

ВЛИЯНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ТРЕЙДЕРОВ НА ПРОЦЕСС ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ НА ИСКУССТВЕННОМ РЫНКЕ ЦЕННЫХ БУМАГ

Федеряков А. С.

(Российская экономическая академия
им. Г.В. Плеханова, Москва)

Рассматривается имитационная модель рынка ценных бумаг. В рамках неё изучается влияние фундаментальных трейдеров на динамику изменения котировок акций. Описывается практическое применение модели в составе системы поддержки принятия решения трейдерами.

Ключевые слова: рынок ценных бумаг, имитационная модель, фундаментальные трейдеры, мультиагентная система.

Введение

Традиционно исследование рынка ценных бумаг проводилось с использованием аналитических, математических, статистических и поведенческих моделей [3]. Подобные подходы дают неплохие результаты, позволяя получать котировки, похожие на реальные. В них можно выделить те же фигуры и закономерности, что и в реальных рядах [7]. Однако некоторые экономические и статистические показатели, например распределение курса акций и показатель Хёрста, всегда выдавали эти модели. По ним было явно заметно, что получающиеся показатели являются искусственными и не могут характеризовать реальный рынок [9]. Ещё одна проблема при применении подобных моделей на практике заключается в недостаточной гибкости. Например, число различных типов агентов обычно не больше трёх, а все параметры (например, начальный капитал, предпочтения и т.п.) задаются одинаковыми для всех трейдеров

на начальном этапе. Всё это, в итоге, отрицательно сказывается на результатах работы подобных моделей.

От многих вышеперечисленных недостатков классических методов моделирования можно избавиться, применяя при проектировании системы мультиагентный подход. Также как и в поведенческих моделях, он позволяет учитывать психологические особенности принятия решений трейдерами. В то же время он позволяет индивидуально задавать параметры для каждого отдельного трейдера и никак не ограничивает общее количество различных участников рынка. Поведенческие модели, как и математические, описывают мир через формулы, которые применяются к группам агентов. Мультиагентные системы описывают мир через алгоритмы и стратегии принятия решений, которые применяются каждым агентом индивидуально. Это можно сравнить с созданием виртуального мира, в котором каждый участник руководствуется собственными стратегиями поведения, а результат в итоге может получиться одновременно красивый и непредсказуемый [1].

Пожалуй, самой известной мультиагентной моделью рынка ценных бумаг является Santa Fe, созданная LeBaron B., Palmer R. (и др.) в 1989 году. Она не была первой в своём классе: например, модель Cohen, Maier, Schwartz и Whitcomb (1983) изучала влияние шумовых трейдеров на различные аспекты рынка, модель Kim и Markowitz (1989) исследовала примитивные стратегии принятия решения. Но благодаря своей гибкости и логичности модель Santa Fe быстро стала популярной в научном сообществе и впоследствии породила множество ответвлений.

В рамках данной модели структура рынка довольно простая. На рынке существует N агентов (обычно 50-100) и только одна акция. Время дискретно и в конце каждого периода (тика) всем акционерам выплачиваются дивиденды. Особенностью этих моделей является так называемая «волновая модель обновления». Это значит, что каждый тик система собирает запросы от всех участников рынка. После этого она находит совокупный спрос и совокупное предложение, ищет пересечение этих кривых и все сделки заключаются только по этой цене. Таким

образом, подобная модель является чем-то средним между математической и мультиагентной моделями. В реальном мире все трейдеры посылают запросы не одновременно, а последовательно; сделки между трейдерами осуществляются по цене, которую называют оба трейдера.

Впоследствии появились несколько других моделей, основанных на Santa Fe: например Beltratti and Margarita в 1992г.; Marengo and Tordjman в 1995г.; Rieck в 1994г.; Simone Giansante в 2000г; Yue W. в 2001г [10].

В 1999-2001г. В. Lebaron (один из оригинальных авторов модели Santa Fe) обновил архитектуру виртуального рынка и выпустил ряд статей на эту тему [4]. К стандартной модели добавилось то, что в каждый момент агенты выбирают между банком (гарантированный доход, малый риск) и рынком (большой риск, возможность высокого дохода). Это интересный подход, однако, в реальном мире люди так не поступают. Люди, приходящие на рынок ценных бумаг, либо стремятся заработать на нём, спекулируя на ценах различных акций, либо делают долгосрочные инвестиции. Также в одном из экспериментов рассказывалось об эффекте иррационального поведения трейдеров. Когда агенты вели себя как можно рациональнее, курс акций оставался долгое время на одном и том же уровне, на рынке была относительная стабильность. Но когда агенты начинали рисковать и вести себя нерационально, виртуальный рынок стал более похож на реальный.

Ещё одной моделью является GASM (Genoa Artificial Stock Market), которую ввели Michele Marchesi и Marco Raberto в 2000 году [8]. В отличие от модели Santa Fe, запросы и транзакции являются автономными объектами, как в реальной жизни. Однако, система продолжает быть очень примитивной: в ней только 18 классов, описывающих виртуальный мир (в разработанной мной модели больше 130 классов). Также упрощена модель принятия решения: теперь у всех трейдеров одинаковая стратегия принятия решения, согласно которой они размещают запросы на покупку и продажу акций в произвольное время. Время также дискретное. Нет такого понятия, как время действия

ордера: маркет-мейкер находит совпадения между имеющимися ордерами, и просто отбрасывает те, для которых не найдены совпадения. Также маркет-мейкер «идеализирован»: он обладает неограниченными запасами денежных средств и акций, чтобы покрывать запросы трейдеров, согласных с его ценой.

