

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

---

УДК 5.2.2

JEL C79

## ТЕОРЕТИКО-ИГРОВЫЕ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ИНВЕСТОРОВ НА ФИНАНСОВОМ РЫНКЕ

---

**Кутуев Тимур Наилевич**, асп.

Санкт-Петербургский государственный экономический университет, наб. канала Грибоедова, 30-32, литер А, Санкт-Петербург, Россия, 191023; e-mail: timur\_kutuev@mail.ru

*Предмет:* классические теории, что получили широкую известность благодаря своим прорывам в экономической и финансовой науке. С тех пор события на рынке объясняются с точки зрения этих теорий. *Цель:* использовать теорию игр для увеличения роста эффективности деятельности инвесторов на финансовом рынке, а также для снижения рисков. *Дизайн исследования:* вопросы, связанные с фондовым рынком, в наши дни обретают особую остроту и актуальность. Многие частные инвесторы выходят на фондовый рынок в поисках дополнительного или даже постоянного дохода от своих активов. Тема инвестирования набирает популярность как среди широкой общественности, так и среди ученых-экономистов. На текущий момент есть ряд способов принятия решений на финансовых рынках. Автором отмечается, что теоретико-игровые подходы продолжают стремительно развиваться, и вероятно, что ряд разработок, основанных на максимально проработанных информационных моделях, чрезвычайно актуальны для современных финансовых рынков. *Результаты:* на основании полученных результатов частным и институциональным инвесторам могут быть предоставлены рекомендации по более эффективному управлению портфелями ценных бумаг. Практическое применение результатов исследования заключается в повышении осведомленности частных инвесторов и управляющих фондами, а также в анализе их собственного иррационального поведения, включая чрезмерную торговлю выигрышными акциями и хранение убыточных акций.

**Ключевые слова:** инвестор, риск, экономическое пространство, модели, поведение, финансы, теория игр, природа.

**DOI:** 10.17308/meps/2078-9017/2023/7/6-16

## **Введение**

Актуальность и проблема исследования. Проблематика исследования. Финансовые рынки в основном нацелены на эффективную мобилизацию капитала в производстве товаров, предоставлении кредита, проведении обменных валютных операций и рациональном распределении финансовых ресурсов. Следует подчеркнуть, что как система финансовый рынок имеет сложную структуру и большое количество участников.

Это, бесспорно, усложняет процесс его контроля, настройки и прогнозирования. С учетом вышесказанного актуальным становится вопрос поиска наилучшей и наиболее эффективной стратегии для участников рынка, каждый из которых стремится обеспечить и защитить собственные интересы. Трудности, связанные с функционированием этого типа рынка, заключаются еще и в том, что он не изолирован от событий внешней среды, то есть экономических, политических и других факторов. Окружающая среда оказывает на него непосредственное влияние. Эти факторы в значительной степени затрудняют процесс принятия решений на финансовых рынках, учитывая, что на любом этапе выбора есть ряд рисков и свои неопределенности.

Игра на бирже доподлинно не исследована в рамках классических статистических моделей и управляются ею не публично, а через поведение участников, скрытое от других участников рынка. Классическим моделям оценки трудно преодолеть сопутствующие трудности [8]. В нынешних условиях каждый игрок стремится количественно оценить качественный риск – статистически неизмеримый аспект поведения. В таких случаях модели, основанные исключительно на математических инструментах, не дадут удовлетворительных результатов.

Суть проблемы в том, что статистические модели не позволяют оценить многогранность изучаемого объекта, а модели с помощью известных вероятностей используют одну и ту же формулу для оценки принципиально разных процессов и, по сути, воспроизводят предложенное единое значение, которое выпало изначально, и вероятность выпадения в момент выбрасывания и «орла», и «решки» одинакова, а цена актива на бирже может как понизиться, так и повыситься. Самое главное, что «риск состояния» (преимущественно, различные стихийные бедствия) напрямую связан с законами вероятности, а вот «поведенческий риск» сложнее и требует описания законами иной природы.

Обзор литературных источников по исследуемой проблеме. Многие представители классического научного подхода [1-4; 7; 9; 11-12] дали множество определений, чаще всего называя финансовые рынки совокупностью денежных ресурсов в экономической системе, находящихся в постоянном движении.

