

Сигал Анатолий Викторович

доктор экономических наук, профессор
кафедры бизнес-информатики
и математического моделирования
Крымского федерального
университета им. В.И. Вернадского

Кусый Михаил Юрьевич

кандидат экономических наук, доцент
кафедры финансов и кредита
Крымского федерального
университета им. В. И. Вернадского

**ПРОБЛЕМЫ ПРИНЯТИЯ
КОРРЕКТНЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ
РЕШЕНИЙ, ОСНОВАННЫХ
НА ПРИМЕНЕНИИ ТЕОРИИ ИГР
И СТАТИСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
В ЭКОНОМИКЕ [1]**

Аннотация:

В статье проведен краткий анализ применения теории игр и статистических решений для моделирования экономических систем, процессов и явлений, в частности для принятия корректных управленческих решений. Выявлено и описано методологическое содержание основных достоинств и недостатков такого моделирования. Предложена схема принятия управленческих решений, базирующаяся на концепции комбинированного использования статистических и антагонистических игр. При некоторых недочетах данная концепция обладает и значительными достоинствами. Главными из них являются возможности существенного расширения сферы применения теории игр и статистических решений для моделирования процессов принятия оптимальных управленческих решений в экономике, а также принятия корректных управленческих решений в экономике, поскольку эта концепция позволяет учитывать важнейшие особенности современной экономики, в частности конфликтность, неполноту информации, неопределенность, многокритериальность и порожденный ими риск.

Ключевые слова:

моделирование, принятие решений, статистическая игра, антагонистическая игра, конфликтность, неопределенность, риск.

Sigal Anatoliy Viktorovich

D. Phil. in Economics, Professor,
Business Informatics and
Mathematical Modeling Department,
Crimean Federal University

Kussy Mikhail Yuryevich

PhD in Economics, Associate Professor,
Finance and Credit Department,
Crimean Federal University

**PROBLEMS OF CORRECT
MANAGEMENT DECISION MAKING
BASED ON THE APPLICATION
OF GAME THEORY
AND STATISTICAL
DECISION IN THE ECONOMY [1]**

Summary:

The paper provides a brief analysis of the application of the game theory and statistical decisions for modeling economic systems, processes and phenomena, in particular, for making correct management decisions. The methodological content of the main advantages and disadvantages of such a modeling has been identified and described. The use of a management decision making scheme based on the concept of combined use of statistical and antagonistic games is proposed. Although this concept has drawbacks, it also has considerable advantages. The main advantage of this concept is that it has significant scope for expanding the game theory and statistical decisions for modeling the processes of making optimal managerial decisions in the economy, and it also allows to make the right managerial decisions in the economy, since this concept allows to take into account the most important features of the modern economy, in particular, conflict, incompleteness of information, uncertainty, multicriteria and the risk generated by them.

Keywords:

modeling, decision making, statistical game, antagonistic game, conflict, uncertainty, risk.

Одной из наиболее широко используемых теорий для принятия управленческих решений в экономике является теория игр (далее – ТИ) и статистических решений. Экономика обладает рядом особенностей, учет которых в процессе принятия управленческих решений абсолютно обязателен. Как известно, теория игр представляет собой теорию конфликтов, поэтому теоретико-игровое моделирование экономики автоматически позволяет учесть такие характерные черты экономики, как конфликтность и конкуренция. Однако в случае применения теории игр и статистических решений в экономических исследованиях зачастую не в полной мере удается учесть такие особенности экономики, как, например, многокритериальность, неопределенность и риск, что влечет некорректность управленческого решения и (или) наступление его нежелательных последствий.

Цель исследования состоит в проведении анализа, включающего краткий обзор литературы и определение достоинств и недостатков применения теории игр и статистических решений для моделирования экономических систем, процессов и явлений, а также обоснование того, что

авторская концепция комбинированного использования статистических и антагонистических игр (далее – АИ) позволяет учитывать ключевые особенности современной экономики, в частности конфликтность, многокритериальность, неопределенность и порожденный ими риск. В связи с этим именно данная концепция обеспечивает принятие корректных управленческих решений в экономической сфере.