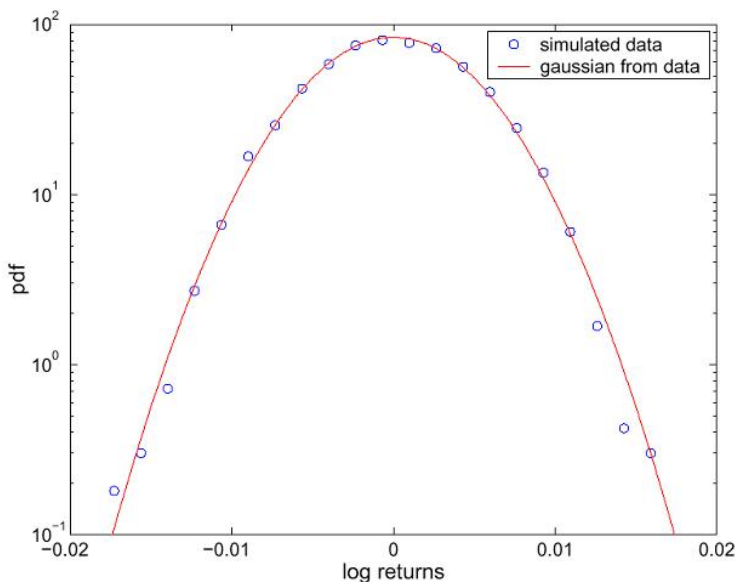


Рис. 1. Распределение дневных доходов трейдеров в модели GASM

В результате, в данной модели график изменения дневных доходов выглядит достаточно реалистично, но его распределение – это стандартное нормальное распределение (рис. 1), что говорит о неадекватности данной модели. Также в рамках данной модели был проведён эксперимент с использованием двух типов трейдеров одновременно: оптимистов и пессимистов. В данном случае распределение стало больше похоже на реальное, но все же в нём слишком толстые хвосты и нет характерного пика.

Несмотря на то, что данная задача рассматривалась в многочисленных статьях, в Интернете существует лишь несколько проектов, посвященных этой проблеме. Оригинально модель Santa Fe разрабатывалась под платформу Unix на языке C. Потом авторы портировали модель на платформу NeXT и язык C++. В 2002 году Paul E. Johnson перевёл весь исходный код под систему JASA, уже на языке программирования Java [6]. Michele Marchesi разработал свою модель GASM на языке SmallTalk, но так и не опубликовал исходные коды.

Так что на момент зарождения описанного в данной работе проекта «Financial Market Simulation» [5] (далее – FMS), модель Santa Fe под редакцией Paul E. Johnson (далее – проект ASM), была единственной, доступной в Интернете для публичного ознакомления. Вдобавок к традиционным недостаткам всех моделей класса Santa Fe (дискретное время, только одна акция, волновая модель обновления), были допущены другие ошибки:

- 1) Чрезмерно упрощена иерархия классов (например, рынок не отделён от мира, отсутствуют брокеры, ордера и т.п.), что сильно затрудняет расширение этой системы.
- 2) Программа поддерживает только один тип стратегии, в рамках которой при каждом обновлении трейдер выбирает между банком и рынком, что не соответствует реальному поведению людей на рынке.
- 3) Приложение не обладает необходимой гибкостью в настройке сценариев: все параметры задаются только при компиляции приложения.

Результаты взаимодействия агентов в ASM внешне выглядят достаточно правдоподобно, однако авторы данной модели не рассматривают распределение полученных временных рядов. Мой анализ показал, что распределение равномерное или нормальное, что свидетельствует о неадекватности использованного механизма ценообразования. В результате было принято решение создать свою собственную систему, имитирующую работу рынка ценных бумаг и избавленную от вышеперечисленных недостатков. Её особенностью по отношению к другим системам подобного класса стали:

- 1) Возможность добавлять различные типы трейдеров и изменять любые параметры системы без необходимости перескомпилировать приложение.
- 2) Более грамотная система классов – разделение понятий «мир» и «рынок», «индивидуум» и его «роль» в подсистеме, «трейдер» и «стратегия принятия решения».
- 3) Симуляция непрерывности времени (в отличие от строго дискретного времени других моделей) с чётким выделением рабочих часов, дней недели, праздников и т.п. Симуляция распределения трейдеров по различным часовым поясам планеты.
- 4) Использование системы сценариев и проектов, что позволяет сохранять в файл текущее состояние рынка.
- 5) Поддержка плагинов, имеющих полный доступ как к редакторам самого приложения, так и к виртуальному рынку. С помощью плагинов можно добавлять в приложение новые редакторы, связывать систему с внешними базами данных, внедрять новые стратегии принятия решений.
- 6) Встроенные средства анализа любых временных рядов (встроенных и генерируемых через скрипты) через систему классических статистических показателей.

С помощью разработанной системы на искусственном рынке ценных бумаг была проведена серия экспериментов, два из которых будут описаны в данной статье. Основная цель экспериментов – узнать, насколько влияют фундаментальные трейдеры на изменение котировок акций.

