

УДК 338.43

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы экономики (физико-математические науки, экономические науки)

РОЛЬ ТЕОРИИ ИГР В РАЗРАБОТКЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРИНЯТИЮ РЕШЕНИЙ

Крепышев Дмитрий Александрович
доцент, канд. экон. наук
SPIN-код: 8507-4755
e-mail: krepyshev.d@kubsau.ru
ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар, РФ

Лытнев Николай Николаевич
ассистент кафедры компьютерных технологий и систем
SPIN-код: 8896-9058
e-mail: lytnev.nikolai@yandex.ru
ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар, РФ

Косников Максим Сергеевич
студент факультета прикладной информатики
РИНЦ SPIN-код: 5280-2805
e-mail: max.kosnikov@yandex.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

Невенчанная Виктория Николаевна
студент факультета прикладной информатики
e-mail: nevenchannay.v.n@gmail.com
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

В современной экономической науке теория игр занимает ключевую позицию, выступая не только как фундаментальный инструментальный математической экономики, но и как основа для анализа стратегического взаимодействия между экономическими субъектами в рамках определенных правил. Данная теория находит широкое применение за пределами чистой экономики, включая такие области, как политические науки, биология, информационные технологии, где особенно важно разбираться в сложных системных взаимосвязях. В экономическом моделировании теория игр позволяет прогнозировать рациональное поведение агентов, оптимизируя стратегические решения и предсказывая их последствия в быстро меняющемся рынке. Статья посвящена анализу

UDC 338.43

5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods of economics (physical and mathematical sciences, economic sciences)

THE ROLE OF THE GAME THEORY IN THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS: AN ANALYTICAL APPROACH TO DECISION-MAKING

Krepyshev Dmitry Alexandrovich
Senior lecturer
RSCI SPIN-code: 8507-4755
e-mail: krepyshev.d@kubsau.ru
FSAU HE Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Litnev Nikolai Nikolaevich
Assistant of the Department of Computer Technologies and Systems
RSCI SPIN-code: 8896-9058
e-mail: lytnev.nikolai@yandex.ru
FSAU HE Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Kosnikov Maxim Sergeevich
student of the Faculty of Applied Informatics
RSCI SPIN-code: 5280-2805
e-mail max.kosnikov@yandex.ru
FSAU HE Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Nevenchannaya Victoria Nikolaevna
student of the Faculty of Applied Informatics
e-mail: nevenchannay.v.n@gmail.com
FSAU HE Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

In modern economics, the game theory occupies a key position, acting not only as a fundamental toolkit of mathematical economics, but also as a basis for analyzing strategic interaction between economic entities within certain rules. This theory finds wide application outside of pure economics, including fields such as political science, biology, and information technology, where it is critically important to understand complex systemic relationships. In economic modeling, game theory makes it possible to predict the rational behavior of agents, optimizing strategic decisions and predicting their consequences in a rapidly changing market. The article is devoted to the analysis of the methodology of game theory, its contribution to the creation of effective management and economic models. The importance of game forms is considered – from matrices to decision trees – which

методологии теории игр, ее вкладу в создание эффективных управленческих и экономических моделей. Рассматривается важность игровых форм – от матриц до деревьев решений, которые играют решающую роль в формировании структуры взаимодействий, формируя понимание динамики сложных экономических систем и процессов

play a crucial role in shaping the structure of interactions, forming an understanding of the dynamics of complex economic systems and processes

Ключевые слова: РАВНОВЕСИЕ, СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ, КООПЕРАТИВНЫЕ ИГРЫ, ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Keywords: EQUILIBRIUM, STRATEGIC INTERACTION, OPTIMIZATION MODELS, COOPERATIVE GAMES, DYNAMIC PROGRAMMING

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-199-013>

Введение

В настоящее время информация выступает как основной актив, определяющий экономическую стабильность и политическую мощь государств, ее роль в формировании стратегического доминирования на мировой арене неоспорима. В условиях, когда информационное превосходство становится залогом успешного развития в условиях жесткой конкуренции, задача эффективного управления информационными потоками и их оптимизации обретает особую актуальность. Исторический вклад в развитие данной области внесла теория игр, заложенная Джоном фон Нейманом и Оскаром Моргенштерном в их фундаментальной работе 1944 г., которая оказала заметное влияние на формирование стратегического мышления в экономике и за ее пределами.

