

УДК 336.763

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ АГЕНТОВ, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ НА РЫНКАХ ЦЕННЫХ
БУМАГ В УСЛОВИЯХ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ.**

Артес Н.Е.

ФГАОУ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

E-mail: natasha.artes@mail.ru

Статья посвящена разработке имитационной модели взаимодействия игроков на рынке ценных бумаг в условиях асимметрии распределения информации. В первую очередь рассмотрено само явление асимметрии информации и его последствия. Далее описана общая схема разработанной многоагентной имитационной модели и проведено большое количество экспериментов с разными значениями основных переменных. Полученные результаты позволили выявить основные закономерности и особенности функционирования рынков в условиях асимметрии распределения информации между основными участниками.

Ключевые слова: имитационная модель, рынок ценных бумаг, асимметрия информации, манипулирование.

**DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL SIMULATION MODEL OF THE BEHAVIOR OF
ECONOMIC AGENTS INTERACTING IN THE SECURITIES MARKETS IN CONDITIONS
OF NON-INFORMATION.**

Artes N.E.

The article is devoted to the development of simulation models of interaction of players on the securities market under conditions of asymmetric information distribution. First discussed the phenomenon of information asymmetry and its consequences. The following describes the General scheme of the developed multiagent simulation model and conducted a large number of experiments with different values of key variables. The obtained results allowed revealing the main regularities and peculiarities of functioning of markets in terms of asymmetric distribution of information between key stakeholders.

Keywords: the simulation model, the securities market, information asymmetry, manipulation.

Торговля на рынке ценных бумаг сопровождается большим количеством рисков, устранение которых является затруднительной задачей. Поведение цены зависит от множества факторов, не поддающихся точной оценке и прогнозу. Поэтому на каждого игрока ложится

большая ответственность в принятии решения, как в краткосрочном, так и в долгосрочном периоде. Одним из факторов, который оказывает серьёзное влияние на принятие решения на рынке ценных бумаг является неравномерность распределения информации. На протяжении долгого времени в формальном моделировании экономических систем не учитывалась роль информации, так как не были понятны оказываемые информацией эффекты и возникала сложность в выборе механизмов, учитывающих влияние информации на экономические системы.

Предметом интенсивных исследований последних лет в области информационных проблем является влияние асимметрии информации на финансовые и экономические рынки. Данный факт может быть подтверждён тем, что в 2001 году Д. Акерлофу, Д. Стиглицу и М. Спенсу была присвоена Нобелевская премия по экономике «за анализ рынков с несимметричной информацией». Асимметрия информации характеризуется наличием у одной из сторон большей осведомлённости о качестве продукта на рынке. Асимметричность в получении информации на рынке может быть вызвана следующими основными причинами:

- разной доступностью информации;
- следствием экономических процессов;
- разным восприятием и использованием полученной информации;
- степенью надёжности, которая присваивается информации.

Одной из наиболее известных работ, посвящённых асимметрии информации считается статья Джорджа Акерлофа «Рынок лимонов» [4]. В данной статье рынок автомобилей условно классифицируют по двум признакам – качеству автомобилей и степени их новизны. Под "лимонами" понимаются подержанные автомобили, которые наряду с новыми продаются на рынке. Со стороны покупателя существуют риски равновероятного отнесения товара как к хорошим, так и к плохим, вызванные неопределённостью качества. Со стороны владельца автомобиля, использовавшего его какое-то время, оценка качества будет более точной, и он сможет однозначно присвоить вероятность принадлежности автомобиля к группе "лимонов". Асимметрия на данном рынке будет проявляться в том, что одна из сторон обладая большей информацией о качестве товара, сможет заключить более выгодную сделку.

Наличие неравномерности распределения информации на рынке может препятствовать развитию как на уровне всей экономики, так и на уровне отдельного рынка. Асимметрия информации вызывает снижение качества товаров, обращающихся на рынке, не давая владельца качественных товаров получить на рынке их реальную стоимость. В результате возможна ситуация, когда «лимоны» будут последовательно вытеснять более качественные товары вплоть до полного исчезновения, что может привести к полному исчезновению рынка. В результате

затрудняется принятие решений и эффективное распределение ресурсов, что в свою очередь способно привести к общему замедлению темпов роста ВВП и национального благосостояния.

