

УДК 004.414.23

DOI: 10.22213/2410-9304-2023-4-88-94

Имитационное моделирование передачи информации между биржами на основе мультиагентной модели

Р. В. Файзуллин, кандидат экономических наук, доцент, МИРЭА –
Российский технологический университет, Москва, Россия

П. П. Лукьянченко, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

В статье обоснована актуальность решения задачи моделирования биржи как информационной системы, аккумулирующей заявки участников рынка и исполняющей их. Объектом исследования является процесс передачи информации между биржами. Предметом исследования является использование имитационной мультиагентной модели для изучения процесса передачи информации между биржами. В работе проанализированы возможности построения имитационной модели для анализа редких явлений на финансовом рынке с помощью мультиагентного подхода. Обосновано, что такой подход позволяет учесть те особенности сложных динамических систем, для которых либо не разработаны эффективные аналитические подходы, либо невозможно провести необходимые численные эксперименты. Предложенная логика симулятора рынка основана на выделении неких классов трейдеров, которые могут отличаться логикой принятия своих решений на бирже, для этого описана схема взаимодействий агентов в модели биржи. На примере моделирования передачи информационных и рыночных шоков между рынками изучены возможности предлагаемого симулятора. Использование предложенной модели на практике позволяет анализировать редкие явления, возникающие на бирже, которые нельзя описать аналитически, но их воссоздание посредством имитационной модели позволит их изучить. Изучение редких явлений на бирже с помощью имитационного моделирования позволяет получать разные варианты результатов явлений при разных наборах параметров модели (агентов), то есть проводить параметрическое моделирование, с одной стороны, и улучшить методы прогнозирования таких явлений, с другой стороны. Полученные результаты можно использовать для моделирования других рыночных явлений, их анализа и проверки гипотез по управлению ими.

Ключевые слова: мультиагентное моделирование, имитационное моделирование, биржа, фондовый рынок, агентно-ориентированное моделирование, симулятор рынка, рыночный шок, информационный шок.

Введение

Функционирование биржи на современном фондовом рынке может быть представлено как компьютерная программа, которая собирает заявки от участников и исполняет их [1] и является сложной системой, состоящей из множества простых взаимодействующих объектов. С целью изучения закономерностей функционирования финансовых рынков существует потребность в моделировании работы биржи и поведения ее участников.

Одним из наиболее эффективных подходов для анализа стабильности финансового рынка и явлений на нем является мультиагентное имитационное моделирование [2–4]. Этот подход позволяет учесть те особенности сложных систем, для которых либо не разработано эффективных аналитических подходов, либо невозможно провести необходимые численные эксперименты. Преимущество агентно-ориентированного имитационного моделирования связано с тем, что для реализации подхода необходимо определить индивидуальную логику и правила поведения действующих агентов, установить исходные условия. При этом имитационная модель, основанная на мультиагентном подходе, позволяет отслеживать изменения динамических показателей агентов и их окружения, осуществлять оценку и анализ шоков [5–7], а также реакцию системы на различные сценарии развития искусственного шока.

Действительно, несмотря на то что на фондовых рынках динамика цены акции может рассматривать-

ся как случайные блуждания [8], это не опровергает гипотезу возможности представления рынка как мультиагентной системы, причем каждый вид агента может обладать своей логикой поведения. Существующие исследования по использованию агентно-ориентированного подхода не относились к российскому рынку [9–11], с одной стороны, и, соответственно, для корректного моделирования рынка требуется оценить доли агентов разных типов в системе, а с другой стороны, в предлагаемом симуляторе предложен новый подход к моделированию поведения одного из типов агентов рынка, отличный от подхода, описанного в статье «Моделирование высокочастотного валютного рынка: агентно-ориентированный подход». В основе предлагаемого решения заложено, что ожидаемые фундаментальные характеристики актива могут быть сгенерированы как процесс дивидендных выплат (для разных активов могут быть выбраны разные параметры), и это создает для агентов стоимость. Используя исторические данные, есть возможность моделировать основные характеристики дивидендного процесса. Путем моделирования свойств актива и закладывания правил поведения агентов типа Fundamentalist (в терминологии, используемой в работе Clack повышается реалистичность модели рынка в целом).