1. Кратко об архитектуре системы

В отличие от большинства моделей подобного класса, в данной системе центральным объектом является не рынок, а *мир*. Он управляет течением времени, общими настройками, классификаторами, новостями; также его населяют некие абстрактные участники. *Участник мира* – это экономический субъект, например, человек или компания. Рынок является одним из

участников мира, так что вполне возможно использовать несколько конкурирующих рынков в рамках одного эксперимента.

Время течёт дискретно с заданной периодичностью, при каждом «тике» мир посылает сигналы всем объектам и участникам. Как с этим временем распорядиться – решают сами участники. Так как периодичность обычно очень маленькая (обычно от одной секунды до одной минуты, в отличие от других моделей рынка, которые обновляют рынок раз в день), то создаётся эффект непрерывного течения времени.

Каждый участник мира может теоретически играть в нём несколько *ролей*. Например, трейдер может быть юридическим лицом, занимающимся индивидуальным предпринимательством, и одновременно он может заниматься спекуляцией на рынке ценных бумаг. Биржа не только занимается совершением сделок между трейдерами, но также является компанией, заинтересованной в максимизации прибыли. Стоит отметить, что во всех экспериментах считается, что у каждого участника только одна роль, возможность добавлять другие роли может понадобиться в будущем при моделировании процессов производства и потребления благ. Всего выделены четыре роли (рис. 2):

Трейдер (TFMTrader) совершает сделки на рынке через брокера, руководствуясь текущей стратегией принятия решения.

Брокер (TFMSBroker) является связующим звеном между рынком и трейдером. Он получает запросы от трейдеров, обрабатывает их и либо выполняет сам, либо перенаправляет их рынку.

Компания (TFMCompany) – ведёт экономическую деятельность, нанимает сотрудников, выпускает акции на рынок и выплачивает дивиденды владельцам акций. Компания хранит информацию о своём экономическом благосостоянии, ведёт бухгалтер, книгу доходов и расходов и т.п.

Рынок, биржа (TFMSMarket) – получает запросы от брокеров и находит совпадения между запросами на покупку и продажу акций. Для каждой пары совпадающих запросов она производит транзакцию.

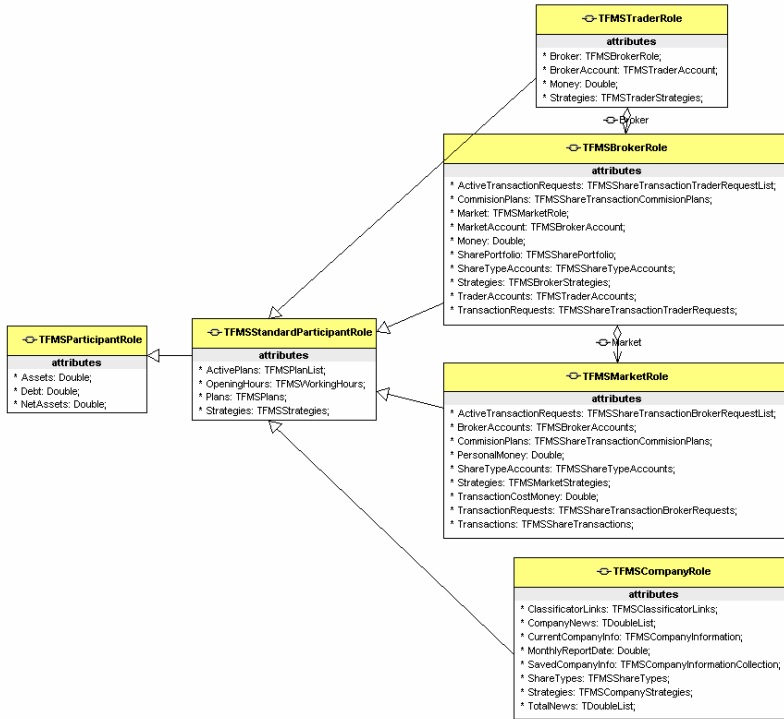


Рис. 2. UML диаграмма взаимосвязи ролей в системе

Роль задаёт только последовательность принятия решения экономическим субъектом. Непосредственно алгоритм принятия решения по каждому неоднозначному вопросу делегируется **стратегии принятия решения**. Участник рынка использует стратегию для имитации процесса мышления, у него есть возможность в реальном режиме времени оценивать эффективность применяемых им стратегий и выбирать ту, которая ему наиболее подходит в данной ситуации. Стоит отметить, что в рамках эксперимента, описанного в данной статье, каждый участник использует только одну стратегию принятия решения. Естественно, что каждая роль (трейдер, брокер, компания и рынок) имеет свой набор стратегий.

В нашем эксперименте используются три типа стратегий для роли трейдера:

Стратегия трейдера маркет-мейкера – её основное отличие от других стратегий заключается в том, что трейдеры, которые ею пользуются, одновременно покупают и продают одну и ту же акцию (цена продажи выше цены покупки). Таким образом, они зарабатывают на спреде, примерно так, как это делают пункты обмена валюты. Их предназначение в рамках системы – поддержание ликвидности рынка и регулировка цены. Если у них охотно покупают/продают по предлагаемой цене, то они плавно увеличивают спред, делая эту покупку/продажу не такой выгодной для трейдера. И наоборот, если у них плохо покупают/продают по их цене, то они вынуждены ухудшать для себя эту цену и соответственно улучшать для остальных трейдеров, чтобы у них хоть кто-то купил/продавал.