Основная цель данного исследования – использовать теорию игр для повышения эффективности деятельности на финансовом рынке и минимизации риска.

Исследовательские задачи:

- 1) Рассмотреть ключевые понятия и прочие составляющие теории игр.
- 2) Сделать заключение по инвестиционному процессу, который является решающим фактором успешной игры.
- 3) Оценить эффективность применения реальных игровых устройств из теории игр в качестве инструментов принятия решений.

Гипотеза исследования. Применение теоретико-игровых методов к анализу деятельности инвесторов на финансовых рынках позволяет проследить взаимодействие между различными активами и инвесторами в рамках игры, где игрок играет свою роль, учитывая ограниченность ресурсов и конкуренцию со стороны других игроков. Использование этого метода позволяет определить лучшую стратегию формирования портфеля и спрогнозировать поведение других участников рынка.

### **Методы и результаты исследования**

Бесспорно, в текущий отрезок времени появилось множество способов принятия решений и минимизации риска, но большинство из них основаны на классических математических методах, статистике и теории вероятностей [6].

Экономическая практика требует разумного подхода к учету рисков и неопределенности. Чрезмерно упрощенный метод сужает риск до тех, которые можно рассчитать с помощью выбранного метода. Это обусловлено тем, что заработок рассчитывается на базе ставок на выпадение конкретного вероятного числа, согласно последовательности с определенным распределением вероятностей. Но не стоит игнорировать аномалии и различные рыночные эффекты [5].

Даже после самых разочаровывающих торговых результатов на рынке есть игроки, готовые идти до конца, не внося никаких корректировок, даже если их ранее запланированная стратегия не оправдала себя. В традиционных статистических моделях этот случай называется статистическим любопытством [8].

С учетом текущего этапа развития мировых и внутренних финансовых рынков такие часто повторяющиеся события и ситуации становятся все реже и реже из-за постоянного и непрерывного потока информации и уникальной реакции рынка каждый раз. На основе этого нам удалось вывести математическую модель. То есть сфера применения статистических методов прогнозирования и оценки рисков становится все более узкой.

Если мы не можем выяснить или хотя бы попытаться оценить намерения отдельных конкурентов, все, что мы можем сделать, – это придерживаться той или иной стандартной стратегии. Следует отметить, что иногда предположения статистических моделей противоречат действительности, например, текущее распределение вероятностей зависит от разброса прошлых фактических валютных поступлений, хотя мы хорошо понимаем, что

фактические доходы, полученные в прошлом, актуальны только один раз, при моменте поступления, и только при таких экономических условиях вероятность точного повторения ничтожно мала [14].

Р. Энгл и К. Грейнджер были удостоены Нобелевской премии 2003 г. за создание этих эконометрических методов и за исследования в области анализа временных рядов. Однако, хотя новый метод позволяет делать более точные прогнозы, чем концепция случайных блужданий, он не может выявить глубинные причины, определяющие конкретные модели поведения участников финансового рынка. Он основан на изучении той же статистики [13].

Часто участники финансовых рынков понимают, что акции или другие ценные бумаги переоценены, и вместо того, чтобы вовремя продать их и избежать дополнительного риска, они продолжают надеяться, что их процентные ставки будут расти и дальше, хотя четких сигналов к этому нет.

В подобном случае одной лишь оценки объективного риска недостаточно. Наводнения, например, ничего не делают синоптикам и сейсмологам. Однако участники финансового рынка часто попадают под влияние прогнозов аналитиков, что может иметь серьезные последствия. Как итог, возможно появление ситуаций, выходящих за рамки вероятностных методов, что в свою очередь приводит к созданию моделей принятия решений, построенных на базе предыдущего опыта, методов управления состоянием и поведенческим риском, а также использования дополнительных факторов оценки.

Инвестирование в разрезе теории игр принято воспринимать в качестве конкурентной игры или же игры с нулевой суммой, где присутствует как проигравшая сторона, так и сторона-победитель. Как результат, между функциями выигрыша игроков А и В существует определенная взаимосвязь:

$$F_B(B_j, A_i) = F_A(A_i, B_j), i = 1.. m, j = 1.. n$$

Для того чтобы описать игру, необходимо назвать участников. В «рыночной игре» нелегко выявить всех существующих или потенциальных конкурентов, но для анализа необходимо выявить лишь наиболее важных конкурентов.