С момента своего зарождения, теория игр активно применялась не только в военно-стратегических планах и международных отношениях, но и обогатила экономическую науку новыми методами анализа и понимания динамики международных экономических отношений. Внедрение концепций и методов, разработанных на основе теории игр, особенно в работах Дж. Нэша, которые предложили модели оптимального поведения участников рынка, стало ключевым моментом в развитии современной

экономической мысли. Эти идеи подчеркивают важность согласования индивидуальных стратегий с общим благосостоянием, что нашло отражение в работах многих исследователей, в том числе Т. Шеллинга, чьи исследования углубили понимание стратегического взаимодействия в экономических и политических контекстах.

Цель исследования заключается в анализе влияния информации как стратегического ресурса на экономическую и политическую деятельность, а также оценки роли теории игр в оптимизации использования информации в условиях конкуренции, кооперации и конфликта. Исследование направлено на изучение исторического развития теории игр и ее применения в различных дисциплинах, позволяющих выявить стратегии, максимизирующие положительные исходы для всех участников и способствующие достижению коллективного благополучия.

Теоретический обзор

В контексте академического анализа, значительное внимание уделяется многообразию авторских подходов к теории игр, отмечая ее весомый вклад в современные экономические и социальные исследования. В работе Горяшко А. П. «Теория игр: от анализа к синтезу. Обзор результатов» [2], акцентируется на прорывных открытиях в математической теории игр последних десятилетий, подчеркивая как взаимодействие множества участников с разнообразными интересами в глобальных технических системах, таких как Интернет, может привести к достижению общего блага без необходимости внешнего управляющего воздействия. Особое внимание уделено новому направлению теории игр – проектированию рынков, демонстрирующему значительный потенциал в решении актуальных экономических задач.

В последнее десятилетие значительно возрос интерес к применению теории игр в различных областях экономических исследований и образовательного процесса. Работа Власова Д.А. и Синчукова А.В.

демонстрирует практическую значимость этой теории для подготовки специалистов в сфере экономики, акцентируя внимание на методах и моделях теории игр, в частности, на аспектах теоретико-игрового равновесия [1]. Отмечается, что интеграция современных педагогических подходов и информационных технологий является ключевым фактором повышения качества экономического образования, способствуя формированию навыков критического мышления и эффективного принятия решений.

В дополнение, исследование, посвященное разработке маркетинговых стратегий в секторе цифровых образовательных услуг, подчеркивает важность применения теории игр для стратегического планирования и управления. Авторы указывают на специфику теоретико-игрового моделирования как инструмента для адаптации управленческих решений в условиях неопределенности и постоянно изменяющейся информационной среды.

Особое внимание заслуживает работа Наголовой А.Д. и Долгополовой А.Ф., которые исследуют практическое применение теории игр в условиях неопределенности и конфликтных интересов. Авторы приходят к выводу, что теория игр, как математический метод, способствует оптимизации процесса принятия решений, минимизируя при этом временные и финансовые затраты [3].

В своем исследовании, Сергеев А. М. подробно излагает теорию игр как фундаментальный инструмент для анализа рационального стратегического поведения в экономике [5]. Автор погружается в основы теоретико-игровых понятий, предлагая классификацию игр и освещая их значимость для институционального анализа. Автор акцентирует на том, что теория игр предоставляет инструментарий для разбора сложных экономических взаимодействий, подчеркивая ее вклад в развитие современной экономической мысли.