Параллельно возникает задача, связанная со спецификой российского рынка. Известно, что на финансовых рынках существуют две основные аномалии, связанные с отклонением распределения доход-

ностей на рынке акций от стационарного нормально-го распределения с точки зрения стабильности математического ожидания и дисперсии. Во-первых, центральная часть распределения будет «слишком» резкой, и в то же время хвосты распределения будут «слишком» тяжелыми. Во-вторых, волатильность цен неравномерна: периоды сильной турбулентности чередуются с периодами затишья; эту характеристику называют кластеризацией волатильности [12]. Существуют исследования, в которых отмечается, что децентрализованный подход для моделирования биржевых торгов является максимально эффективным, однако такой вывод авторами делается для моделирования американских рынков, что в свою очередь накладывает ограничения на использование такого подхода для рынков России, Азии, Европы, где функционируют централизованные рынки. Этот недостаток предлагается нивелировать за счет равномерного распределения в метчинге (объединении данных).

Одной из причин высокой волатильности финансовых инструментов является информация, поступающая с другого рынка или биржи [13]. Тем самым возникает необходимость изучения возможностей компьютерного моделирования торговли на финансовых рынках путем применения мультиагентного имитационного моделирования с использованием языков программирования и алгоритмов для создания рабочего симулятора на нескольких рынках для изучения передачи информации между несколькими рыночными платформами или биржами. Особенно актуальной становится потребность в исследовании перехода к новому состоянию равновесия на биржевом рынке под воздействием шока на другом рынке, другими словами, прогнозировании бифуркаций финансовых временных рядов.

В статье К. Gao [14] пытаются оценить редкое событие (Flash Crash) с помощью имитационного моделирования, поэтому предлагается иной подход, который отличается в части акцента на анализ причин события и скорости восстановления рынка до нормального режима работы после случившегося события, тогда как авторы проверяют работу симулятора на повторе классических рыночных торговых моментов. Flash Crash – это событие, в первую очередь вызванное цепной реакцией агентов на мелкое и незначительное событие, поэтому в статье будет описано исследование, как небольшое изменение цены может привести к Flash Crash, и, что более важно, оценено, как рынок восстанавливается после такого типа шока при разных пропорциях агентов.

Одна из гипотез [15] основана на предположении, что задержка в получении информации может быть источником возникновения события Flash Crash, однако в проанализированных работах не учитывают время восстановления после события. Предполагается, что анализ времени восстановления после шока не менее важно, чем анализ цены, при которой рынок придет к своему равновесию.

Отметим, что существующие симуляторы ограничены в моделировании подобных ситуаций и не могут описывать соответствующие сценарии в динамике. Поэтому цель статьи – предложить симулятор моделирования редких событий на бирже на основе мультиагентного подхода с учетом выявленных недостатков других попыток использования агентно-ориентированного подхода к моделированию передачи шока между рынками, для чего будут учтены: особенности российского рынка как централизованного, с моделированием поведения агентов более приближенного к реалистичному; необходимость оценить пропорции количества агентов разного типа; оценить факторы, влияющие на восстановление рынка после шоков разного типа при разном наборе агентов.

Мультиагентная имитационная модель биржи

В основе принципа моделирования примем, что торговый процесс состоит из последовательных торговых сессий, в ходе которых трейдеры совершают свои действия на основе заранее определенных стратегий. В каждой новой сессии трейдеры получают общедоступную информацию, включая цены акций, лучшие цены спроса и предложения (bid and ask), а также предстоящие дивиденды в зависимости от уровня доступа трейдеров к этой информации. Исходя из предположения, что в рамках моделирования сама биржа тоже может быть рассмотрена как агент, информация для трейдеров предоставляется агентом «Биржа».

Перед началом торговой сессии происходит несколько событий, определяемых пользователем, в том числе собирается статистика трейдеров и аккумулируется информация о конъюнктуре рынка. Статистика включает следующие важные переменные: цена акций, объемы торгов, денежные средства и активы трейдеров, доходность и «настроения», если речь идет о стратегии поведения на финансовых рынках таких типов трейдеров, как Chartist и Fundamentalist (в терминологии, используемой в работе С. D. Clack).

