5.$$

$$X_k(N_{ik}), Y_k(N_{ik}).$$

$$O(N_{ik})_{\text{опт.}} = O2(N_{ik}) = O_k(N_{ik}) H(N_{ik}).$$

Использование принципа гарантированного результата позволяет выбрать наилучшее решение при неблагоприятных внешних факторах. Из всех минимально возможных показателей выручки наибольшую эффективность показывает предприятие О2.

Пример 2. Международная интеграция.

Для дальнейшего развития европейские и азиатские страны объединяются с целью обретения экономической и военной стабильности, внедрения инновационных технологий и т. д. ЕЭС и БРИКС в данном случае можно определить как коалиции. Необходимость создания коалиций может быть обусловлена угрозами, исходящими от различных стран и, в частности, от США и стран Европы, а также необходимостью улучшения условий функционирования участников формируемых коалиций. Следует отметить ведущую роль России и Китая в создании и успешном функционировании стран участников коалиции БРИКС.

Составим модель эффективности в виде матрицы для различных коалиций. Показателем эффективности могут выступать различные факторы: ВВП, обороноспособность государства, уровень безработицы, средний уровень жизни населения и пр.

Поскольку каждый из участников коалиции может показывать преобладание одного фактора и отставание по другим факторам, то это приведет к разночтениям в выборе оптимальных решений.

Выберем критерий минимаксного сожаления, который исследует альтернативные потери, возникающие в результате конкретной ситуации, когда выигрыш от выбранной альтернативы меньше, чем выигрыш, который мог бы быть достигнут в этой конкретной ситуации.

Минимаксный критерий Сэвиджа предполагает, что ЛПП смотрит на максимальное сожаление по каждой стратегии и выбирает ту, которая имеет наименьшее значение.

Применение принципа Сэвиджа для участника коалиции N_{ik} :

$$Y_{ГK}(N_{ik}) = \min \max Y_K \{ X_{K}(N_{ik}), Y_{K}(N_{ik}), X_{K}(N_{ik}), Y_{K}(N_{ik}), \}$$

где $Y_K \{ X_{K}(N_{ik}), Y_{K}(N_{ik}) \}$ – ущерб участника коалиции N_{ik} , обусловленный отклонением от оптимального решения.

Этот принцип преобразует матрицу выигрышей в матрицу сожалений.

Пример 3. Матрица полезного результата.

Рассмотрим методику применения принципа Сэвиджа на основе исходных данных, представленных в таблице 5.

Таблица 5 – Матрица исходных данных

Table 5 – Matrix of initial data

X \ Y	Y1K(N _{ik})	Y2K(N _{ik})	Y3K(N _{ik})	Y4K(N _{ik})
X1K(N _{ik})	5	10	12	7
X2K(N _{ik})	15	8	11	6
X3K(N _{ik})	3	10	9	5
X4K(N _{ik})	12	20	16	8
Max	15	20	16	8

На первом шаге для каждого критерия Y_K по каждому участнику коалиции X_K определяется максимальное значение, которое определено в строке Max таблицы 5.

Максимальное значение для каждого показателя Y_K считается оптимальным решением. На втором шаге на основе полученных значений для каждого участника коалиции X_K альтернативы рассчитывается показатель, характеризующий потенциальный риск. Отклонение от максимального показателя покажет значение ущерба каждого участника коалиции X_K , соответственно, он должен быть минимизирован.

Например, для первого критерия Y_K участник коалиции X_1 имеет значение потерь 10 (15–5), для участника коалиции X_2 значение потерь равно 0 и т. д.

На втором шаге эти значения используются для расчета матрицы Сэвиджа для каждого участника коалиции. Она представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Матрица ущербов
Table 6 – Damage matrix

X \ Y	Y1(N _{ik})	Y2(N _{ik})	Y3(N _{ik})	Y4(N _{ik})
X1(N _{ik})	10	10	4	1
X2(N _{ik})	0	12	5	2
X3(N _{ik})	12	10	7	3
X4(N _{ik})	3	0	0	0

На основании матрицы ущерба определим максимальные потери по каждому участнику коалиции X_k. Наиболее эффективным будет X_k, имеющий минимальные потери.

Таким образом, минимальные потери составили величину 3 ед. Наиболее эффективная стратегия X_k (N_{ik})_{опт} = X4.

Применение принципа оптимизма

Оптимистический максимаксный критерий, что ЛПР изучает максимальные выигрыши альтернатив и выбирает альтернативы, результат которых является наилучшим. Этот критерий нравится предприимчивым руководителям, которых привлекают высокие выплаты.