Теория игр уже в рамках первого систематического изложения Дж. фон Нейманом и О. Моргенштерном была разработана как математический аппарат изучения явлений конкурентной экономики [2]. Теоретико-игровые методы и модели нашли широкое применение при решении разнообразных задач моделирования экономики, в частности задач принятия оптимальных управленческих решений. Факторы, которые приходится учитывать при этом, становятся все более многочисленными, сложными и взаимосвязанными.

Как и любые математические методы и модели, теоретико-игровые методы и модели имеют границы применения в экономических теории и практике. В частности, как справедливо отмечает Е.В. Балацкий, «модельный плюрализм является объективным отражением ограниченности математического инструментария при описании экономических явлений. <...> Дело в том, что сама ограниченность математики связана с глубоким антагонизмом между математической и диалектической логикой. Математическая логика направлена на описание неких непротиворечивых целостностей. Жизнь же диалектична и протекает в соответствии с законами диалектической логики. В соответствии с последним замечанием все социальные целостности постоянно развиваются, доходя на определенном этапе до так называемого отрицания отрицания. Фактически речь идет об изменении самой целостности. Однако математика не может работать с “распадающейся” целостностью. Отрицание отрицания, естественное для социальных миров, представляет собой логическое противоречие для математики. Именно поэтому все экономические законы временны, а модели имеют ограниченную область применения. Качественно новые витки в развитии социальных систем не могут быть описаны в рамках одной математической модели» [3].

По мнению А. Вальда, создателя теории статистических игр [4], основной моделью принятия решений выступает модель принятия статистических решений [5], которую мы называем статистической игрой [6, с. 112]. В настоящее время статистические игры наряду с антагонистическими являются наиболее известными, распространенными и разработанными теоретико-игровыми моделями принятия оптимальных решений. Для простоты и удобства изложения целесообразно ограничиться оценкой конечных игровых моделей.

Далее кратко охарактеризованы достоинства и недостатки применения теории игр в экономических исследованиях. Безусловно, к достоинствам, которыми обладает ТИ, можно отнести следующие.

– ТИ предлагает исследователю вполне сложившуюся прикладную область математики, как правило, с устоявшейся терминологией и системой постулатов для предсказания и анализа взаимодействия акторов (экономических агентов), а также принципы, критерии и методы поиска оптимальных решений таких взаимодействий.

– ТИ дает исследователю метод для концептуализации стратегических и динамических взаимодействий акторов и приводит к построению логически последовательных теорий, которые больше не занимаются оптимизацией выбора обособленного актора, т. е. актора, действующего в условиях, когда другие участники ведут себя пассивно и не в состоянии получить аналогичные результаты [7, с. 71–72].

– Теоретико-игровой подход учитывает рефлексивность взаимодействий акторов, а также дает возможность понять и объяснить механизмы их поведения в различных ситуациях.

– Теоретико-игровой подход создает необходимость в рассмотрении осведомленности каждого игрока и того, как он может обрабатывать информацию во времени для получения стратегического преимущества [8, с. 72]. Таким образом, ТИ обеспечивает частичное преодоление проблемы принятия оптимальных решений в условиях асимметричной и неполной информированности акторов.

– По мнению Т. Сэндлера, теоретико-игровой подход расширяет знания об институтах, соглашениях, социальных правилах и нормах: действующие институты во многом определяются самой игрой [9, с. 72].

– Теоретико-игровой подход обладает обширным (не до конца изученным) потенциалом в решении социальных, экономических и политических задач. Так, ТИ позволила создать успешные игровые модели для преодоления проблем, связанных с олигополией, аукционами, выборами и пр. [10, с. 41–43].

– Теоретико-игровой подход предлагает исследователю релевантные критерии оценки эффективности принятых решений.

Казалось бы, теоретико-игровой подход предоставляет мощный инструментарий для анализа социально-экономических процессов, но и он не лишен недостатков. Как отмечает Т. Сэндлер, «единственным аспектом теории игр, который сможет поставить под угрозу ее прочное и продолжительное влияние, является ее эмпирическая проверка» [11, с. 77]. Однако данный аспект нельзя считать единственным. К недостаткам, которыми обладает применение ТИ для экономических исследований, можно, в частности, отнести следующие.