На каждом рынке асимметрия информации имеет свои специфические черты, понимание которых приблизит к поиску средств её устранения. Так, понимание специфических черт асимметрии информации на рынке ценных бумаг позволит найти пути её преодоление, что позволит повысить привлекательность и эффективность функционирования всего рынка. Исходя из этого, в работе была поставлена цель - построение имитационной многоагентной модели, которая будет воспроизводить процесс взаимодействия участников рынка ценных бумаг друг с другом, в условиях асимметрии распределения информации. Отличием данной многоагентной модели является ее ориентированность на взаимодействие участников торговли – игроков, на определение механизмов их взаимодействия, анализ влияния манипулятора на формирование/изменение цены на рынке ценных бумаг.

Общая схема построенной модели представлена на рис. 1. Данная модель рассматривает рынок ценных бумаг, на котором торгуется один тип актива. Основными элементами модели являются игроки, манипулятор, некоторый внешний сигнал и дополнительная информация, которая создаёт асимметрию между основными участниками. Рассматриваемый рынок хранит информацию о заявках всех участников и ценах на актив за весь период проведения торгов и предоставляет эту информацию всем игрокам. Под внешним сигналом в модели подразумевается информация об общем состоянии всей экономики в целом, которая может не оказывать прямого влияния и не зависеть от отдельного рынка и моделей поведения его участников. Его значение для

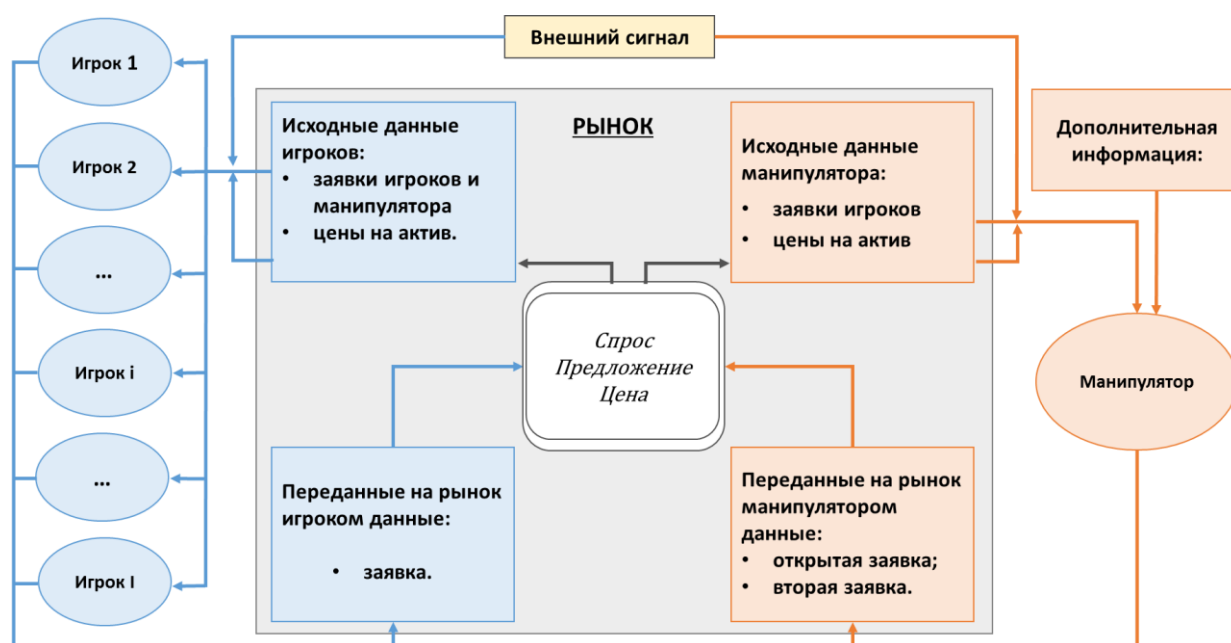


Рисунок 1 Общая схема имитационной модели.