После завершения сбора первичных данных трейдерам предлагается приступить к реализации своих стратегий. Действия заключаются в совершении инвестиций, спекуляции на разнице цен, выставлении ордеров на покупку или продажу ценных бумаг. По мере развития торговой сессии и приближения к ее завершению трейдерам выплачиваются дивиденды и безрисковые процентные платежи. Эти дивиденды дают агентам возможность пересмотреть и потенциально скорректировать свое поведение, включая стратегию или оценку результатов сессии и полученных выплат. Этапы одной итерации торгового процесса могут быть представлены следующим образом:

- 1) триггерные события, запланированные на сессию, активируются в соответствующее время;
- 2) статистика и информация о трейдерах собирается и формализуется;
- 3) трейдеры корректируют свое поведение и стратегии;
- 4) трейдеры предпринимают действия.

По завершении итерации инициализируются дивиденды для будущих выплат.

Симуляция останавливается, когда остаются невыполненными лимитные ордера (это максимальная или минимальная цена, по которой трейдер хочет завершить сделку, покупку или продажу конкретного количества активов) и книга заказов по рыночным ордерам (ордерам, которые должны быть исполнены как можно скорее по текущему лучшему предложению или лучшему спросу на рынке) претерпевает существенное сокращение. Такие ситуации являются воспроизведением сценария краха фондового рынка. Для того чтобы сохранить стабильность и пространство для исследования динамики восстановления после мгновенного падения на рынке ценных бумаг, а также ограничить возможность реализации сценария закрытия рынка, мы делаем примерно равное количество лимитных ордеров для всех типов трейдеров. Таким образом, достигается сбалансированность общего количества ордеров.

Биржевой агент является базовым элементом разработанного в работе симулятора и соответствует логике функционирования самого рынка. Биржевой агент – это связующее звено между рынком и трейдерами, он обеспечивает взаимосвязь между рынками и его участниками, посредством него обеспечивается торговая деятельность. Трейдеры передают ему свои ордера, обновляя книгу заказов. Биржевой агент ведет книгу заказов и определяет динамику цен на акции в течение торговой сессии. Биржевой агент получает от трейдеров три основных типа ордеров: отменяющиеся, рыночные и лимитные.

В модели действуют несколько типов агентов (трейдеров) – RandomTrader, Chartist, Fundamentalist и Market-maker, с разными поведенческими настройками (рис. 1).

RandomTrader – это агент, который ведет себя как случайный трейдер и имитирует поведение участника фондового рынка, который не имеет никакой стратегии. Он принимает решения, которые, по его мнению, принесут ему прибыль, но в действительности, по своей природе, являются случайными. Этот трейдер представляет значительную часть участников фондового рынка. В других работах его называют Noise Trader [16], что отражает тот факт, что свое решение он обосновывает на интерпретации случайного информационного шума из окружающей среды.

В модели с таким агентом ассоциируются предвзвешенно определенные постоянные вероятности, на основе которых он эмитирует различные типы ордеров и выполняет определенные действия. Были приняты следующие значения вероятностей:

- лимитный ордер (0,35);
- рыночный ордер (от 0,35 до 0,5);
- отменяющийся ордер (от 0,5 до 0,85);
- не предпринимать никаких действий (от 0,85 до 1).

Эти константы показали хороший результат при моделировании в других работах.

Chartist – стратегию этих трейдеров можно упрощенно описать одной фразой «покупай дешево, продавай дорого». Они сосредоточены на прогнози-

ровании будущих ценовых тенденций, и их поведение зависит от доли агентов их типа на каждой бирже. Они настроены либо пессимистично, либо оптимистично по отношению к рынку и совершают свои действия на основе своих оценок, оценок других агентов этого же типа и изменения цен. На каждой итерации они оценивают настроения других агентов типа Chartist, уровень «оптимизма» и «пессимизма», изменчивость мнений на каждом отдельном рынке или бирже и свою «личную» оценку ситуации.

Функция количества заказов аналогична той, которая использовалась для агента **Random Trader** и вычисляется исходя из равномерного распределения $Q \sim U\{1, 5\}$. Цена лимитного ордера определяется по формуле:

$$P = (p \pm \Delta) \times (1 \pm t), \text{ где } \Delta \sim \exp \exp(\lambda),$$

где p – рыночная цена; t – стоимость сделки; Δ – случайная величина, имитирующая «шум» в поведении агента.