– ТИ основана на предположении о рациональности поведения других участников конфликта, что на практике наблюдается не всегда. Достаточно большой перечень иррациональности в поведении акторов представлен в нескольких публикациях [12]. Концепция абсолютной рациональности игроков порой не соответствует реалиям жизни, а лишь является абстракцией, которую математики придумали для возможности формализации процессов принятия решения акторами в условиях недостаточной определенности.

– В ТИ считается, что каждому из игроков, как правило, известны все возможные действия (стратегии) противника, неизвестно лишь то, какой именно стратегией он воспользуется в анализируемой игре. В реальном конфликте совокупность всех возможных стратегий противника (или противников) неизвестна, а наилучшим решением в конфликтной ситуации нередко является именно выход за пределы известных игрокам стратегий [13, с. 17].

– В ТИ разработаны методы поиска оптимальных (в самых разных смыслах) решений, но не существует способа заставить всех лиц, принимающих решения (далее – ЛПР), придерживаться их в силу компромиссности характера и гетероморфности ожиданий и предпочтений акторов, участвующих в игре. Гетерогенность и гетероморфность ожиданий и предпочтений подробно рассмотрена в более ранних публикациях [14].

– В теоретических построениях ТИ, как правило, используется логическая конструкция «если – то». Однако в экономической практике условие «если» редко выполняется точно, что приводит к снижению адекватности применения инструментария ТИ. Более того, в социально-экономических исследованиях формулировку «если» не всегда можно конкретизировать, учитывая гетероморфность и гетерогенность ожиданий и предпочтений акторов, участвующих в игре.

– В силу гетероморфности ожиданий и предпочтений акторов в социально-экономических исследованиях может иметь место альтернативность дальнейшей эволюции системы (бифуркации в траектории эволюции), что также не предусмотрено в ТИ.

– ТИ не учитывает изменения в игре в реальном времени. Как правило, сложность, рефлексивность и итерационность механизмов рассматриваемой теории делают исследования с применением инструментария ТИ продолжительными, что не всегда целесообразно (особенно когда решения нужно принимать в динамично изменяющихся условиях в режиме реального времени) с учетом того, что предпочтения и ожидания акторов также трансформируются во времени.

– В реальной экономике сами «правила игры» зачастую изменяются во времени (особенно в точках бифуркации), что в таких случаях приводит к необходимости ревизии выводов, полученных с помощью ТИ.

Таким образом, требуется разработка новых методов и моделей принятия корректных управленческих решений, основанных на применении теории игр и статистических решений, что позволит существенно повысить релевантность результатов принятия решений. К новым теоретико-игровым подходам относится и моделирование процесса принятия оптимальных решений, базирующееся на предложенной нами ранее авторской концепции *комбинированного применения статистических и антагонистических игр* (далее – КПСАИ) [15, с. 111–164]. Основы концепции КПСАИ и примеры ее использования при принятии управленческих решений в экономике впервые полноценно изложены в монографии 2014 г. [16].

Рассмотрим процесс принятия оптимальных решений, базирующийся на этой концепции. Хотя, по сути, общие задачи принятия решений в экономике очень близки моделям принятия оптимальных решений, концепция КПСАИ посвящена не общим задачам, а именно КПСАИ. В ее основе лежит отождествление исходной статистической игры с соответствующей антагонистической игрой.

«*Антагонистической игрой* будем называть матричную игру, т. е. конечную игру двух лиц с нулевой суммой. Таким образом, АИ представляет собой упорядоченную тройку $\Gamma_R = (I, J, R)$, где $I = \{1; \dots; i; \dots; k\}$ – известное множество чистых стратегий (способов действий в одной партии игры) первого игрока, занумерованных первыми натуральными числами от 1 до k ; $J = \{1; \dots; j; \dots; n\}$ – известное множество чистых стратегий второго игрока, занумерованных первыми натуральными числами от 1 до n ; $R = R_{k \times n} = (r_{ij})$ – полностью или частично известная платежная матрица игры» [17, с. 69]. Значение элемента r_{ij} матрицы $R = R_{k \times n} = (r_{ij})$ задает выигрыш первого игрока и соответствующий проигрыш второго игрока в ситуации (i, j) , т. е. когда в партии игры первый игрок применил свою чистую стратегию i , а второй – свою чистую стратегию j .