Тем временем, в работе Покорной О. Ю. и коллег поднимается проблема выбора оптимальной стратегии в условиях конфликтных ситуаций, используя рамки теории игр для анализа действий двух бескоалиционных противников [4]. Исследователи вводят в рассмотрение математическую модель, позволяющую выявлять стратегии, минимизирующие потери или максимизирующие выигрыш в условиях неопределенности конфликтного противостояния. Пример планирования виртуальной боевой операции служит наглядной иллюстрацией применения теоретических концепций в практическом контексте, демонстрируя глубину аналитического потенциала теории игр в оценке стратегических решений.

Исследования подчеркивают мультидисциплинарное значение теории игр, раскрывая ее как мощный аналитический инструмент, способный предоставить ценные инсайты для решения сложных экономических и управленческих задач, обогащая экономическую теорию новыми методологическими подходами, способствуя разработке эффективных стратегий в условиях рыночной экономики и управленческих решений.

Изучение и применение теории игр в экономическом моделировании занимались зарубежные ученые, например Роберт Гиббонс. В своей работе «Game Theory and Economic Modelling» автор исследует различные аспекты применения теории игр в экономическом моделировании. Обсуждается, как игровая теория может быть использована для анализа стратегического поведения в различных экономических ситуациях.

В рамках данного аналитического обзора, мы обращаем внимание на теорию игр как на фундаментальный раздел математической экономики, который занимается исследованием стратегий взаимодействия между различными агентами во многих сферах – начиная от экономической и заканчивая политической и биологической. Дисциплина представляет

собой инструментарий для анализа ситуаций, где участники (игроки) стремятся к выбору оптимальных стратегий в условиях противоположных интересов. Каждому игроку доступен определенный набор стратегий, выбор которых ведет к разнообразным исходам, обозначаемым как выигрыши или проигрыши, имеющие как положительные, так и отрицательные значения. Ключевым аспектом является не только стремление к максимизации собственной выгоды, но и умение антиципировать действия оппонентов, что влияет на общую динамику взаимодействий. Применение теории игр охватывает широкий спектр сценариев, включая, но не ограничиваясь аукционами, переговорными процессами, рыночной конкуренцией, а также принятием решений в ситуациях, характеризующихся высокой степенью неопределенности. Настоящее исследование подчеркивает значимость теории игр в качестве инструментария для глубокого понимания механизмов взаимодействия экономических агентов, способствуя разработке стратегий, которые обеспечивают достижение оптимальных исходов в сложных экономических условиях.

Основные понятия в теории игр включают игры, стратегии, платежные функции, равновесия по Дж. Нэшу и доминирующие стратегии представлены на рисунке 1.