Стратегия трейдера новичка – в рамках этой стратегии трейдер случайным образом выбирает акции для покупки и продажи и, таким образом, создаёт «шум» в системе. Данная стратегия может использоваться для имитирования деятельности новичков на рынке ценных бумаг, а также как шаблон для добавления более продвинутых стратегий. При выборе цены, по которой он будет продавать / покупать акции, у него есть выбор: либо согласиться с ценой маркет-мейкера (bid, ask), либо самому назначить цену внутри спреда. В первом случае его ордер будет гарантировано исполнен, но по не самой лучшей цене. Во втором случае никто не может гарантировать, что ордер будет исполнен, но если повезёт – он будет исполнен по лучшей цене, чем предлагает маркет-мейкер. Какой вариант он выберет, зависит от его склонности к риску.

Стратегия фундаментального трейдера – в рамках этой стратегии трейдер считает, что у каждой акции есть некоторая «фундаментальная» цена, вокруг которой реальная цена может колебаться. По мнению этого трейдера, эта фундаментальная цена отражает истинное положение дел в компании и настоящую стоимость данной акции, в отличие от текущей, раздутой

или преуменьшенной цены акций. Таким образом, трейдер будет покупать акции, если реальная цена занижена по сравнению с фундаментальной, и продавать, если реальная цена выше фундаментальной. Для наглядности, фундаментальную цену трейдеры рассчитывают как стоимость всех активов компании делённую на количество выпущенных акций. Но её можно рассчитывать, используя и более сложные алгоритмы, например, учитывая тенденцию изменения цены за последнее время или принимая во внимание новости, связанные с деятельностью данной компании.

Если говорить об алгоритмах работы системы, то тут нет ничего нового – они все взяты из реальной жизни. Например, на рис. 3 показано «сердце» рынка ценных бумаг – система обработки запросов и транзакций. В виртуальном мире система обработки транзакций и принятия решения трейдерами являются упрощёнными вариантами соответствующих процессов в реальном мире.

Ценообразование также полностью взято из реального мира. Нет такого понятия, как просто «цена акции», есть множество цен: открытия / закрытия / последней сделки, минимальная / максимальная / средняя за какой-то период, а также бид / аск. В отличие от моделей Santa Fe, Genoa и других, не используется «волновая» модель обновления. Брокеры и рынок работают в режиме реального времени и постоянно принимают ордера от трейдеров. Каждый тик рынок пытается найти совпадения между запросами на покупку и продажу акций по наиболее выгодной для обеих сторон цене. Для каждого такого совпадения совершается транзакция, при которой портфель ценных бумаг меняет своего владельца.

Трейдеры обычно занимаются принятием решения о покупке / продаже акций несколько раз в день. Каждый виртуальный день трейдеры совершают тысячи транзакций, а объем торгов для системы из 500 трейдеров колеблется от 10 до 150 тыс. у.е. в день. Из статистики совершённых транзакций и берутся исходные данные для вышеперечисленных цен.



Рис. 3. Обработка запросов и транзакций

2. Критерии адекватности системы

Было разработано приложение, имитирующее работу рынка ценных бумаг. Чтобы выяснить, насколько модель соответствует реальному рынку, необходимо ввести критерии адекватности. В других работах на эту тему [4, 8, 10] внимание уделяется логичности и непротиворечивости полученных результатов, но не вводятся какие либо критерии. В рамках настоящей работы адекватность будет проверена двумя способами.

Во-первых, будет проведено сравнение различных статистических параметров, как относительных, так и абсолютных:

- 1) Соотношение количества акций, брокеров и трейдеров на рынке.
- 2) Количество транзакций в сутки. Размер спреда.

- 3) Внешнее сходство курса акций и объёма торгов. Наличие фигур: голова и плечи, линии поддержки и сопротивления, тройное дно, и др.
- 4) Внешнее сходство графика распределения различных курсов акций и объёма торгов.
- 5) Реакция рынка на позитивные и негативные новости.

Следует отметить, что в данной работе, говоря о распределении цен и объёмов торгов, будет иметься в виду распределение приращения. То есть для каждого исходного ряда x размером в n элементов необходимо создать новый ряд размером $(n - 1)$ элементов. В него для каждого i ($0 \leq i \leq n - 1$) необходимо поместить значения $(x[i + 1] - x[i])$. После этого нужно найти распределение получившегося ряда. Это стандартный способ анализа курсов валют и котировок акций. Иногда данный ряд ещё и логарифмируют, однако, вид распределения от этого не меняется, так что в рамках данной работы логарифмирование проводиться не будет.

Во-вторых, будет поставлен практический эксперимент, в котором виртуальный рынок ставится в соответствие с реальным на определённый промежуток времени, а потом сравниваются результаты их работы.

3. Участники рынка

Определим начальные параметры системы. Их можно посмотреть на табл. 1 (реальные данные на основе данных нью-йоркской и тайландской бирж).

Каждый трейдер может владеть не более чем двумя портфелями акций стоимостью от 2 тыс. до 4 тыс. у.е. каждый и имеет от 2 до 7 тыс. у.е. на счету у брокера. Также он имеет собственные запасы в размере от 500 до 5000 у.е. на непредвиденные расходы. Начальные параметры системы заданы таким образом, чтобы виртуальный рынок был как бы уменьшенной копией реального. Соблюдение определённых пропорций гарантирует, что получившийся виртуальный мир в экспериментах будет вести себя как реальный.