Обычно игры охватывают несколько периодов времени, в течение которых игроки выполняют действия последовательно или одновременно. Это действие называется перемещением/поворотом игрока.

Являясь математической моделью различных ситуаций, игра имеет множество специфических характеристик: [5]:

- Большое количество участников;
- Неопределенность их поведения, связанная с их индивидуальными вариантами развития событий;
- Разные интересы участников игры;
- Обеспечение соблюдения четких правил поведения для всех участников.

Например, одним из участников является бизнес, который предлагает инвестиционный проект, финансирует проект, а контрагентом проекта является регион, рассматривающий возможность участия в проекте. Обе стороны имеют конкретные роли и заранее определенные курсы действий. Предположим, стратегии обеих сторон сводятся к форме «уступки» или «спора».

Если игроки выбирают стратегию «спора/давления» («выжать», «давить», «диктовать условия»), сделка проваливается – и никто не выигрывает: «Инвестор» не использует имеющийся капитал, а «Регион» не создает новых рабочих мест. Мы определяем его как «0» в матрице платежей (таблица 1). Если один игрок решит «отступить», а другой игрок решит «выжать», игрок, защищающий свои интересы, получит больше денег в раунде, чем игрок, который сдался, потому что сделка заключена на его условиях.

Определим это, как «3» и «1» соответственно в матрице платежей (таблица 1). А если игроки выбирали стратегию «отступить», то они получили больше, чем в случае, когда оба не уступают «0» и больше, чем в случае, когда один из игроков диктует свои условия «1», но меньше, чем если бы этот игрок диктовал свои условия «3», так как каждому пришлось пойти на уступки. Определим эту ситуацию как «2» каждому из игроков.

Таблица 1

Концепт платежной матрица игры «регион-предприятие»

Концепт		Инвестор	
		«Выжать/додавить»	«Отступить»
Регион	«Выжать/додавить»	0;0	3;1
	«Отступить»	1;3	2;2

Составлено на основе [2].

Предположим, что «Инвестор» будет выбирать стратегию «додавить» с вероятностью  $a$ . Тогда стратегию «отступить» он будет выбирать с вероятностью  $1-a$ . Для «Региона» ожидаемый выигрыш от стратегии «выжать» можно посчитать следующим образом:  $0*a+3*(1-a) = 3-3a$ . Ожидаемый выигрыш от стратегии «отступить»:  $1*a+2*(1-a) = 2-a$ . Чтобы найти  $a$ , необходимо решить уравнение:  $3-3a = 2-a$ . Тогда  $a=0,5$ . Найдём ожидаемые выигрыши игрока «Инвестор» аналогичным способом. Далее определим ожидаемые выигрыши игроков. Выигрыш «региона»:  $3-3*0,5=1,5$ ; ожидаемый выигрыш «инвестора»:  $3-3*0,5 = 1,5$ . Опираясь, непосредственно, на то, что мы определили точку равновесия, участники инвестиционного процесса могут выбрать стратегию, которая учитывает выявленный конкурентный характер взаимодействия и смещает это равновесие в нужную им сторону. В некоторых случаях также существуют инструменты дополнительного воздействия.

В большинстве случаев каждый игрок способен использовать комбинацию стратегий для достижения своих целей. Когда два игрока используют комбинации стратегий, они более эффективны, чем другие игроки [2].

По анализу ситуации:

1. В этой игре игроки разрабатывают две чистые стратегии: «отступить» и «выжать». От того, какая из этих двух стратегий будет реализована, будет зависеть исход всей игры.

2. В большинстве случаев игрок, который выбирает для себя только одну стратегию и применяет ее на протяжении всей игры, менее успешен, чем игрок, который учитывает действия своего противника и смешивает стратегии, исходя из условий конкретных инвестиционных проектов.

3. Игроки присутствуют и в группе «Инвестор», и в группе «Регион».

4. Во многих случаях смешанная стратегия позволяет каждому игроку достигать своих целей. Было обнаружено, что пары из двух игроков, использующих смешанную стратегию, более эффективны, чем пары других игроков.