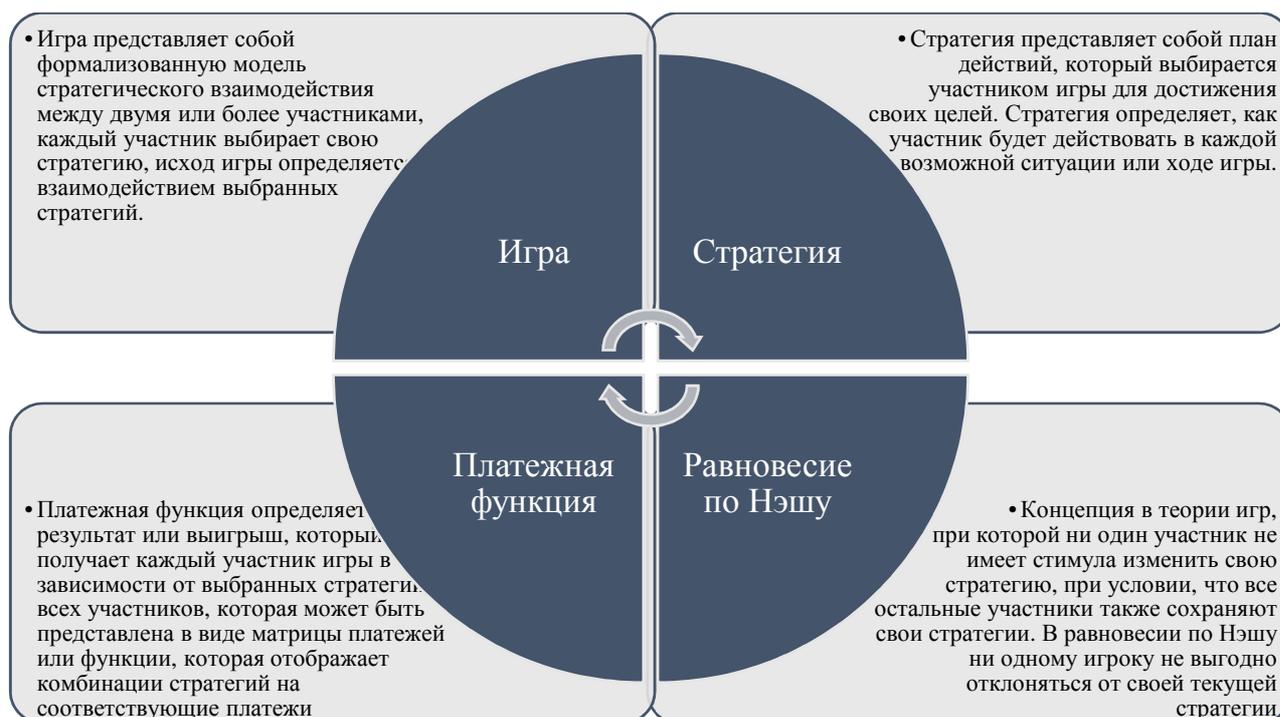


Рисунок 1 – Фундаментальные концепции в теории игр

Основываясь на анализируемых концепциях, теория игр выступает как ключ к пониманию и прогнозированию результатов экономических конфликтов, предлагая инструментарий для определения оптимальных стратегий достижения целей. В условиях рыночной экономики, где взаимодействие участников представляет собой сложную систему стратегий и ответных действий, приобретает особую значимость.

В рамках экономического анализа, теория игр выступает как инструмент, предлагающий ряд преимуществ:

- анализ стратегического взаимодействия, обеспечивает понимание и прогнозирование действий экономических участников, способствуя разработке эффективных управленческих решений;
- моделирование комплексных экономических процессов, позволяет разработать механизм конкуренции и кооперации;
- оптимизация стратегических решений, позволяет определить наиболее выгодные направления действий с учетом интересов всех сторон.

Однако, реализация методов теории игр сталкивается с определенными сложностями:

- упрощение реальности приводит к неточностям в анализе и прогнозах;
- сложность математического аппарата ограничивает применение для широкого круга исследователей;
- ограниченная предсказательная мощность, связанная с неопределенностью экономических факторов.

Кроме того, следует учитывать возможности влияния теории игр на экономическую науку и практику:

- аукционные механизмы, предоставляющие потенциал для анализа стратегий участников и определения оптимальных условия проведения аукционов;
- модели рыночной конкуренции позволяют прогнозировать взаимодействия участников рынка и разработку конкурентных стратегий;
- принятие решений в условиях неопределенности обеспечивает применение методов оптимизации с целью учета возможных стратегий и действий других участников;
- кооперация и коллективные решения, способствуют реализации кооперативных игр и механизмов достижения общих целей;
- анализ финансовых рынков направлен на изучение стратегий его участников и методов минимизации рисков.

Таким образом, рассмотренные концепции применения теории игр в экономическом моделировании позволяют более точно понять сложные взаимосвязей на рынке, проанализировать и спрогнозировать поведение отдельных участников с учетом разнообразных стратегий и условий.