модели заключается в том, что он может опосредованно влиять на изменение ситуации на рынке, поэтому игроки и манипулятор учитывают его при формировании своих сигналов и в последствии заявок.

Участники рассматриваемого рынка представлены двумя основными группами – обычными игроками и манипулятором. Данные группы игроков различаются набором доступной им исходной информации. Обычный игрок получает два типа информации – информация от рынка и внешний сигнал. Информация от рынка включает в себя значения заявок всех игроков, обеих заявок манипулятора и значения цен на актив. Внешний сигнал об изменении рынка в момент времени t приходит к игроку в этот же момент времени t , поэтому игрок учитывает внешние сигналы предыдущих моментов времени и относительно них строит прогноз будущего сигнала. Вся поступающая информация учитывается простым игроком. Исходя из полученной информации, каждый игрок строит авторегрессию и определяет оптимальную для себя заявку на один период. Полученные игроками заявки передаются обратно на рынок.

Манипулятор получает три типа информации – информация от рынка, внешний сигнал и дополнительная информация. Информация от рынка ничем не отличается от той, которую получают обычные игроки. Внешний сигнал в отличие от простых игроков манипулятор получает на некоторое количество будущих периодов, поэтому прогнозы на несколько шагов вперёд. Дополнительной информацией, которую получает только манипулятор является объёмы денежных средств всех игроков. Дополнительная информация выделяет манипулятора среди остальных участников рынка и создаёт на рынке явление информационной асимметрии. На основе полученной дополнительной информации, манипулятор способен воспроизвести авторегрессию для определения коэффициента линейной регрессии каждого игрока, а значит спрогнозировать будущие сигналы и заявки всех игроков. Спрогнозированные значения манипулятор использует для определения будущей цены актива по следующей формуле:

$$P_f(t) = P(t - 1) * \left(1 + \tanh\left(\frac{A_{sum}}{A_{abs}}\right) * \alpha \right) \quad (1)$$

, где $P_f(t)$ – будущая цена актива;

$P(t - 1)$ – цена актива в предыдущий момент времени;

A_{sum} – прогнозируемое суммарное значение вращающего на рынке актива;

A_{abs} – прогнозируемое абсолютное значение вращающего на рынке актива;

α – максимальная величина движения рынка.

Далее манипулятор формирует оптимизационную задачу, которая заключается в том, чтобы найти такие значения сигналов для своей открытой и второй заявки, чтобы максимизировать итоговую прибыль. Математически записывается следующим образом:

$$\begin{cases} \mathit{Varmarge}(t) = (P_f(t) - P(t-1)) * A(t-1) \rightarrow \mathit{max} \\ \tilde{S}, \tilde{\tilde{S}} \end{cases} \quad (2)$$

, где $A(t)$ – суммарная позиция манипулятора, складывающаяся из обеих заявок;

$\tilde{S}, \tilde{\tilde{S}}$ – сигналы открытой и второй заявок манипулятора, соответственно.

Полученные значения сигналов манипулятор использует для определения величины своих заявок.

Общая схема проведения торгов на рынке будет состоять из четырёх этапов:

1. Манипулятор решает оптимизационную задачу, определяет оба свои сигнала, формирует обе позиции и заявки. После этого выставляет на рынок открытую заявку.

2. На основании только единственной выставленной на рынок первой заявки манипулятора каждый из игроков оценивает её, придавая ей некоторый вес и формирует свой сигнал, который определяет позицию и заявку игрока.

3. Игроки, увидев выставленные заявки друг друга оценивают их, и включают эту оценку в формирование собственного сигнала, а, следовательно, позиции и заявки.

4. Все игроки выставляют на рынок сформированные заявки и одновременно с ними манипулятор выставляет свою вторую заявку.

В результате, на рынок поступают заявки всех участников рынка. Формируется совокупный спрос, совокупное предложение, изменение позиции манипулятора, которые формируют рыночную цену. Сформированная цена передаётся от рынка каждому участнику в качестве исходных данных и влияет на формирование будущей заявки.

