

57. ТЕОРИЯ ИГР В МОДЕЛИРОВАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Заболоцкий Р.Е., Демчик Д.А., студенты группы 477602

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Русина Н.В. – ст. преп., каф. ЭИ

Аннотация. Настоящее исследование посвящено изучению возможностей теории игр в контексте моделирования экономических процессов с акцентом на дискретные методы анализа. Основное внимание уделено механизмам стратегического взаимодействия субъектов в условиях нестабильности внешней среды и конкурентного противостояния. В работе детально анализируются базовые элементы теории игр, доминирующие стратегии и принципы принятия оптимальных решений, а также их включение в структуру дискретных математических моделей. Разработанный подход позволяет определить степень воздействия разнородных факторов на эволюцию экономических систем и создаёт основу для предсказания действий рыночных агентов. Практическая значимость результатов заключается в их применимости для совершенствования экономических стратегий и разработки рациональных управленческих подходов, адаптированных к динамике современных рыночных условий.

Ключевые слова. теория игр, дискретное моделирование, равновесие Нэша, стратегическое взаимодействие, имитационное моделирование, экономическая динамика.

Современные экономические системы характеризуются возрастающей сложностью взаимодействий, что требует применения математических инструментов, способных формализовать дискретность решений и стратегическую природу действий агентов. Теория игр, предлагая методы анализа конфликтных и кооперативных сценариев, становится ключевым подходом для моделирования процессов в условиях неопределённости, конкуренции и динамичных рыночных изменений. Актуальность исследования связана с потребностью в адаптивных моделях, учитывающих дискретный характер экономических решений. Интеграция теории игр с методами дискретной математики позволяет не только формализовать стратегии участников, но и прогнозировать системные равновесия, что критически важно в контексте чувствительности рынков к минимальным изменениям в поведении агентов.

Цель работы — разработка дискретной игровой модели, направленной на анализ стратегий взаимодействия экономических субъектов и оценку влияния внешних и внутренних параметров на исход системы. В рамках исследования решаются задачи:

1. Систематизация теоретической базы теории игр для экономического моделирования.
2. Формализация стратегических взаимодействий в виде дискретной математической структуры.
3. Анализ устойчивых состояний системы методами дискретного моделирования.
4. Сравнительная оценка эффективности предложенной модели с существующими аналогами.

Работа разделена на теоретический раздел (анализ концепций и методов) и практический блок (реализация модели и интерпретация результатов). Полученные выводы ориентированы на оптимизацию стратегий управления в экономике и открывают перспективы для дальнейших исследований в области дискретного моделирования.

Теория игр, как математический инструмент анализа стратегических взаимодействий, опирается на базовые категории: игрок (рациональный субъект, принимающий решения), стратегия (полный набор действий, доступных агенту в различных состояниях системы) и выигрыш (количественная оценка результата взаимодействия). Центральным элементом анализа выступает равновесие Нэша — состояние системы, при котором ни один участник не способен повысить свой уровень полезности, изменяя стратегию в одностороннем порядке. Классификация игр определяется структурой взаимодействий. Разделение на кооперативные (с возможностью формирования коалиций) и некооперативные (с независимыми стратегиями) модели отражает степень согласованности действий агентов. Дополнительные критерии включают симметрию (идентичность стратегий и выигрышей) и тип информационной среды (полная/неполная осведомлённость о действиях оппонентов). Дискретный характер моделей, основанный на конечных множествах стратегий и состояний, обеспечивает применение методов комбинаторики и теории графов, что повышает точность расчётов в рамках экономических сценариев.

Современные исследования подтверждают эффективность теории игр для анализа конкуренции, кооперации и стратегического планирования в экономике. Классические концепции, такие как

равновесие Нэша, остаются фундаментом для прогнозирования поведения агентов, а дискретные модели, оперирующие конечными параметрами, позволяют детализировать реальные экономические процессы — от локальных рынков до глобальных систем. Работы последних лет акцентируют роль дискретных методов в формализации задач, где ключевыми факторами выступают ограниченность ресурсов и поэтапность принятия решений.