В рамках текущего исследования подробно рассматриваются различные методологии теории игр, которые находят свое отражение в таблице 1.

Таблица 1 – Методы применения теории игр

Методы	Описание	Применение
Матричные игры	Игры с двумя игроками, где выигрыши одного игрока являются потерями другого. Матрицей игры называют таблицу, в которой строкам соответствуют стратегии одного игрока, а столбцам – стратегии другого.	Используются для анализа конкурентных рынков, определения оптимальных цен и стратегий производств
Кооперативные игры	В играх игроки объединяются в коалиции и совместно выбирают стратегии.	Применяются для анализа биржевых торгов, слияний и поглощений компаний, формирования альянсов и сетей поставок.
Некооперативные игры	Игры, в которых каждый игрок выбирает свою стратегию независимо от других, стремясь максимизировать свой выигрыш.	Используются для анализа рынков с идеальной и несовершенной конкуренцией, определения поведения фирм на рынке.
Игры в нормальной форме	Игры, в которых стратегии всех игроков выбираются одновременно и независимо.	Применяются для моделирования ситуаций на рынке, когда решения принимаются одновременно (например, определение цены на товар)
Игры в развернутой форме	Игры, в которых ходы игроков осуществляются последовательно, и каждый игрок знает о ходах, сделанных до него.	Используются для моделирования ситуаций, когда решения принимаются последовательно (например, определение объема производства).
Игры с неполной информацией	Игры, в которых у игроков нет полной информации о характеристиках игры или стратегиях других игроков.	Применяются для анализа рынков с асимметрией информации, определения стратегий фирм в условиях неопределенности.
Повторяющиеся игры	Метод анализа игр, которые повторяются несколько раз.	Используются концепции, такие как стратегии тит-за-тат, для изучения стратегического взаимодействия в долгосрочной перспективе.
Эволюционные игры	Метод, который изучает поведение стратегий в динамике.	Используются для изучения изменения поведения фирм во времени, анализа долгосрочной конкуренции на рынке.

Практическое применение

В рамках изучения влияния теории игр на экономические процессы, особое внимание уделяется анализу стратегических взаимодействий между участниками рынка. Рассмотрим таблицу стратегического взаимодействия двух игроков, где первый участник (обозначенный через стратегии в строках) выбирает между стратегиями X и Y, а второй (представленный стратегиями в столбцах) – между A и B. Выигрыши участников, отраженные в ячейках таблицы, иллюстрируют результат их выборов: выбор стратегии X и A приводит к получению первым игроком 2 очков и одновременной потере вторым игроком 2 очков, подчеркивая взаимосвязь между стратегическими решениями участников и их влиянием на исход игры (рисунок 2).

	Стратегия А	Стратегия В
Стратегия X	(2, -2)	(-1, 1)
Стратегия Y	(-3, 3)	(1, -1)

Рисунок 2 – Пример матричной игры

Такой подход к анализу стратегических решений через призму теории игр позволяет не только детально рассмотреть механизмы принятия решений в условиях неопределенности и конкуренции, но и выявить потенциальные пути оптимизации взаимодействий между участниками рынка. Это, в свою очередь, способствует глубокому пониманию процессов, происходящих в экономике, и разработке эффективных стратегий управления экономическими ресурсами.

На рисунке 3 представлен пример кооперативной игры в экономическом моделировании, используя пример игры «Баронов Фон Неймана».