Таблица 1. Сравнение параметров реальных и виртуального рынков

| Параметр | Реальный мир | Виртуальный мир |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| Кол-во акций на рынок | 500...2000 (в среднем 1000) | 10 |
| Брокеров на рынке | 20...1500 (в среднем 100) | 5 |
| Трейдеров (на 1 брокера) | 10-50 тыс. (в среднем 15тыс.) | 100 |
| Трейдеров (всего) | в среднем 150 тыс. | 500 |
| Транзакции (всего / день) | 118 тыс ... 8млд. | 1 000 |
| Транзакции (на 1 акцию / день) | 1-100 тыс. (в среднем 1тыс.) | 100 |
| Транзакции (на 1 трейдера/день) | 0.1-10 (в среднем 2) | 2 |

Эксперимент основан на демонстрационном проекте «FundamentalTradersExperiment.fmp», который поставляется вместе с основным приложением [5]. В данном эксперименте на рынке находятся два маркет-мейкера и 50 трейдеров-новичков и 450 фундаментальных трейдеров. Стратегия фундаментальных трейдеров была разобрана в разделе про архитектуру системы. Напомним, что их основное предназначение в рамках системы – следование за некоторой фундаментальной ценой. Система была настроена на то, чтобы компания сначала увеличивала свои активы, потом резко теряла, потом снова увеличивала. Соответственно, должна была изменяться фундаментальная цена, на которую ориентировались фундаментальные трейдеры.

В данной ситуации мы ожидаем, что фундаментальные трейдеры будут влиять на ценообразование, то есть реальная цена акций тоже сначала будет падать, потом возрастет. Также мы ожидаем правдоподобных графиков изменения цены и объема торгов, а также их распределений.

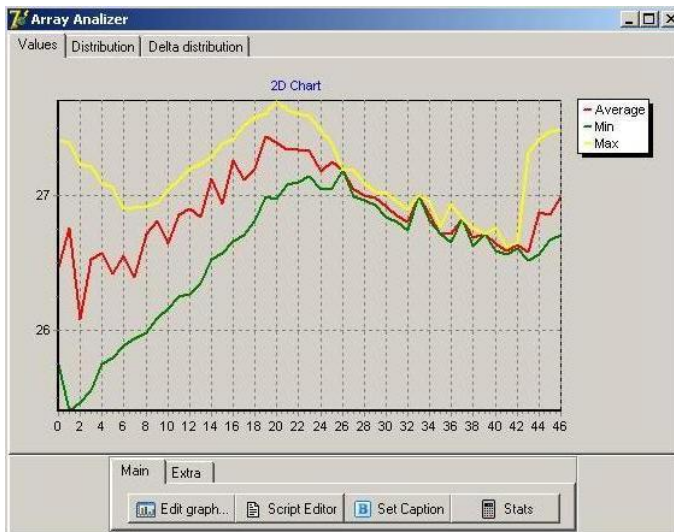


Рис. 4. Графики изменения минимальной, максимальной и средней цены акции

4. Результат эксперимента

На рис. 4 мы видим, как менялась цена акции на рынке. Сначала цена умеренно растёт, потом примерно этим же темпом падает и в конце снова растёт. В целом, это соответствует нашим ожиданиям, т.е. рынок следовал за фундаментальной ценой. Колебания реальной цены на рынке были не такими резкими, как колебания фундаментальной цены. Как мы видим, рыночная цена оказалась более инертной по сравнению с фундаментальной ценой. Это можно объяснить как несовершенством алгоритма работы маркет-мейкеров, так и наличием трейдеров-новичков, которым всё равно, по какой цене покупать и продавать акции.

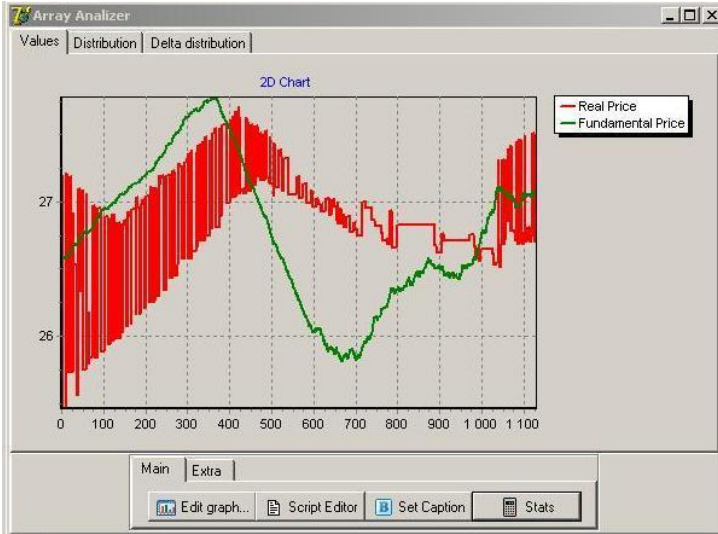


Рис. 5. Графики изменения цены последней сделки и фундаментальной цены

На рис. 5 одновременно изображены фундаментальная цена и цена последней сделки (чтобы наглядно оценить спрэд). На нём заметно существенное сокращение спрэда после того, как фундаментальная цена стала меньше рыночной. Как только фундаментальная цена стала вновь больше рыночной, спрэд резко увеличился. Это объясняется отсутствием поддержки коротких ордеров в системе. То есть в реальном мире трейдер может взять у брокера акции взаймы с обязательством потом их выкупить, если он уверен в том, что цена упадёт. Он продаёт эти взятые в аренду акции, выжидает некоторое время, а потом выкупает их обратно. Таким образом, на реальном рынке нет резких колебаний объема торгов и трейдеры оказывают более существенное влияние на процесс снижения цены.

