

## ИММИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОТИРОВОК ТОРГОВЫХ АКТИВОВ

И.В. Ананченко, А.А. Мусаев, (Санкт-Петербург)

Торговля на рынке Forex связана с высокими рисками, обусловленными поведением рынка, которое достаточно трудно прогнозировать. Различают несколько участков типовой структуры хаотической динамики наблюдаемого процесса: скачкообразного роста или падения котировок. Процесс крайне быстротечен и обладает: 1. Большим динамическим диапазоном и незначительным разбросом относительно аппроксимирующего линейного тренда; 2. Присутствуют зоны быстрого роста или падения котировок с существенными коррекциями, образующими значимые пилообразные флуктуации противоположного направления. Процесс обладает большим динамическим диапазоном и большим рассеянием относительно аппроксимирующего линейного тренда; 3. Процессы с горизонтальным линейным трендом могут существенно различаться по амплитуде разброса и частоте пересечения линии аппроксимирующего среднего; 4. Зоны быстрого роста или падения котировок с несущественными коррекциями, образующими аддитивные флуктуации, процесс обладает большим динамическим диапазоном и небольшим рассеянием относительно аппроксимирующего линейного тренда; 5. Зоны относительно медленного роста или падения котировок.

В силу относительно слабой связи текущих котировок с реальной стоимостью активов, динамика их изменения приобрела вид нестационарных недифференцируемых процессов, отражающих быстро изменяющееся мнение рыночных спекулянтов под влиянием нерегулярного потока финансовых, экономических, политических и иных новостей. Рассматривая модели поведения рынка можно говорить о детерминированном хаосе, под которым обычно понимают явление параметрической неустойчивости, возникающее в открытых нелинейных системах. Соответствующие модели описаны в трудах А. Пуанкаре, посвященных решению систем нелинейных уравнений и возникающих в них бифуркационных явлениях. Можно моделировать поведение рынка и выполнять оценку изменений, оценивая модель объекта анализа рынка как алгебраическую структуру  $S = \{u, x, y\}$ , в которой текущее состояние рынка описывается вектором  $x_{\langle 1:m \rangle} = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ , входные – воздействия (в том числе управления и возмущения) – вектором  $u_{\langle 1:c \rangle} = (u_1, u_1, \dots, u_c)^T$ , выходные – вектором  $y_{\langle 1:d \rangle} = (y_1, y_1, \dots, y_d)^T$ . Объекта анализа погружен в среду  $M$  (*media*), с которой он находится в непрерывном или дискретном взаимодействии, данная среда является активной, неоднородной и нестационарной. Новости значительно влияют на динамику котировок, образуют нестационарную временную последовательность. В промежутках между новостями рынок сохраняет относительно нестабильную тенденцию с наложенной на нее аддитивной гетерогенной статистической компонентой. Поток новостей можно разделить на три типа. Малосущественные новости, способные скачкообразно, в течение небольшого интервала времени изменить динамику наблюдаемого процесса, по истечению которого восстанавливается имевшая место тенденция. Существенные новости, способные значимо изменить тенденцию на достаточно большой период в несколько дней или недель. Важные новости, осуществляющие радикальный перелом долгосрочного тренда и определяющие его общую динамику на недели или месяцы. Апостериорный анализ графиков котировок указывает на то, что если не сам процесс изменения котировок, то хотя бы его статистическая структура может сохраняться в течение достаточно существенного интервала времени [1]. В рамках какой-либо идентифицированной структуры практически всегда можно построить эффективную страте-

гию управления активами. При использовании последовательной параметрической идентификации нескольких трендов с дискретом наблюдений в одну минуту объем вычислений оказывается настолько большим, что существенно увеличивает время вычислений даже для современного уровня производительности персональных компьютеров.

В ходе выполнения исследований была разработана программа, используемая для сбора, обработки котировок, поддерживаются функции имитационного моделирования, когда на собранные последовательности данных могут накладываться дополнительные возмущающие воздействия, моделирующие выход новостей разного типа. На программную разработку получено свидетельство о регистрации электронного ресурса в ОФЕРНИО «Программный комплекс POLIGON<sup>№</sup> хранения и обработки данных биржевых котировок» (№ 18946 Ананченко И.В., Тропников Е.А.).

Для ускорения вычислений предлагается использовать схемы последовательной фильтрации (различные варианты скользящих средних, фильтр Калмана, фильтр с конечной памятью и т.п.), например, использовался экспоненциальный фильтр вида  $\hat{x}(t) = \alpha x(t) + \beta \hat{x}(t-1)$ , где  $\alpha$  – коэффициент сглаживания,  $\alpha \in [0, 1]$ ,  $\beta = 1 - \alpha$ .

Начальный этап анализа состоит в формализованном количественном анализе состояния всего сегмента рынка, включающего изучаемый актив, а также иных факторов среды взаимодействия, влияющих на состояние этого сегмента и допускающих мониторинг своих количественных характеристик. Результаты данного анализа должны служить основой для выбора или автоматизированной генерации стратегии прогностического управления, используемой в течение некоторого интервала времени. Этап анализа структуры многомерного хаотического процесса должен осуществляться непрерывно, выдавая упреждающие указания на необходимость смены стратегии управления. Для решения задачи идентификации структуры протекающих процессов могут быть использованы различные показатели (в том числе и параметры трендов). Формализованный анализ качества показателей в условиях нестационарной динамики крайне сложен, числовые примеры не гарантируют их эффективность на всем многообразии ситуаций, характерных для статистического хаоса. Однако данный подход обладает определенной конструктивностью, требуя дальнейших, более глубоких, исследований [2].

В процессе выполненного имитационного моделирования рассматривались ситуации внезапного и непрогнозируемого изменения курса, ситуации, связанные с работой других программ на счете. По результатам моделирования было разработано два варианта программного кода [3]. Один из них закрывает все торговые ордера при достижении максимального заданного уровня незафиксированной прибыли по всем ордерам, второй вариант программы закрывает все ордера, если достигнут максимально заданный уровень незафиксированного убытка по всем ордерам. Разработанная программа для торговли на рынке Forex показала хорошие результаты на демо и реальных счетах. Получено свидетельство о регистрации электронного ресурса в ОФЕРНИО «Программа Fx-Libra для торговли на рынке Форекс» (№ 18930. И.В.Ананченко, И.О.Тарасов).

### Заключение

Исследования показали возможность использования подходов имитационного моделирования для оценок изменения динамики котировок четырех основных состояний рынка Forex. Имитационное моделирование позволяет отказаться от использования больших объемов тиковых данных котировок за прошедшие десятилетия, ограничиваясь набором за несколько последних лет. Применение дополнительно в процессе моделирования разных типов возмущающих воздействий, накладываемых на ряд данных архивных котировок, позволяет моделировать большое число ситуаций, из которых, в первую очередь, интересны стресс-факторы, которые должны корректно обрабатываться торговой про-

граммой-роботом, чтобы не допустить серьезной просадки торгового депозита или полной его потери.

### Литература

1. Моделирование котировок торговых активов. Мусаев А.А. // Тр. СПИИРАН, 17 (2011), 5–32.
2. **Ананченко И.В., Мусаев А.А.** Математические и информационные технологии на рынке «Forex». Разработка и программирование автоматизированных торговых систем LAP Lambert Academic Publishing. – ISBN: 978-3-659-35325-3. – 2013.
3. **Ананченко И.В., Купченко А.** Разработка защищенных программ для торговой платформы MT4. Программы для торговли на Forex. LAP Lambert Academic Publishing. – ISBN: 978-3-659-32625-7. – 2013.