При этом учитывается максимальный уровень эффекта внутренних управляемых показателей.

В случае максимизации полезного результата участником коалиции указанный принцип запишется в виде

$$V_{\text{опт}}(N_{ik}) = \max \max V_k \{ X_k(N_{ik}), Y_k(N_{ik}) \},$$

В случае минимизации затрат данный принцип формулируется следующим образом:

$$Z(N_{ik}) = \min \min \{ X_k(N_{ik}), Y_k(N_{ik}) \},$$

Пример 4. Определение оптимального объема продаж по принципу оптимизма рассмотрим на исходных данных примера 1. Проанализируем таблицу 4, определим максимальное значение в каждой строке. Исходя из принципа оптимизма, максимум из всех максимальных значений определяет оптимальную стратегию:

$$K_{\text{опт}}(N_{ik}) = 10 \text{ ед.}$$

Из всех максимально возможных показателей валового дохода (выручки) наибольшую эффективность показывает предприятие Q1.

Применение принципа пессимизма

Принцип пессимизма предполагает, что факторы внешней среда срабатывают самым наихудшим образом, а внутренние ресурсы используются нерационально. Данная ситуация кажется маловероятной, т. к. мы привыкли считать, что внутренние факторы контролируются лицом, принимающим решение и должны быть использованы самым оптимальным образом. Но в реальности не всегда возможен контроль управляемых показателей. Например, издержки производства на длительных временных интервалах в некоторой части становятся неконтролируемыми, т. к. увеличивается стоимость энергоресурсов, топлива, материалов. Можно рассмотреть показатель объемов производства продукции как пример. В результате динамики изменения рынка фактор внутреннего производства может стать неуправляемым и может измениться в соответствии с разными сценариями, как с оптимистичным, так и с пессимистичным.

Принцип пессимизма формулируется так:

$$V_{\text{опт}}(N_{ik}) = \min \min V \{ X(N_{ik}), Y(N_{ik}) \},$$

Применение принципа гарантированных потерь

Риски принятия ЛПР неоптимального решения в условиях неопределенности и непредсказуемости внешних условий окружающего мира приводят к определенным убыткам. Например, внешние факторы проявились более благоприятно, чем это предполагалось при выборе стратегии. Данный критерий лучше, чем Максимакс или Максимум, хотя в нем используется далеко не надежная минимаксная ло-

гика. Значения, с которыми он работает (убытки, потери), содержат больше проблемной информации: фактические денежные потери + нереализованная потенциальная прибыль. Что приводит к более обоснованному решению, чем это было возможно с вариантами из предыдущих моделей.

Для расчета гарантированного ущерба необходимо рассчитать матрицу $\| \Pi(X_k, Y_k) \|$, исходя из данных матрицы эффективности $\| E(X_k, Y_k) \|$.

На основе $\| \Pi(X, Y) \|$ расчет осуществляется с использованием критерия

$$Пгк = \min_{X_k} \max_{Y_k} \Pi(X_k, Y_k),$$

Рассмотрим применение данного принципа на примере.

Пример 5. Использование критерия гарантированных потерь для отбора инвестиционных проектов. В качестве приоритетного показателя возьмем чистый дисконтированный доход (ЧДД). Применение критерия гарантированных потерь на основе данных, которые представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Матрица ЧДД инвестиционного проекта
Table 6 – NPV matrix of the investment project

X \ Y	Y1(Niк)	Y2(Niк)	Y3(Niк)	Max
X1(Niк)	20	14	25	25
X2(Niк)	15	18	9	18
X3(Niк)	30	17	24	30

Считаем, что X – стратегии при выбранном управляемом факторе, а Y – инвестиционные проекты. Определяем оптимистические результаты для стратегий X с наибольшим ЧДД и фиксируем их в столбце Max таблицы 6.

На основе этих данных заполняем таблицу 7, в клетках которой проставляем потери, равные разности между максимальным ЧДД и реальным показателем ЧДД в каждой клетке таблицы 6.

Осуществляем этот расчет для каждого значения X.

Получаем матрицу потерь в виде таблицы 7.

Таблица 7 – Матрица потерь
Table 7 – Loss matrix

X \ Y	Y1 (Niк)	Y2 (Niк)	Y3 (Niк)
X1(Niк)	5	11	0
X2(Niк)	3	0	9
X3(Niк)	0	13	6

Минимальную потерю из максимальных показателей обеспечивает второй проект при $X2(Niк)_{opt} = 9 \text{ед.}$

Выводы

1. В качестве важных проблем, рассматриваемых в настоящей статье, исследуются проблемы учета неопределенности внешней среды и теории кооперативных игр для принятия решений.