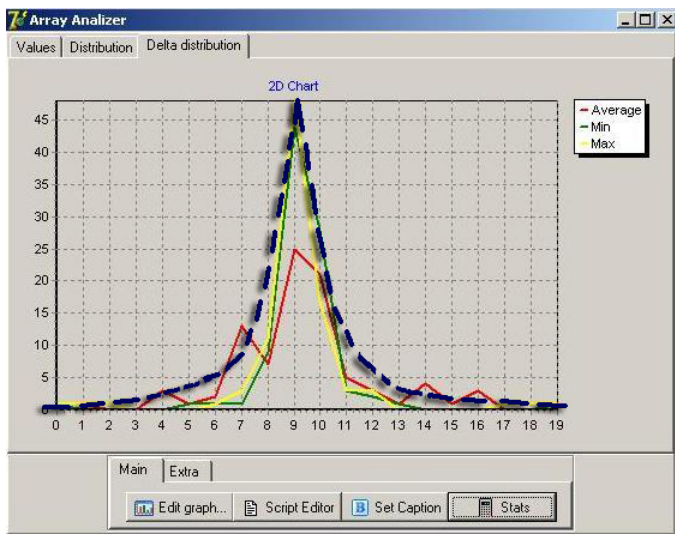


Рис. 6. График распределения средней, минимальной и максимальной цен. Пунктирная линия – график распределения на реальных рынках

На данный момент программа такие операции не поддерживает, так что единственным способом влияния на цену акции при падении фундаментальной цены является простой отказ от её покупки. Как мы видим из графиков (рис. 5), этот механизм не очень хорошо работает, то есть цена падает не так быстро, как до этого росла. Однако, другие существующие модели рынка (математические, поведенческие и т.п.) вообще не рассматривают спрэд и не имеют механизмов его прогнозирования, так что в этом плане этот результат лучше вообще никакого.

Распределение цены акции (рис. 6) практически совпадает с распределениями на реальных рынках. Немного смущает слишком низкий пик у средней цены. Причины этого объяснить пока не удалось. Почти равномерное распределение фундаментальной цены – ожидаемый результат, так как фундаментальная цена берётся напрямую из активов компании, которые меняются во

времени по простому алгоритму, использующему генератор псевдослучайных чисел с равномерным распределением.

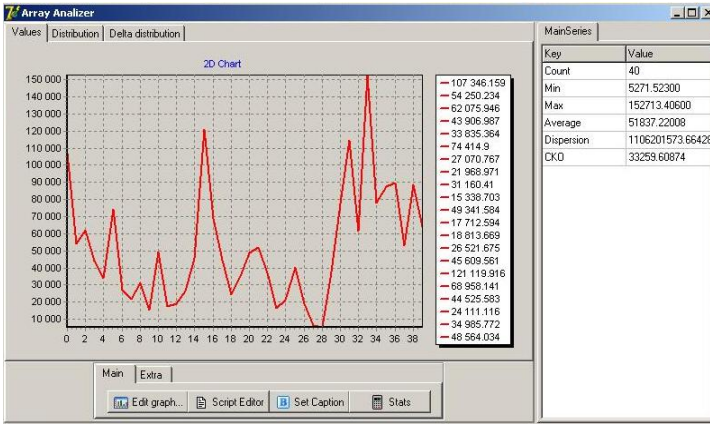
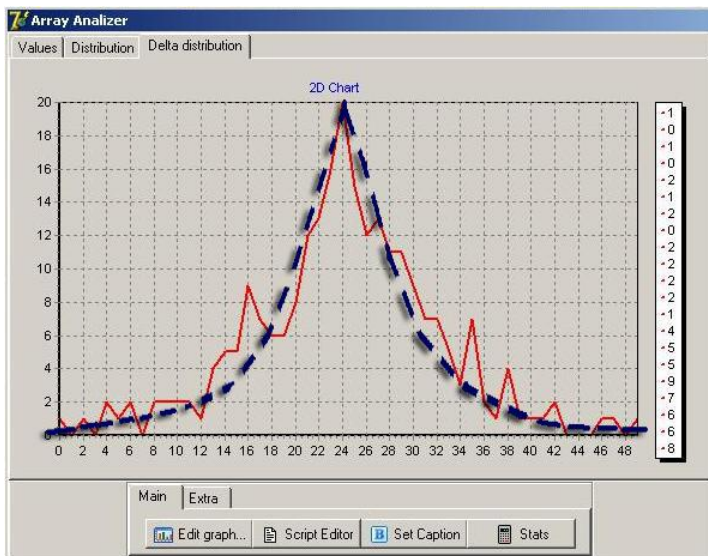


Рис. 7. График изменения объёма торговли

График изменения объёма торговли (рис. 7) вполне соответствует ожиданиям. Он начинается на высоком уровне, так как фундаментальная цена практически сразу начинает расти. Эта тенденция затухает и затем сменяется резким пиком – трейдеры все сразу избавляются от бесперспективной акции. Далее торговля идёт вяло, пока акция вновь не становится привлекательной и трейдеры не «набрасываются» на неё. График распределения объёма торговли (рис. 8) выглядит просто идеально – он практически повторяет график распределения на реальных рынках ценных бумаг.