Статистической игрой (статистической моделью принятия решений) будем называть тройку $\Gamma_R = (I, J, R)$, где $I = \{1; \dots; i; \dots k\}$ – известное множество чистых стратегий лица, принимающего решения, т. е. стратегий, которые оно может применить при одноразовом принятии решения; $J = \{1; \dots; j; \dots n\}$ – известное множество возможных состояний «природы» (экономической среды), т. е. состояний, в которых экономическая среда может оказаться в момент принятия ЛПР своего решения; $R = R_{k \times n} = (r_{ij})$ – полностью или частично известный функционал оценивания статистической игры, еще называемый ее платежной матрицей. В теории принятия статистических решений ЛПР именуется статистиком.

Статистические игры и АИ обладают одинаковой структурой, что позволяет использовать концепцию КПСАИ, суть которой состоит в отождествлении исходной статистической игры с *антагонистической игрой, характеризующей процесс принятия решений*, т. е. с игрой, платежная матрица которой совпадает с функционалом оценивания исходной статистической игры.

Д. Блекуэлл и М.А. Гиршик отмечают, что принцип гарантированного результата «определенно менее удовлетворителен в статистических играх, и в некоторых ситуациях он предписывает такой путь, который может быть признан неразумным всеми, за исключением разве самых неизлечимых пессимистов» [18, с. 127]. Это замечание следует признать справедливым. Тем не менее для принятия управленческих решений ЛПР вынуждено применять принцип гарантированного результата не по причине пессимизма и несклонности к риску. Необходимость использования КПСАИ для принятия управленческих решений обусловлена прежде всего невозможностью проведения испытаний.

Общая схема КПСАИ для принятия решений описана, например, в обозначенной ранее монографии [19, с. 129–130]. Разумеется, ее применение окажется верным только в случае выполнения всех предпосылок корректности использования концепции КПСАИ [20, с. 117–118].

Как мы уже отмечали, теоретико-игровые методы и модели имеют границы использования в теории и практике экономики, т. е. ТИ характеризуется ограниченностью области релевантного применения. Еще раз подчеркнем, что ТИ для экономических исследований обладает и достоинствами, и недостатками. Важно учитывать, что использование концепции КПСАИ требует осторожности, строгой проверки и соблюдения предпосылок корректности задействования АИ в экономике.

Концепция КПСАИ даже в случае конечных игр позволяет существенно расширить сферу применения теории игр и статистических решений для моделирования процессов принятия оптимальных управленческих решений в экономике, о чем свидетельствуют многочисленные примеры. Наконец, комбинированное использование статистических и антагонистических игр совместно с разными разделами математики, например энтропийным подходом [21], нечеткой математикой [22], теорией вероятностей и математической статистикой, теорией случайных процессов [23], прикладной статистикой и эконометрикой [24], конкретной математикой [25], позволяет успешно реализовывать корректные управленческие решения.

Наряду с достоинствами, концепция КПСАИ обладает некоторыми недостатками. В частности, как и ТИ в целом, она характеризуется ограниченностью области релевантного использования. Так, если исходные данные невозможно представить в виде матрицы, то применение АИ оказывается невозможным. Кроме того, концепция КПСАИ, как правило, ориентирует ЛПР на принятие наиболее осторожных управленческих решений. Несмотря на это, обращение к данной концепции в рамках поиска корректных управленческих решений в экономике следует признать целесообразным и, с нашей точки зрения, эффективным. Далее кратко обоснована способность концепции КПСАИ учитывать неполноту информации, неопределенность и многокритериальность.

Адекватность учета неопределенности и неполноты информации при принятии управленческих решений на основании рассматриваемой концепции обеспечивает применение неоклассических антагонистических игр. При этом адекватность учета многокритериальности, прежде всего для оптимального распределения ресурсов, гарантирует строго обоснованная возможность использования АИ для решения задачи поиска структуры оптимального портфеля, которая с математической точки зрения представляет собой многокритериальную задачу.

Наконец, именно благодаря способности КПСАИ учитывать конфликтность (поскольку это обеспечивает ТИ в целом), неполноту информации, неопределенность и многокритериальность эта концепция позволяет просчитывать экономический риск, порождаемый перечисленными особенностями современной экономики, и даже оптимизировать его уровень. Все вместе это означает, что использование концепции КПСАИ дает возможность принимать корректные управленческие решения.