	Барон 1 не участвует	Барон 1 участвует
Барон 2 не участвует	(10, 10)	(5, 15)
Барон 2 участвует	(15, 5)	(8, 8)

Рисунок 3 – Пример кооперативной игры

В контексте данного анализа, два экономических субъекта – Барон 1 и Барон 2 – сталкиваются с дилеммой выбора между участием и невовлечением в конкурентную борьбу на рынке. Исходя из предложенной модели, если оба агента принимают решение избегать конкуренции, их прибыль составит по 10 единиц каждому. В ситуации, когда один из баронов принимает решение за участие в борьбе, а второй – против, активный участник получает прибыль в размере 15 единиц, в то время как пассивный – всего 5 единиц. В случае же совместного участия обоих баронов в рыночной конкуренции, прибыль каждого снижается до 8 единиц. Модель подчеркивает значимость стратегии кооперации как механизма достижения оптимального исхода, ведущего к максимизации общей прибыли участников. Таким образом, анализ поднимает вопросы эффективности кооперативных стратегий в экономических взаимодействиях, предлагая глубокий аналитический взгляд на механизмы достижения согласованных действий в условиях неопределенности и конкуренции.

Игра «Дилемма заключенного» является классическим примером некооперативной игры в экономическом моделировании. В этой игре, два заключенных, А и В, которые не могут общаться друг с другом, обвиняются в преступлении. Оба могут либо признать свою вину, либо отрицать ее. Возможные исходы представлены на рисунке 4.

	Заклученный В признает вину	Заклученный В отрицает вину
Заклученный А признает вину	А: 2 года, В: 2 года	А: 3 года, В: 1 год
Заклученный А отрицает вину	А: 1 год, В: 3 года	А: 1 год, В: 1 год

Рисунок 4 – Пример некооперативной игры

Пример служит для демонстрации равновесия Нэша в контексте некооперативных игр, где стратегические решения каждого участника направлены на минимизацию собственных потерь без учета потенциального сотрудничества. В условиях задачи, где цифры символизируют годы тюремного заключения, наиболее выгодная стратегия для каждого из игроков - признание вины, что приводит к достижению равновесия Нэша. Такой выбор, несмотря на интуитивную выгоду совместного отрицания вины, обусловлен стремлением к минимизации индивидуального наказания. Этот феномен подчеркивает сложность принятия оптимальных решений в условиях неопределенности и взаимодействия множества факторов, требуя дальнейшего анализа динамики выбора стратегий в зависимости от изменения условий и возможности коммуникации между участниками.

Примером игры с неполной информацией является игра "Аукцион". Два игрока - покупатели А и В, каждый из которых хочет купить определенный товар. Игроки не знают, сколько готов заплатить за товар другой игрок. Стратегии игроков: сколько денег они готовы заплатить за товар (от 0 до 10 единиц). На рисунке 5 отображены возможные выигрыши игроков в зависимости от их стратегии.

	А платит 0	А платит 5	А платит 10
В платит 0	0, 0	0, 5	0, 10
В платит 5	5, 0	5, 5	5, 10
В платит 10	10, 0	10, 5	10, 10

Рисунок 5 – Пример игры с неполной информацией

Выигрыш определяется как разница между ценой, которую игрок готов был заплатить, и фактически уплаченной суммой. Если оба игрока предлагают одинаковую цену, то товар не продается и оба получают 0.

Эволюционные игры в экономическом моделировании могут быть представлены в виде таблицы, где каждая ячейка показывает выигрыш от определенного выбора стратегии. Пример эволюционной игры в экономическом моделировании может быть основан на "Игре Тюремного Дилеммы". Игра предполагает ситуацию, где две фирмы могут выбрать между сотрудничеством (соглашение о снижении цен) и некооперацией (сохранение высоких цен) (рисунок 6).

	Фирма В сотрудничает	Фирма В не сотрудничает
Фирма А сотрудничает	(3, 3)	(0, 5)
Фирма А не сотрудничает	(5, 0)	(1, 1)

Рисунок 6 – Игры Тюремного Дилеммы

Числа в скобках представляют собой выигрыши каждой из фирм за определенный выбор стратегии. Например, если обе фирмы выбирают сотрудничество, то каждая из них получает выигрыш в размере 3 единиц. Если же Фирма А выбирает не сотрудничать, а Фирма В выбирает сотрудничество, то Фирма А получает выигрыш в размере 5 единиц, а Фирма В не получает ничего.