*Рис. 8. График распределения объема торговли.
(Пунктирная линия – график распределения
на реальных рынках ценных бумаг)*

Эксперимент прошёл достаточно успешно. Как и ожидалось, фундаментальные трейдеры действительно оказывают влияние на процесс ценообразования. Это происходит не потому, что итоговый курс каким-то образом рассчитывается из фундаментальной цены. В мультиагентной системе цена акции берётся из цены последней транзакции, а сами транзакции являются результатом взаимодействия между агентами.

Но самое интересное в этом эксперименте то, что вместо данного метода расчёта фундаментальной цены можно было взять любой другой, например, не учитывать краткосрочные обязательства компании. И трейдеры будут следовать за совершенно другой ценой. Таким образом, данная модель частично опровергает гипотезу об эффективности рынка. Согласно ей, в рыночной цене отражена вся публичная информация о деятельности компании. В данной же модели рыночная цена отражает

не реальную цену, а представления трейдеров о том, какой эта цена должна быть, их расчёты, страхи, надежды.

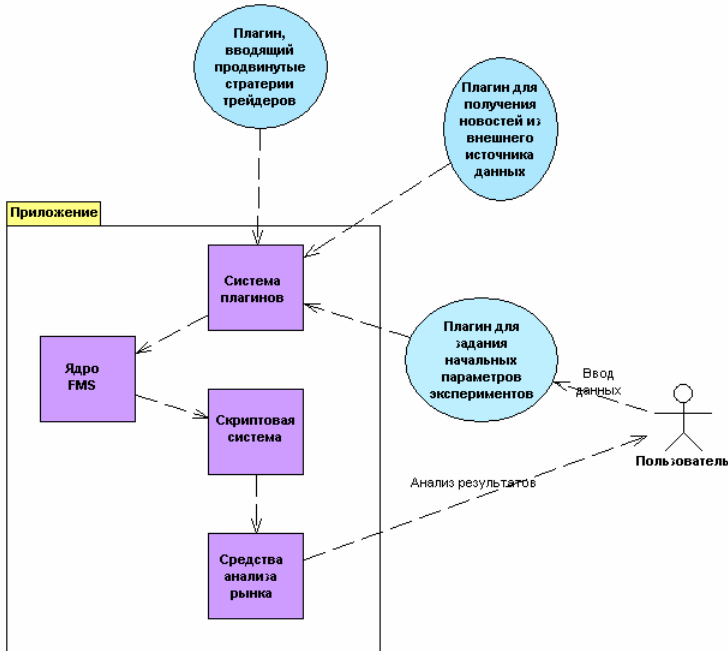


Рис. 9. Основные подсистемы приложения и их связь с плагинами и конечным пользователем

5. Практическое применение

С февраля 2008 года ведутся работы по внедрению написанной программы в систему поддержки принятия решения трейдерами. Это стало возможным благодаря тому, что приложение поддерживает систему плагинов. С помощью них можно вводить в систему новые типы трейдеров и использовать более реалистичные алгоритмы принятия решений, не меняя исходного кода основного приложения. Также можно добавлять новые

редакторы, например, для более удобного ввода начальных параметров.

На рис. 9 представлена схема архитектуры получившейся системы. Ядро приложения так и осталось с открытым исходным кодом, в то время как плагины писались под заказ и используются только внутри организации. Вот краткое их описание:

- **Плагин, вводящий продвинутые стратегии трейдеров.** Улучшен алгоритм фундаментального трейдера, который теперь в большей степени ориентируется на новости, чем на активы компании. Добавлены новые типы трейдеров: *инсайдер*, владеющий большими активами и знающий будущие новости, *инертный трейдер*, который играет на среднесрочных взлётах и падениях курсов, *шумовой трейдер*, который ориентируется на краткосрочные дневные колебания цен. В результате, система стала ещё более точно прогнозировать изменения котировок акций.
- **Плагин для получения новостей из внешнего источника данных.** С помощью него система связана с базой данных, содержащей оценки реальных новостей (рис. 10). Эта база данных является частью системы, предназначение которой – дать максимально точные оценки реальных новостей и их влияния на акции отдельных компаний. Она пополняется новостями в реальном режиме времени из специального информационного ресурса (внешний сервис по отношению к ней). Все новости проходят систему автоматизированной оценки. Для особо важных новостей или тех, которые система не может сама точно оценить, к работе подключаются эксперты, которые вырабатывают свои оценки данным событиям.
- **Плагин для задания начальных параметров экспериментов.** В приложении задавать начальные параметры можно только через редактор скриптов, что не очень удобно. С помощью этого плагина все параметры можно задавать в визуальном режиме.

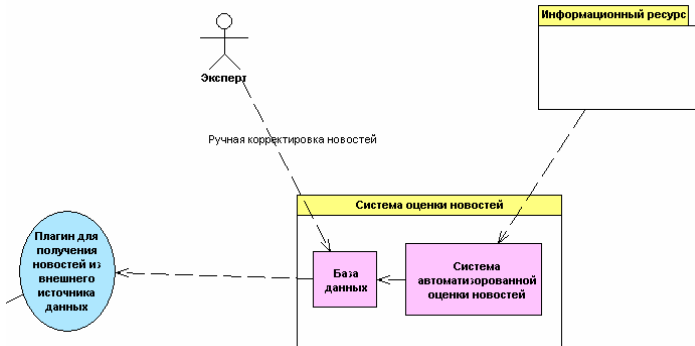


Рис. 10. Система оценки новостей и её связь с приложением

Результаты работы системы оказались неоднозначными. В среднесрочной перспективе прогнозы совпадали с прогнозами экспертов или были чуть хуже их. Эти прогнозы примерно в 90% случаев сбывались. Совпадения объясняются большой ролью фундаментальных трейдеров и тем фактом, что новости одинаково оценивались виртуальными трейдерами, реальными трейдерами и экспертами. В краткосрочной перспективе эксперты были заметно точнее, чем прогнозы с помощью программы; это притом, что эксперты не специализируются на таких прогнозах из-за их низкой рентабельности и больших трудозатрат. Неудачи программы можно объяснить, тем, что в сценариях не используются стратегии, в которых учитывают многочисленные особенности дейтрейдинга.