Ссылки и примечания:

1. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 18-010-00688, 19-010-00298.
2. Neumann J. von, Morgenstern O. Theory of Games and Economic Behavior. Princeton, 1944. 625 p.

3. Балацкий Е.В. Факторы формирования валютных курсов: плюрализм моделей, теорий и концепций // *Мировая экономика и международные отношения*. 2003. № 1. С. 46–58.
4. Wald A. *Statistical Decision Functions*. N. Y., 1950. 190 p.
5. Трухаев Р.И. *Модели принятия решений в условиях неопределенности*. М., 1981. 258 с.
6. См., например: Сигал А.В. *Теория игр для принятия решений : монография*. Симферополь, 2014. 308 с.
7. Сэндлер Т. *Экономические концепции для общественных наук*. М., 2006. 376 с.
8. Там же. С. 72.
9. Там же.
10. См., например: Мулен Э. *Теория игр с примерами из математической экономики / пер. с англ. О.Р. Меньшиковой ; под ред. И.С. Меньшикова*. М., 1985. 200 с.
11. Сэндлер Т. *Указ. соч.* С. 77.
12. См., например: Алле М. *Поведение рационального человека в условиях риска : критика постулатов и аксиом американской школы // Thesis*. 1994. Вып. 5. С. 217–241 ; Клейнер Г.Б. *Рациональность, неполная рациональность, иррациональность: психологические факторы // Homo institutus – человек институциональный / под ред. О.В. Иншакова*. Волгоград, 2005. С. 220–236 ; Rizzo M.J., Whitman D.G. *The Knowledge Problem of the New Paternalism // Brigham Young University Law Review*. 2009. No. 4. P. 905–968.
13. Яроцкая Е.В. *Основы теории игр : учебное пособие*. Томск, 2013. 123 с.
14. Кусый М.Ю. *Предпочтения и ожидания экономических агентов как генераторы случайностей в социально-экономических процессах (концепция) // Экономика и управление: теория и практика*. 2018. Т. 4, № 2. С. 96–104 ; Кусый М.Ю., Королев О.Л. *Введение в концепцию взаимного влияния актуальной институциональной системы и межсубъектных отношений в экономике в рамках парадигмы трехуровневой системной иерархии (макро/мезо/микро) // Друкеровский вестник*. 2020. № 1. С. 44–59. <https://doi.org/10.17213/2312-6469-2020-1-44-59> ; Их же. *Сравнительная характеристика социальных атрибутов системных уровней иерархии в экономике с позиций экономико-математического моделирования // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер.: Экономика. Экология*. 2019. Т. 21, № 4. С. 22–35. <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2019.4.3>.
15. См., например: Сигал А.В. *Указ. соч.* С. 111–164.
16. Там же.
17. Там же. С. 69.
18. Блекуэлл Д., Гиршик М.А. *Теория игр и статистических решений / пер. с англ. И.В. Соловьева*. М., 1958. 374 с.
19. Сигал А.В. *Указ. соч.* С. 129–130.
20. Там же. С. 117–118.
21. Королев О.Л., Кусый М.Ю., Сигал А.В. *Применение энтропии при моделировании процессов принятия решений : монография. 2-е изд., перераб. и доп.* Симферополь, 2016. 148 с.
22. Заде Л. *Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / пер. с англ. Н.И. Ринго*. М., 1976. 165 с.
23. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. *Теория случайных процессов и ее инженерные приложения : учебное пособие для вузов. 2-е изд., стереотип*. М., 2000. 383 с.
24. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. *Прикладная статистика и основы эконометрики*. М., 1998. 1006 с.
25. Грэхем Р.Л., Кнут Д.Э., Паташник О. *Конкретная математика. Математические основы информатики / пер. с англ. и ред. И.В. Красикова. 2-е изд.* М., 2009. 784 с. ; Сигал А.В., Яценко Л.Ф. *Конкретная математика : учебное пособие. 4-е изд., доп. и перераб.* Симферополь, 2017. 204 с.

Редактор: Тюлюкова Мария Олеговна
Переводчик: Мельников Евгений Вячеславович