Заключение

Использование методов, основанных на теории игр в рамках математического моделирования, значительно обогащает арсенал аналитических инструментов и оптимизационных подходов, применимых в широком спектре научных дисциплин, включая, но не ограничиваясь, экономическими, биологическими и социальными исследованиями. Теория игр выступает как важный элемент в изучении многоуровневых

взаимодействий между различными агентами, чьи цели и стратегии могут существенно различаться, предоставляя уникальную информацию для анализа сценариев в условиях неопределенности и конкурентной борьбы.

В заключительном следует подчеркнуть, что теория игр не только способствует осмыслению математического моделирования, но и предлагает важные методологические подходы для решения разнообразных задач во многих научных областях. Ее применение доказало эффективность в анализе и решении комплексных проблем, от аукционов и распределения ресурсов до военных стратегий и выборов в политике. Математические модели, разработанные на основе теории игр, позволяют не только определять оптимальные стратегии и предсказывать исходы, но и способствуют более обоснованному пониманию динамики межличностных взаимодействий, внося вклад в улучшение общественного благосостояния, эффективное управление ресурсами и разрешение конфликтов. Несомненно, увеличивающееся признание и применение теории игр в разнообразных сферах науки подчеркивает необходимость дальнейших исследований и разработки новаторских моделей и методик в этом захватывающем и стремительно развивающемся научном направлении.

Литература

1. Власов, Д. А. Разработка маркетинговых стратегий на рынке цифровых образовательных услуг посредством игрового моделирования / Д. А. Власов, А. В. Синчуков. – DOI 10.25559/SITITO.17.202102.473-482 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2021. – Т. 17, № 2. – С. 473-482.
2. Горяшко, А. П. Теория игр: от анализа к синтезу. Обзор результатов / А. П. Горяшко // Cloud of Science. – 2014. – Т. 1, № 1. – С. 112-154.
3. Наголова, А. Д. Практическое применение теории игр при решении задач экономического характера / А. Д. Наголова, А. Ф. Долгополова // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5-2. – С. 166-168.
4. Покорная, О. Ю. Математическое моделирование оптимальных стратегий в условиях конфликта / О. Ю. Покорная, И. Ю. Покорная, Д. В. Прядкин // Молодой ученый. – 2011. – № 4-1. – С. 16-19.
5. Сергеев, А. М. Теория игр и экономические институты / А. М. Сергеев // Журнал экономической теории. – 2006. – № 1. – С. 88-105.

References

1. Vlasov, D. A. Razrabotka marketingovyh strategij na rynke cifrovyh obrazovatel'nyh uslug posredstvom igrovogo modelirovanija / D. A. Vlasov, A. V. Sinchukov. – DOI 10.25559/SITITO.17.202102.473-482 // *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie*. – 2021. – T. 17, № 2. – S. 473-482.
2. Gorjashko, A. P. Teorija igr: ot analiza k sintezu. Obzor rezul'tatov / A. P. Gorjashko // *Cloud of Science*. – 2014. – T. 1, № 1. – S. 112-154.
3. Nagolova, A. D. Prakticheskoe primenenie teorii igr pri reshenii zadach jekonomicheskogo haraktera / A. D. Nagolova, A. F. Dolgopolova // *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. – 2014. – № 5-2. – S. 166-168.
4. Pokornaja, O. Ju. Matematicheskoe modelirovanie optimal'nyh strategij v uslovijah konflikta / O. Ju. Pokornaja, I. Ju. Pokornaja, D. V. Prjadkin // *Molodoj uchenyj*. – 2011. – № 4-1. – S. 16-19.
5. Sergeev, A. M. Teorija igr i jekonomicheskie instituty / A. M. Sergeev // *Zhurnal jekonomicheskoy teorii*. – 2006. – № 1. – S. 88-105.