Анализ результатов позволяют сделать дополнительные выводы.

1. Процесс инвестирования очень важен для всех участников проекта для достижения целей и выбора соответствующей стратегии. Если «Регионы» и «Инвесторы» пойдут друг другу на уступки, они могут получить существенную выгоду от взаимодействия, зависящую от того, насколько выгодны инвестиционные проекты каждой из сторон, и при каких условиях они смогут твердо отстаивать собственные интересы.

2. Ситуация, когда обе стороны процесса признают потенциал и возможности другой стороны, принесет больше пользы всем, поэтому представляется необходимым добавить в будущую модель еще одного участника – посредника. Посредники существуют во многих практических ситуациях, но их свойства и возможности теоретически не продемонстрированы, что усложняет поиск более эффективных способов межотраслевого сотрудничества.

Рассмотрение инвестиционного процесса в контексте теории игр имеет важные последствия для политики, медицины, IT-технологий, горнодобывающей промышленности и отраслей, которые вынуждены осуществлять значительные инвестиции, таких как авиа и космостроение, геодезия, нанотехнологии, разработка глубинной переработки нефти и газа. Компаниям в этих отраслях часто приходится вкладывать значительные средства в исследования и разработки, чтобы эффективно конкурировать и иметь потенциал для расширения.

В результате этого фундаментальные положения теории игр являются общими для любого типа игр [6]:

– Результат зависит от объема информации.

– Для достижения успешного результата необходима хорошо продуманная и исследованная стратегия.

– Результат игры будет признан положительным в случае, когда стратегия адаптирована к условиям хода прочих игроков.

– Требуется определить самого главного игрока – соперника.

В дополнение можно рассмотреть пример возможностей применения теории игр для реализации стратегии согласно утвержденной федеральной целевой программы «Развитие Республики Карелия до 2020 года» в связи со строительством терминала аэропорта «Бесовец» в Петрозаводске.

В зависимости от правил игры и возможностей национальной экономики одни вопросы станут более актуальными и приоритетными для бюджетного финансирования, другие станут менее актуальными из-за риска частных инвестиций.

В частности, это коснулось терминала аэропорта города Петрозаводска. Проект реализации летного терминала начался 1 апреля 2017 года, его планировалось завершить к концу 2017 года. Однако из-за проблем с финансированием проект еще даже не стартовал и не увенчался успехом. Первоначально проект планировалось построить на средства частных инвесторов. Однако новый директор по дорожному движению Карелии Алексей Кайдалов предложил изменить проект из-за морального устаревания. Рашид Нургалиев был против изменения проекта и продления срока строительства еще на несколько лет из-за нехватки средств.

Для строительства аэропорта было выделено порядка 1,043 миллиарда рублей. Частным инвесторам не хватило средств (26,5 млн руб.) и они решили обменять свои средства на федеральном уровне. Они взяли деньги у технологического городка Петрозаводска и на них построили аэропорт.

Можно также сказать, что теория игр представляет собой сложную область знаний, и к ней следует подходить с осторожностью и осознавать ограничения ее применения. Слишком упрощенные решения могут быть опасными, их можно применять самостоятельно или с помощью консультанта.

Из-за сложности процедуры анализа на основе теории игр рекомендуется использовать результаты анализа только в качестве рекомендаций по ключевым проблемным областям. Соответствующие инструменты часто используются при принятии разовых и наиболее важных плановых решений, особенно при подготовке крупных партнерских соглашений. Применение теории игр помогает нам понять природу происходящего. Многовариативность<sup>1</sup> этой отрасли науки способствует успешному применению методов и принципов рассматриваемой теории в различных сферах деятельности. Многих непростительных ошибок можно избежать при анализе на основе теории игр. Цель теории игр не в том, чтобы привить решимость и настойчивость в достижении целей без учета возможных рисков. Знание основ теории игр не гарантирует победу, но помогает избежать ненужных ошибок.

<sup>1</sup> Молодяшин, Р. Словарь трейдера и инвестора. Доступно: <https://empirix.ru/slovar-trejdera/> (дата обращения: 14.03.2023).