2. В существующей экономической литературе указанные проблемы обычно рассматриваются раздельно. Поэтому имеется необходимость комплексного их анализа.

3. Важной проблемой, возникающей при выборе стратегии при наличии условий неопределенности во внешнем окружении, являются проблема формирования принципов эффективности и их сравнительный анализ.

4. Проведенный анализ показал, что применение различных принципов оптимальности приводит в общем случае к различным результатам.

5. С целью повышения объективности при выборе стратегии необходимо учитывать специфику отраслей и особенности ЛПР. Комбинируя различные подходы, находит применение совокупность указанных принципов для выбора эффективных решений.

5. Подход, основанный на комплексном применении нескольких принципов оптимальности для выбора стратегии в условиях неопределенности, может стать определяющим.

Библиографический список

1. Нейман Дж., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. Москва: Наука, 1970. 983 с. URL: <https://institutiones.com/download/books/806-teoriya-igr-economichescoe-povedenie.html>.
2. Юрлов Ф.Ф. [и др.] Методы и модели в экономике и финансовой деятельности. Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2021. 243 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19951889>. EDN: <https://www.elibrary.ru/pcyprc>.
3. Юрлов Ф.Ф., Плеханова А.Ф., Яшин С.Н. Методы оценки эффективности и выбора предпочтительных инвестиционных проектов. Нижний Новгород, 2021. 277 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46465414>. EDN: <https://www.elibrary.ru/glyhvx>.
4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования (вторая редакция). Москва: Официальное издание, 2000. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=8730>.
5. Бирман Г., Шмидт С. Экономический анализ инвестиционных проектов. Москва: ЮНИТИ, 1997. 345 с.
6. Брыкалов С.М. Оценка эффективности инвестиционных проектов на основе многокритериального подхода: на примере проектов в атомной электроэнергетике: дис. ... канд. экон. наук. URL: <https://www.dissercat.com/content/otsenka-effektivnosti-investitsionnykh-proektov-na-osnove-nogokriterialnogo-podkhoda>.
7. Яшин С.Н., Туккель И.Л., Кошелев Е.В., Иванов А.А. Управление проектами и технологиями. Санкт-Петербург: БХВ Петербург, 2020. 388 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44153753>. EDN: <https://www.elibrary.ru/famvxf>.
8. Яшин С.Н., Туккель И.Л., Кошелев Е.В., Захарова Ю.В. Экономика и финансовое обеспечение инновационной деятельности: учебник. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского университета, 2016. 688 с.

References

1. Neumann J., Morgenstern O. Theory of games and economic behavior. Moscow: Nauka, 1970, 983 p. URL: <https://institutiones.com/download/books/806-teoriya-igr-economichescoe-povedenie.html>. (In Russ.)
2. Yurlov F.F. [et al.] Methods and models in economics and financial activity. Nizhny Novgorod: NGTU im. R.E. Alekseeva, 2021, 243 p. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19951889>. EDN: <https://www.elibrary.ru/pcyprc>. (In Russ.)
3. Yurlov F.F., Plekhanova A.F., Yashin S.N. Methods for evaluating the effectiveness and selecting preferred investment projects. Nizhny Novgorod, 2021, 277 p. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46465414>. EDN: <https://www.elibrary.ru/glyhvx>. (In Russ.)
4. Guidelines for evaluating the effectiveness of investment projects and their selection for financing (second edition). Moscow: Ofitsial'noe izdanie, 2000. Available at: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=8730>. (In Russ.)
5. Bierman G., Smidt S. Economic Analysis of Investment Projects. Moscow: YuNITI, 1997, 345 p. (In Russ.)
6. Brykalov S.M. Evaluation of effectiveness of investment projects based on multi-criteria approach: on the example of projects in the nuclear power industry: Candidate's of Economic Sciences thesis. Available at: <https://www.dissercat.com/content/otsenka-effektivnosti-investitsionnykh-proektov-na-osnove-nogokriterialnogo-podkhoda>. (In Russ.)
7. Yashin S.N., Tukkell I.L., Koshelev E.V., Ivanov A.A. Project and technology management. Saint Petersburg: BKhV Peterburg, 2020, 388 p. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44153753>. EDN: <https://www.elibrary.ru/famvxf>. (In Russ.)
8. Yashin S.N., Tukkell I.L., Koshelev E.V., Zakharova Yu.V. Economics and financial support of innovation activity: textbook. Nizhny Novgorod: Izd-vo Nizhegorodskogo universiteta, 2016, 688 p. (In Russ.)