Расчет основан на методологии предложенной C. D. Clack.

Fundamentalist – принимает решения, основываясь на анализе цены акции и дивидендов на предыдущих итерациях. Агент этого типа рассчитывает фундаментальную стоимость акции, сравнивая ее с рыночной ценой. Цена для лимитного ордера такая же, как и для случайного трейдера. Объем ордера рассчитывается следующим образом:

$$Q = \min \left(\frac{1}{\gamma} \left| \frac{P_f - P_m}{P_m} \right|, 5 \right),$$

где P_m – это цена товара, которая есть на рынке, и ее видит фундаменталист; P_f – это цена, по которой фундаменталист считает, цена акции может торговаться. Он ее воспринимает как обоснованную и справедливую; γ – это параметр чувствительности фундаменталиста к отклонению рыночной цены от справедливой цены.

Фундаментальная стоимость рассчитывается с помощью постоянного дивиденда. Математическое описание модели постоянного дивиденда с использованием последних n известных дивидендов может быть представлено следующим образом:

$$P_f = \text{known} + \text{perp},$$

$$\text{known} = \sum_{i=0}^n \frac{\text{Div}_i}{(1+r)^i}, \text{ perp} = \frac{\text{Div}_n}{r(1+r)^i}.$$

Количество известных дивидендов, определяемое n , обеспечивает информационную асимметрию среди всех трейдеров, имеющих «редкий» ограниченный доступ к информации о будущем тренде дивидендов. Если фундаментальная цена выше рыночной, агенты типа Fundamentalist покупают рыночные ордера или продают лимитные ордера.

Fundamentalist – самые прибыльные, но и самые рискованные агенты, они работают только на одном рынке. Стоимость лимитных ордеров рассчитывается по следующей формуле:

$$P = (P_f \pm \Delta) * (1 \pm t), \text{ где } \Delta \sim \exp(\lambda).$$

Market-maker работает на обоих рынках. Маркет-мейкер получает прибыль на спреде, устанавливая ордера каждый раз с обеих сторон, он продает и покупает в одно и то же время везде, обеспечивая ликвидность рынка. Этот тип агентов можно назвать ядром трейдеров и основным «распространителем шока». Для того чтобы обеспечить стабильность рынка, эти агенты имеют нижний и верхний пределы своих запасов на обеих биржах по отдельности и весь верхний и нижний предел для двух моделируемых рынков вместе взятых.

В случае когда на одном рынке агент близок к лимитам, то он корректирует свой ордер на продажу или покупку, чтобы предотвратить дестабилизацию. Его Pnl – это сумма прибылей на первом и втором рынках, и он максимизирует ее. В нашей модели, реализован следующий механизм, имитирующий эту логику. Маркет-мейкер рассчитывает смещение и добавляет его к ценам следующим образом:

$$offset = \min(1, (best\ ask - best\ bid) * \left(\frac{assets}{LL_i}\right)).$$

$$P_{bid} = bestbid - offset, P_{ask} = bestask + offset.$$

Объемы также зависят от текущего состояния запасов. Объемы заявок следующие:

$$Q_{bid} = \max[0, UL_i - 1 - assets],$$

$$Q_{ask} = \max[0, assets - LL_i - 1].$$

UL_i и LL_i определяют верхний и нижний пределы количества запасов, удовлетворяющие маркет-мейкера на отдельных рынках. Если один из них выходит за пределы диапазона, он выполняет рыночные ордера, не делая никаких лимитных ордеров. Это называется состоянием «паники».

Передача информации и шоков происходит благодаря следующим ограничениям:

$$LL < Q_1 + Q_2 < UL,$$

$$LL_1 < Q_1, UL_1 > Q_1,$$

$$LL_2 < Q_2, UL_2 > Q_2,$$

$$LL_1 + LL_2 < LL,$$

$$UL_1 + UL_2 < UL.$$

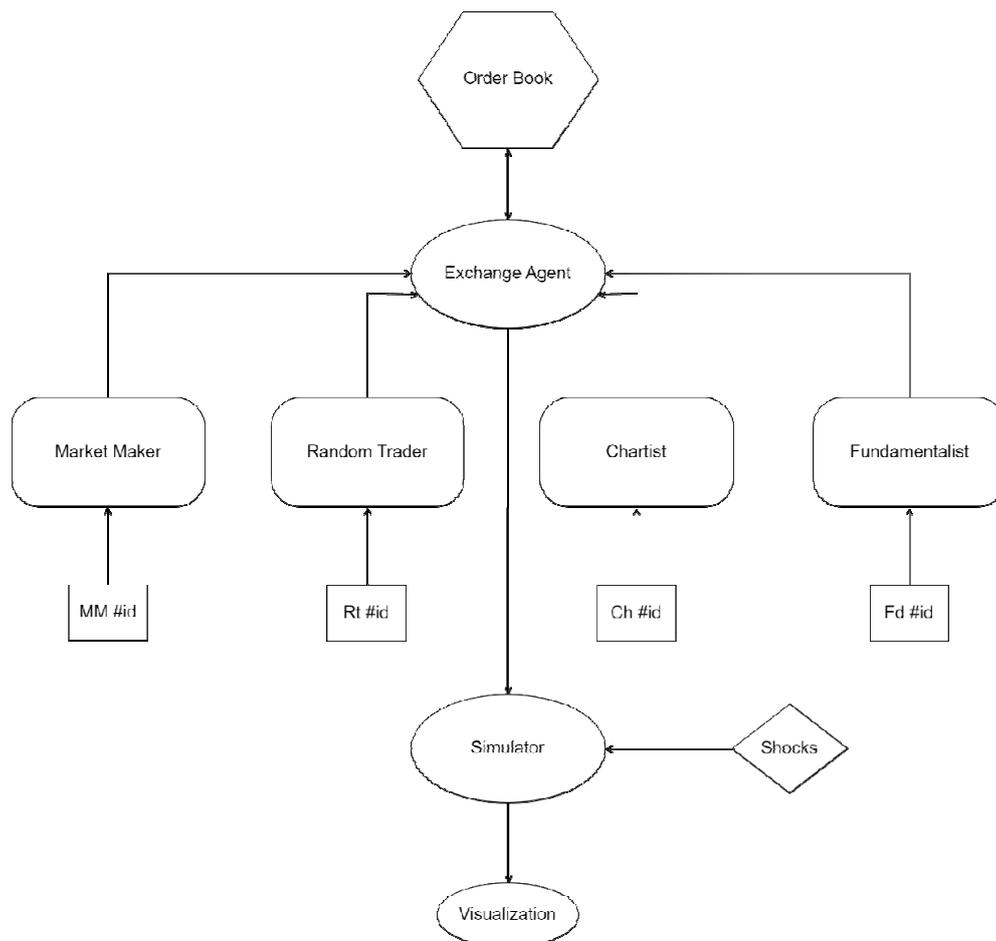


Рис. 1. Схема взаимодействий агентов в модели биржи

Fig. 1. The scheme of agent interactions in the stock market model

Реализация модели и исследование передачи шоков между рынкам

При исследовании передачи шоков между рынками оценивались шоки двух типов: шок рыночной цены и информационный шок, которые передаются с одного рынка на другой. На i -й итерации моделирования инициируется шок. После этого агенты маркет-мейкеры и агенты типа *chartist* корректируют свои стратегии, что позволяет наблюдать в динамике, как в системе передается шоки восстанавливаются ли в итоге оба рынка или нет. Получены следующие результаты при реализации различных сценариев.

1. Рыночный шок – на 200-й итерации рыночная цена искусственно снижается на 20 %. На этом рынке присутствуют три типа агентов (рис. 2). На нижнем графике маркет-мейкеры отсутствуют, а количество агентов других типов такое же, как и на верхнем графике.

Предположим, что шок в обоих случаях действительно передается. При наличии на рынке маркет-мейкеров цена сначала быстро падает, а затем происходит ее медленная корректировка. Маркет-мейкеры, которые больше сосредоточены на под-

держании стабильных цен, чем на реальной стоимости актива, вызывают небольшие колебания цен с последующим внезапным возвращением к первоначальной цене.

Это связано с тем, что, контролируя большие объемы активов, они способны реализовать корректирующие мероприятия.