Теория игр служит основой для формализации стратегических взаимодействий в экономике, где решения одного агента детерминируют выбор других участников системы. Модели олигополий, аукционов и конкуренции в условиях асимметричной информации иллюстрируют, как взаимозависимость стратегий влияет на рыночную динамику. Подобные подходы обеспечивают прогнозирование действий агентов, оценку внешних факторов, воздействующих на выбор оптимальных решений, а также идентификацию точек равновесия, исключающих мотивацию к одностороннему изменению стратегии [1].

Интеграция дискретной математики в игровые модели раскрывает потенциал комбинаторных методов и графовых структур при работе с конечными множествами стратегий. Алгоритмы оптимизации позволяют формализовать задачи с ограниченным числом параметров, создать цифровые аналоги экономических процессов, охватывающие все возможные состояния системы, и вычислить равновесные стратегии с минимальной погрешностью.

Практическая адаптация разработанных моделей актуальна для анализа олигополистических рынков, где ограниченное число компаний конкурирует за доминирование, аукционных механизмов с стратегическим определением ставок и сценариев с неполной информацией. Результаты моделирования не только предсказывают поведение участников, но и формируют рекомендации для минимизации рисков в условиях неопределённости.

Критический анализ выявляет ограничения дискретных моделей, связанные с упрощением реальных экономических процессов. Однако их верификация через сопоставление с эмпирическими данными подтверждает прогностическую ценность. Перспективные направления исследований включают: расширение моделей за счёт дополнительных экономических факторов, разработку гибридных методов (дискретно-непрерывный анализ) и создание инструментов для поддержки управленческих решений. Эти шаги способствуют преодолению текущих ограничений и укреплению связи между теоретическими моделями и прикладными экономическими задачами.

Модель экономического процесса формализуется в рамках дискретного пространства стратегий, где взаимодействуют N агентов, каждый из которых обладает конечным множеством стратегий S_i . Система описывается кортежем $(N, \{S_i\}, \{u_i\})$, где N — множество участников, S_i — стратегии i -го агента,

$$u_i : S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n \rightarrow \mathbb{R} \quad (1)$$

— функция выигрыша, отражающая экономические показатели (доходы, издержки, конкурентное влияние). Условие рациональности предполагает, что агенты максимизируют u_i , что обуславливает поиск равновесия Нэша.

Равновесие Нэша достигается при выполнении условия: для всех $i \in N$ и любых $s'_i \in S_i$ справедливо

$$u_i(s_i, s_{-i}^*) \geq u_i(s'_i, s_{-i}^*), \quad (2)$$

где s_i — оптимальная стратегия агента i , а s_{-i}^* — стратегии остальных участников. В дискретной постановке анализ равновесия сводится к перебору комбинаций или применению алгоритмов оптимизации для конечных множеств [2].

Вычислительная реализация модели включает имитационное моделирование динамики взаимодействий. Для поиска равновесия применяются итерационные алгоритмы, корректирующие стратегии агентов до стабилизации системы. Параметры модели (коэффициенты выигрышей, издержки, вероятности переходов) калибруются на основе эмпирических данных, что обеспечивает соответствие реальным экономическим условиям.

Экспериментальная проверка разработанной модели осуществляется на примере конкретного рыночного сценария. На начальном этапе осуществляется сбор данных, характеризующих поведение агентов, с учётом исходных параметров: количества участников, начального распределения стратегий и базовых экономических индикаторов. Модель взаимодействия выбирается в соответствии с целевым контекстом — например, олигополистическим рынком или конкурентной средой с ограниченной информацией. Динамика изменений отслеживается через дискретные временные интервалы, что позволяет фиксировать эволюцию стратегий в рамках заданных условий.