Есть и некоторые положительные результаты. Например, система сумела достаточно точно спрогнозировать последствия обвала 17 марта 2008 года. В тот день продажа крупного американского инвестиционного банка Bear Stearns вызвала резкое падение индексов на мировых рынках. Банк JP Morgan, который купил Bear Stearns, заплатил за одну акцию инвестбанка всего 2 долл, что в 15 раз меньше курсовой стоимости бумаг Bear Stearns. В результате этого 17 марта, после начала торгов, лондонский индекс FTSE 100 опустился на 2,2%, немецкий индекс DAX потерял 1,41%. Падение индексов на азиатских биржах

было ещё более значительным: японский Nikkei упал на 3,5%, гонконгский Hang Seng - на 5,2% [2].



Рис. 11. Сравнение прогнозов экспертов, расчётов программы и реальной цены для Citigroup Inc

Эксперимент проводился 17 марта после опубликования новости о продаже. Днём эксперты сделали свой прогноз для нескольких крупных мировых банков, включая Bank of America, Bank of New York, Citigroup, UBS AG. Одновременно для тех же банков прогноз дала и разработанная система. На рис. 11 показано сравнение прогнозов экспертов, расчётов программы и реальной цены для Citigroup Inc. Как мы видим, программа смогла более точно рассчитать первоначальное падение цены и последующее её восстановление. Для других акций была похожая ситуация.

Стоит заметить, что эксперты со временем корректировали свои прогнозы, и в краткосрочном периоде (до одного дня) они были всегда точнее программы. Причина этого эффекта была описана чуть выше. Но в среднесрочных прогнозах программа

часто даёт более точные результаты. Из-за этих противоречий в повседневной деятельности программа пока что не смогла заменить опыт экспертов и автоматизировать процесс покупки-продажи акций. Но она уже реально используется как один из инструментов поддержки принятия решения трейдерами.

6. Выводы

В результате проведённых экспериментов было достигнуто несколько результатов. Во-первых, было доказано, что мультиагентные модели являются более точными по сравнению с математическим. Ни одна математическая модель не сумела добиться таких правдоподобных результатов. Во-вторых, из всех имеющихся мультиагентных моделей рынка ценных бумаг эта оказалась наиболее адекватной, это подтверждают множественные статистические показатели, в том числе, и график распределения.

Также в результате серии экспериментов было установлено, что наиболее реалистичные результаты получаются тогда, когда количество фундаментальных трейдеров составляет 70-90% от всех трейдеров. Это доказывает, что именно они, а не спекулянты, оказывают решающее влияние на процесс ценообразования на реальных рынках.

Добившись реалистичного поведения виртуального рынка мы научились более точно понимать и прогнозировать процессы, происходящие на реальном рынке. В результате данное приложение уже используется как ядро для системы поддержки принятия решения трейдерами.

Литература

1. *Мультиагентные технологии* // <http://www.kg.ru/technology/multiagent/>
2. *Продажа инвестбанка Bear Stearns спровоцировала обвал мировых фондовых рынков* // <http://rus.newsru.ua/finance/17mar2008/bear.html>

3. ЧЕСКИДОВ Б. М. *Модели рынков ценных бумаг*. – СПб: Питер, 2005. – 416 с.
4. ARTHUR B.W, LEBARON B., PALMER R. *The time series properties of an artificial stock market* // Journal of Economic Dynamics and Control. 1999. № 23. P. 1487-1516.
5. FEDERYAKOV A. *Financial Market Simulation* // <http://fimas.sourceforge.net>
6. JOHNSON P. *Artificial Stock Market* // <http://artstkmkt.sf.net>
7. LI H., ROSSER B. J. JR. *Emergent volatility in asset markets with heterogeneous agents* // Discrete Dynamics in Nature and Society. 2001. № 6. Issue 3. P. 171-180.
8. RABERTO M., CINCOTTI S., FOCARDI S.M., MARCHESI M. *Agent-based simulation of a financial market* // Physica A. 2001. Volume 299. No. 1-2. P. 320-328.
9. ROMANOV V., NALETOVA O., PANTILEEVA E., FEDERYAKOV A. *The simulation of news and insiders' influence on stock-market prices dynamics in non-linear model* // in Costantino M., Brebbia C. A. *Computational Finance and its Applications II*. – Ashurst Southampton, UK : WIT Press, 2006 – 448 p.
10. YUE W. T., CHATURVEDI A. R., MEHTA S. *Is more information better? The effect of traders' irrational behavior on an artificial stock market* // International Conference on Information Systems. Atlanta, GA, USA: Association for Information Systems, 2001. P. 660 - 666.

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии М.В. Губко.*