Описанная модель была построена и реализована с помощью программной среды Matlab. В качестве математических инструментов были использованы построение функции линейной регрессии для определения сигналов игроков и генетический алгоритм для решения оптимизационной задачи манипулятора. Так как, в построенной модели важен был сам механизм взаимодействия игроков рынка ценных бумаг, то значения начальной цены актива и начальных денежных средств игроков и манипулятора были взяты случайным образом. Однако, в модели были определены переменные, значения которых могут повлиять на поведение всей модели - значения денежных средств манипулятора в процентном отношении к денежным средствам всех игроков рынка (5, 40 и 80%) и количество игроков на рынке (6, 12, 24). Исходя из выбранных

значений переменных были проведены все возможные эксперименты и результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 Результаты всех проведённых экспериментов

		Доля денежных средств манипулятора относительно суммы денежных средств остальных игроков		
		5%	40%	80%
Количество игроков на рынке				
	2			
	4			

- манипулятор выигрывает, а игроки проигрывают;
- манипулятор и игроки выигрывают;
- манипулятор проигрывает, а игроки выигрывают;
- манипулятор и игроки проигрывают;

Таким образом, на основании проведённых экспериментов с построенной моделью, можно выделить ряд обнаруженных закономерностей:

- количество игроков оказывает существенное влияние на складывающуюся на рынке ситуацию: чем меньше на рынке участников, тем выше волатильность и вероятность того, что рынок будет подвержен манипулированию;
- введение внешнего сигнала в модель не будет оказывать влияние на формирование цены, если не задано общее правило реакции игроков на него, то есть сигнал не согласован с действиями игроков;
- от количества денежных средств манипулятора не зависит его способность к влиянию на поведение игроков и к манипулированию на рынке;
- информационная асимметрия на рынке способна оказать существенное влияние на его функционирование только в условиях малого количества активных участников рынка. При большом количестве участников возникают информационные шумы, которые не дают преимуществ во владении информацией.

Таким образом, в данной статье было рассмотрена асимметрия информации и основные последствия её существования на рынке. Была описана разработанная имитационная многоагентная модель рынка ценных бумаг в условия неравномерности распределения информации

и проведен ряд экспериментов. На основании полученных результатов реализации модели и выявленных закономерностей можно сделать следующие основные выводы по работе:

1. При построении имитационной модели рынка ценных бумаг необходимо учитывать, что асимметрия распределения информации между основными игроками способна по-разному оказывать влияние на рыночную ситуацию, в зависимости от количества активных игроков рынка. Более насыщенные рынки меньше склонны к манипулированию, так как большее количество игроков поддерживает рынок;

2. При введении в модель внешнего сигнала, необходимо прописывать правила его включения в формирование позиций игроков.

3. Построенная симулирующая модель при любых задаваемых условиях имеет устойчивую тенденцию к постепенному уменьшению количества активных игроков, вследствие их разорения и прекращению функционирования рынка. Таким образом, можно сделать вывод, что для моделирования подобных многоагентных систем на рынке ценных бумаг необходимо в условиях предусматривать постоянный приток на рынок новых игроков и возможность привлечения участниками рынка дополнительных денежных средств.

Список литературы

1. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.
 2. Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учебное пособие. Каталевский Д.Ю. -М.: Дело, 2015. — 496 с.
 3. Стародубцева Е.В. Рынок ценных бумаг: учебник / Е.В. Стародубцева. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. - 176 с.
 4. Стиглиц Дж.Е. Информация и смена парадигмы в экономической науке // Мировая экономическая мысль: Сквозь призму веков. В 5 т. / Сопред. ред. Г.Фетисов, А.Худокормов. – Том 5. – Кн. 2. – М.: Мысль, 2005. – С. 523–545.
 5. George A. Akerlof. The Market for "Lemons": Quality Uncertainty and the Market Mechanism //The Quarterly Journal of Economics, v.84, August 1970, p.488-500. Перевод Е. И. Ник.
-