В ходе имитационного моделирования выполняется вариация входных параметров для анализа устойчивости системы. Алгоритм поэтапно обновляет стратегии агентов на основе расчёта функций выигрыша, фиксируя сдвиги в распределении решений. Мониторинг динамики выявляет стабильные

состояния, соответствующие равновесию, а сопоставление результатов с теоретическими прогнозами подтверждает точность модели [3].

Анализ данных демонстрирует влияние ключевых факторов на поведение агентов, включая чувствительность системы к изменениям стратегий. Эксперименты показывают, что даже незначительные корректировки в действиях отдельных участников способны вызвать существенные изменения в равновесном состоянии. Эти выводы имеют практическую значимость для формирования рекомендаций по управлению экономическими процессами в условиях неопределённости.

Проведённое исследование обозначило ряд направлений для развития дискретного моделирования в экономике. Перспективным представляется расширение существующих моделей за счёт включения факторов, таких как динамика информационных асимметрий, влияние макроэкономических шоков и регуляторных ограничений. Отдельный интерес вызывает разработка гибридных методов, комбинирующих дискретный анализ стратегий с непрерывными параметрами, что позволит повысить гибкость моделей. Практическое применение результатов может быть расширено за счёт адаптации инструментария для секторов с высокой волатильностью (например, рынки цифровых активов или возобновляемой энергетики), где стратегическое взаимодействие агентов требует нестандартных подходов.

В результате проведённого исследования была разработана дискретная модель экономического процесса на основе теории игр, позволяющая анализировать стратегическое взаимодействие агентов в условиях ограниченности информации и конкурентной борьбы. Рассмотренные математические и имитационные методы продемонстрировали свою эффективность для выявления равновесных состояний, что подтверждает практическую применимость разработанного подхода. Полученные результаты свидетельствуют о том, что даже незначительные изменения в стратегиях отдельных участников способны существенно влиять на динамику всей системы. Таким образом, предложенная модель является перспективным инструментом для оптимизации управленческих решений и разработки рекомендаций в условиях рыночной неопределённости. При этом выявлены направления для дальнейших исследований, включающие расширение модели с учётом дополнительных экономических факторов и интеграцию гибридных методов анализа.

Список использованных источников:

1. Gibbons, R. *Game Theory for Applied Economists* / R. Gibbons. – Princeton : Princeton University Press, 1992. – 14-29 p – Дата доступа: 03.04.2025.
2. Теория игр и Равновесие Нэша [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vlast.kz/obsshestvo/23192-teoria-igr-i-ravnovesie-nesa.html> – Дата доступа: 03.04.2025.
3. Osborne, M. J. *A Course in Game Theory* / M. J. Osborne, A. Rubinstein. – Cambridge, Mass. : MIT Press, 1994. – 186 p – Дата доступа: 03.04.2025.
4. Теория игр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megaplan.ru/blog/management/theory-of-games/> – Дата доступа: 04.04.2025

UDC 519.83

GAME THEORY IN MODELING ECONOMIC PROCESSES

Zabolotsky R.E., Demchik D.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Rusina N. V. - Senior Lecturer of the Department of EI

Annotation. The present study is devoted to the study of game theory capabilities in the context of modeling economic processes with a focus on discrete methods of analysis. The main attention is paid to the mechanisms of strategic interaction of subjects under conditions of external environment instability and competitive confrontation. The paper analyzes in detail the basic elements of game theory, dominant strategies and principles of optimal decision-making, as well as their inclusion in the structure of discrete mathematical models. The developed approach allows us to determine the degree of influence of heterogeneous factors on the evolution of economic systems and creates a basis for predicting the actions of market agents. The practical significance of the results lies in their applicability for improving economic strategies and developing rational management approaches adapted to the dynamics of modern market conditions.

Keywords. game theory, discrete modeling, Nash equilibrium, strategic interaction, simulation modeling, economic dynamics.