## **Заключение**

Использование теории игр для прогнозирования, предвидения и анализа ситуативных колебаний на российском финансовом рынке поможет инвесторам принять и реализовать максимально эффективную стратегию с учетом сегодняшних реалий, а также поспособствует росту ожидаемой доходности с учетом всех существующих рисков. С учетом концепта теории игр можно разработать методологию, способную объяснить непонятные ранее явления, учитывая при анализе информационную асимметрию и стратегические взаимодействия.

В настоящее время существует много способов оценки риска, и в будущем появятся новые. Модели теории игр являются одними из наиболее эффективных инструментов оценки риска. Теория игр использует математические и специализированные методы оценки рисков, позволяющие находить оптимальные стратегии в различных областях, включая принятие решений в ситуациях неопределенности и риска на финансовых рынках.

Теория игр в качестве дополнительного инструмента анализа активов и поведения инвесторов на рынке не должна использоваться в качестве единственного критерия. Для комплексного анализа необходимо объединить фундаментальный анализ, технический анализ и анализ теории игр.

Еще одной ключевой особенностью игровых моделей является их способность учитывать поведенческие факторы риска, а также государственный риск. Резюмируя, можно отметить, что среди рассмотренных моделей, которые в состоянии определить уровень риска, модели теории игр следует расценивать как наиболее перспективные.

Результаты показывают, что программу устойчивого развития необходимо переориентировать, уделив больше внимания анализу ключевых детерминантов, обусловленных финансовой реструктуризацией, которая сталкивается с проблемой балансировки отношений между людьми и природой и мобилизации большего капитала для устойчивого развития. Инвестиции в инклюзивную и устойчивую экономику могут предоставить важные возможности для общего процветания.

Благодаря математическому инструментарию и специальным методам оценки риска теория игр способна разрабатывать и соответствовать эффективным стратегиям поведения инвесторов на финансовых рынках и различных областях.

Существует необходимость интеграции различных направлений взаимодействия финансовых и других основных параметров устойчивого развития в единую структуру. Этот подход подкрепляется наглядной моделью влияния бюджетных ресурсов на взаимодействие экономического роста, естественного развития и изменения климата.



## Список источников

1. Alí S., Berge M.L. et al. Replicating patterns of prospect theory for decision under risk / S. Alí, M. L. Berge, Ruggeri K. et. al // *Nature Human Behavior*, 2020, Vol. 4.
2. Barber B. All That Glitters: The Effect of Attention and News on the Buying Behavior of Individual and Institutional Investors [Electronic resource] / B. Barber, T. Odean // *Review of Financial Studies*, 2008, Vol. 21, Issue 2.
3. Ploner M. Hold on to it? An experimental analysis of the disposition effect [Electronic resource] // *Judgement and Decision Making*, 2017, Vol. 12, Issue 2.
4. Биета Ф., Смилянец П. Теория игр и финансовые рынки // *Вопросы экономики*, 2007, no. 10, с. 10-17.
5. Клитина Н.А. Формирование портфелей ценных бумаг для различных типов инвесторов // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*, 2011, no. 23.
6. Клитина Н.А. Формирование оптимальных стратегий инвестора на Российском фондовом рынке с помощью методов теории игр // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*, 2014, no. 47.
7. Лабскер Л.Г. Игровые методы в управлении экономикой и бизнесом: учебное пособие / Лабскер Л.Г., Бабешко Л.О. Москва, Дело, 2001. 464 с.
8. Лабскер Л.Г. Теория критериев оптимальности и экономические решения. Москва, КНОРУС, 2011. 742 с.
9. Лабскер Л.Г. Экономические игры с природой (практикум с решениями задач): учебное пособие / Лабскер Л.Г., Яценко Н.А. Москва, КНОРУС, 2015. 512 с.
10. Прянишникова М.В. Основные закономерности развития рынка ценных бумаг и их влияние на результаты портфельного инвестирования // *Сб. науч. тр. «Тенденции и проблемы социально-экономического развития России в условиях цифровизации»*, СГТУ, 2021.
11. Слива И.И. Применение метода теории игр для решения экономических задач // *Известия Московского государственного технического университета МАМИ*, 2013, no. 1.
12. Чернявский А.Д. Теория игр, полезность и причинно-следственная связь // *Интернет-журнал «Науковедение»*, 2015, no. (26), т. 7, с. 92-96.