При отсутствии маркет-мейкеров рыночная цена быстро возвращается к фундаментальной стоимости. Это происходит из-за присутствия агентов типа *fundamentalist*, которые оказывают большее влияние на рынок, чем случайные трейдеры. Те же результаты, но с более выраженной амплитудой колебаниями рыночной цены имеют место, когда в модели присутствуют агенты типа *chartist*.

Таким образом, проверена возможность воспроизведения рыночного и информационного шока на рынке посредством предложенной модели и проанализирована возможность восстановления рынков.

2. Информационный шок – то же количество агентов, что и при шоке рыночной цены. Результаты моделирования представлены на рис. 3

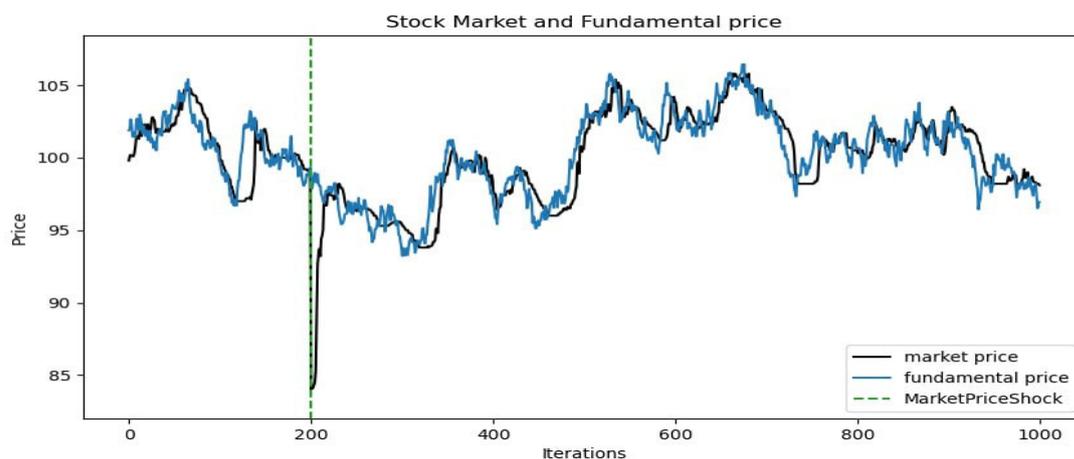


Рис. 2. Шок рыночной цены

Fig. 2. Market price shock

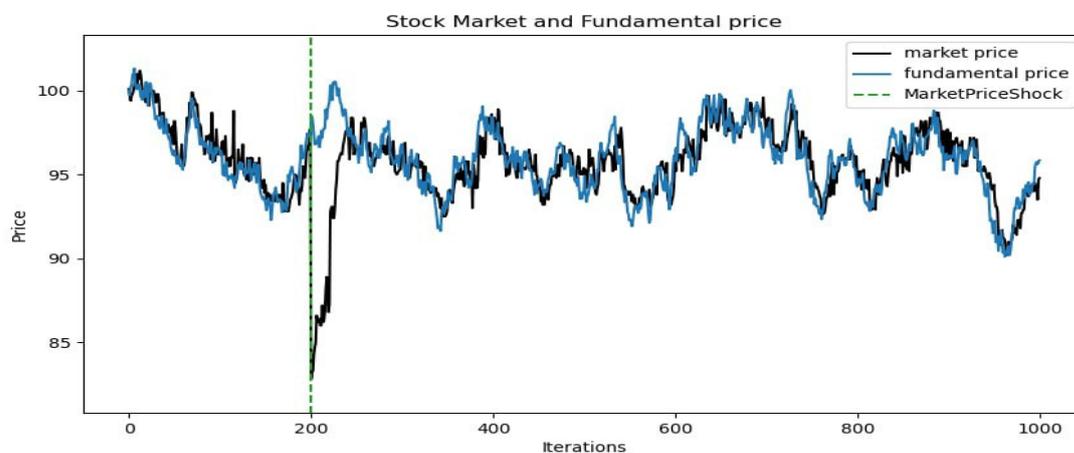


Рис. 3. Информационный шок

Fig. 3. Information shock

Заключение

Построенная архитектура мультиагентного симулятора с последующей реализацией классов трейдеров в коде может использоваться для проверки гипотез о взаимодействии рынков между собой. Определено, что редкие события, которые невозможно спрогнозировать стандартными параметрическими методами, можно изучать с помощью имитационного моделирования. В статье приведен пример моделирования передачи информационных и рыночных шоков между рынками, в том числе с разными пропорциями агентов, что приводит к разной реакции рынков на шоки. Полученные результаты можно использовать для моделирования других рыночных явлений, их анализа и проверки гипотез по управлению ими. Перспективным видится использование предложенной модели для изучения магнитуды колебаний, а также переход к модели на многомерных рынках.