---

# GAME THEORETICAL MODELS OF INVESTOR BEHAVIOR IN THE FINANCIAL MARKET

---

**Kutuev Timur Nailevich**, graduate student

Saint-Petersburg State University of Economics, Griboyedov Canal Embankment, 30-32, letter A, Saint Petersburg, Russia, 191023; E-mail: timur\_kutuev@mail.ru

*Importance:* the behavior of market participants in decision-making began to arouse interest among researchers in the mid-twentieth century. It was at this time that publications of classical theories began to appear, describing the behavior of investors and the criteria for making decisions by them. These theories are based on the assumption of the rationality of individuals and their aversion to risk. *Purpose:* the reasons for the efficiency of investment decision making in the financial market. *Research design:* classical theories received wide publicity, because thanks to them a breakthrough was made in economic and financial sciences. Since then, the events taking place in the market could be explained in terms of the provisions of the emerging theories. *Results:* game theory is a complementary asset analysis tool and should not be used as the sole criterion. In order to conduct a more complete analysis, it is necessary to combine fundamental analysis, technical analysis and game theory analysis. The article notes that game-theoretic approaches continue to be actively developed, and it is believed that some developments based on richer information models are most relevant for modern financial markets. The results show that the sustainable development agenda needs to be refocused with more attention to the analysis of the key determinants driven by financial restructuring, which faces the challenge of balancing the relationship between people and nature and mobilizing more capital for sustainable development. Investing in an inclusive and sustainable economy can provide important opportunities for shared prosperity. Therefore, it should be concluded that there are many ways to assess risk in 2023, and new methods will appear in the future, but at the same time, the game theory model is one of the most effective risk assessment tools. Using mathematical methods and specialized risk assessment methods, game theory makes it possible to find optimal strategies in various areas, including decision-making under conditions of uncertainty and risk in financial markets.

**Keywords:** investor, risk, economic space, models, behavior, finance, game theory, nature.

## References

1. Alí S., Berge M.L. et al. Replicating patterns of prospect theory for decision under risk / S. Alí, M. L. Berge, Ruggeri K. et. al. *Nature Human Behavior*, 2020, vol. 4.
2. Barber B. All That Glitters: The Effect of Attention and News on the Buying Behavior of Individual and Institutional Investors [Electronic resource] / B. Barber, T. Odean. *Review of Financial Studies*, 2008, vol. 21, Iss. 2.
3. Ploner M. Hold on to it? An experimental analysis of the disposition effect [Electronic resource]. *Judgement and Decision Making*, 2017, vol. 12, Issue 2.
4. Bieta F., Smilyanets P. Theory of games and financial markets. *Questions of Economics*, 2007, no. 10, pp. 10-17.
5. Klitina N.A. Formation of securities portfolios for various types of investors. *Financial analytics: problems and solutions*, 2011, no. 23.
6. Klitina N.A. Formation of Optimal Investor Strategies on the Russian Stock Market Using Game Theory Methods. *Financial Analytics: Problems and Solutions*, 2014, no. 47.
7. Labsker L.G. *Game methods in managing the economy and business: a textbook* / Labsker L.G., Babeshko L.O. Moscow, Delo, 2001. 464 p.
8. Labsker L.G. *Theory of optimality criteria and economic solutions*. Moscow, KNORUS, 2011. 742 p.
9. Labsker L.G. *Economic games with nature (workshop with problem solving): study guide* / Labsker L.G., Yashchenko N.A. Moscow, KNORUS, 2015. 512 p.
10. Pryanishnikova M.V. The main patterns of development of the securities market and their impact on the results of portfolio investment. *Sat. scientific papers «Trends and problems of socio-economic development of Russia in the context of digitalization»*, SSTU, 2021.
11. Plum I.I. Application of the game theory method for solving economic problems. *Proceedings of the Moscow State Technical University MAMI*, 2013, no. 1.
12. Chernyavsky A.D. Game theory, utility and cause-and-effect relationship. *Internet journal «Science»*, 2015, no. (26), vol. 7, pp. 92-96.