Библиографические ссылки

1. Герасимова Е., Яворский Р. Моделирование тестовых сценариев поведения участников биржевой торговли // Инструменты и методы анализа программ : Международная научно-практическая конференция. Кострома, 2014.
2. Чернышев С. А. Классификация общих шаблонов проектирования мультиагентных систем // Программные продукты и системы. 2022. Т. 35, № 4. С. 670–679.
3. Court E. The instability of market-making algorithm – an agent based simulation in Miranda" MEng dissertation, Dept. Computer Science, UCL, 2013. 97 p.
4. McGroarty F. et al. High frequency trading strategies, market fragility and price spikes: an agent based model perspective // Annals of Operations Research. 2019. Т. 282. С. 217–244.
5. Mandel A., Veetil V. The economic cost of COVID lockdowns: an out-of-equilibrium analysis // Economics of Disasters and Climate Change. 2020. 4. Pp. 431-451.
6. Giglio S. et al. Inside the mind of a stock market crash. National Bureau of Economic Research, 2020. № w27272.
7. Oriol N., Velyzhenko I. Market structure or traders' behavior? A multi agent model to assess flash crash phenomena and their regulation // Quantitative Finance. 2019. 19 (7). Pp. 1075-1092.
8. Walter C. 2006. Les martingales sur les marchés financiers. Revue de Synthèse, vol. 127, no 2, p. 379.
9. Clack C. D., Court E., Zapanuks D. Dynamic Coupling and Market Instability //arXiv preprint arXiv:2005.13621. 2020.
10. Aloud M. et al. Modeling the High-Frequency FX Market: An Agent-Based Approach //Computational Intelligence. 2017. 33 (4). Pp. 771-825.
11. Rand W., Stummer C. Agent-based modeling of new product market diffusion: an overview of strengths and criticisms // Annals of Operations Research. 2021. 305 (1-2). Pp. 425-447.
12. Омран III. Оценка волатильности на российском рынке акций: эмпирический анализ // Банковские услуги. 2020. № 6. С. 21–26.
13. King M. A. and Wadhvani S. Transmission of volatility between stock markets. Review of Financial Studies, vol. 3, no. 1, pp. 5–33, 1990.
14. Gao K. et al. High-frequency financial market simulation and flash crash scenarios analysis: an agent-based modelling approach // arXiv preprint arXiv:2208.13654. 2022.
15. Zhou W., Zhong G. Y., Li J. C. Stability of financial market driven by information delay and liquidity in delay agent-based model // Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications. 2022. 600. Pp. 127-526.
16. Peress J., Schmidt D. Glued to the TV: Distracted noise traders and stock market liquidity // The Journal of Finance. 2020. 75 (2). Pp. 1083-1133.

References

1. Gerasimova E., Yavorsky R. *Modelirovanie testovykh stsensariiev povedeniya uchastnikov birzhevoi trgovli* [Modeling of test scenarios of behavior of participants in exchange trading]. *Instrumenty i metody analiza programm : Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya* [Proc. International Scientific and Practical Conference: Tools and Methods of Program Analysis]. Kostroma, 2014 (in Russ.).
2. Chernyshev S.A. [Classification of general design patterns of multi-agent systems]. *Software products and systems*. 2022. Vol. 35, no. 4. Pp. 670-679 (in Russ.).
3. Court E. The instability of market-making algorithm – an agent based simulation in Miranda. MEng dissertation, Dept. Computer Science, UCL, 2013. 97 p.
4. McGroarty F. et al. High frequency trading strategies, market fragility and price spikes: an agent based model perspective. In *Annals of Operations Research*. 2019. Vol. 282. Pp. 217-244.
5. Mandel A., Veetil V. The economic cost of COVID lockdowns: an out-of-equilibrium analysis. In *Economics of Disasters and Climate Change*. 2020. 4. Pp. 431-451.
6. Giglio S. et al. Inside the mind of a stock market crash. National Bureau of Economic Research, 2020. No. w27272.
7. Oriol N., Velyzhenko I. Market structure or traders' behavior? A multi agent model to assess flash crash phenomena and their regulation. In *Quantitative Finance*. 2019. 19. Pp. 1075-1092.
8. Walter C. Les martingales sur les marchés financiers, *Revue de Synthèse*, 2006, vol. 127, no 2, p. 379.
9. Clack C.D., Court E., Zapanuks D. Dynamic Coupling and Market Instability //arXiv preprint arXiv:2005.13621. 2020.
10. Aloud M. et al. Modeling the High-Frequency FX Market: An Agent-Based Approach //Computational Intelligence. 2017. 33. Pp. 771-825.
11. Rand W., Stummer C. Agent-based modeling of new product market diffusion: an overview of strengths and criticisms. In *Annals of Operations Research*. 2021. 305(1-2) pp. 425-447.
12. Omran Sh. [Assessment of volatility in the Russian stock market: an empirical analysis]. *Banking services*. 2020. No. 6. Pp. 21-26 (in Russ.).
13. King M.A. and Wadhvani S. Transmission of volatility between stock markets, *Review of Financial Studies*, vol. 3, no. 1, pp. 5-33, 1990.
14. Gao K. et al. High-frequency financial market simulation and flash crash scenarios analysis: an agent-based modelling approach // arXiv preprint arXiv:2208.13654. 2022.
15. Zhou W., Zhong G.Y., Li J.C. Stability of financial market driven by information delay and liquidity in delay agent-based model. In *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*. 2022. 600. Pp. 127-526.
16. Peress J., Schmidt D. Glued to the TV: Distracted noise traders and stock market liquidity. In *The Journal of Finance*. 2020. 75. Pp. 1083-1133.

Simulation Modeling of Information Transfer Between Stock Exchanges Based on a Multi-Agent Model

R. V. Faizullin, PhD in Economics, Associate Professor, Department of Information Technologies in Public Administration, MIREA - Russian Technological University, Moscow, Russia

P. P. Lukyanchenko, Senior Lecturer, Faculty of Computer Science, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

The article substantiates the relevance of solving the problem of stock exchange modeling as an information system accumulating the orders of market participants and executing them. The object of the study is the process of information transfer between stock exchanges. The subject of the study is the use of simulation multi-agent model to study the process of information transfer between stock exchanges. The paper analyzes the possibilities of building a simulation model to analyze rare phenomena in the financial market using a multiagent approach. It is substantiated that this approach allows taking into account those features of complex dynamic systems, for which either no effective analytical approaches have been developed or it is impossible to conduct the necessary numerical experiments. The proposed logic of the market simulator is based on the allocation of certain trader classes, that may differ in the logic of making their decisions on the stock exchange, for this purpose the scheme of agent interaction in the model of the stock exchange is described. On the example of modeling the information transmission and market shocks between markets the possibilities of the proposed simulator are studied. The use of the proposed model in practice allows us to analyze rare phenomena occurring on the stock exchange, which cannot be described analytically, but their recreation by means of the simulation model will allow us to study them. The study of rare phenomena on the stock exchange with the help of simulation modeling allows to obtain different variants of the results of the phenomena at different sets of parameters of the model (agents), i.e. to carry out parameter.

Keywords: multi-agent modeling, simulation modeling, stock exchange, stock market, agent-based modeling, market simulator, market shock, information shock.

Получено: 08.09.23

Образец цитирования

Файзуллин Р. В., Лукьянченко П. П. Имитационное моделирование передачи информации между биржами на основе мультиагентной модели // Интеллектуальные системы в производстве. 2023. Т. 21, № 4. С. 88–94. DOI: 10.22213/2410-9304-2023-4-88-94.

For Citation

Faizullin R.V., Lukyanchenko P.P. [Simulation Modeling of Information Transfer Between Stock Exchanges Based on a Multi-Agent Model]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2023, vol. 21, no. 4, pp. 88-94. DOI: 10.22213/2410-9304-2023-4-88-94.