
МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО РЫНОЧНОГО АГЕНТА С НЕЛИНЕЙНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПОВЕДЕНИЯ

Подлипняк Иван Борисович,

аспирант экономического факультета Воронежского государственного университета; podlipnyak@econ.vsu.ru

В статье рассмотрен вариант адаптивной модели рыночного агента на фондовом рынке, в которой учитывается изменение его поведения, обусловленное состоянием открытой позиции, а также финансовой историей осуществленных этим агентом сделок.

Ключевые слова: адаптивная модель рыночного агента, сигмоидальная кривая, нелинейное модель эмоционального состояния.

Традиционно, модели экономических агентов на финансовых рынках представляются как рациональные юридические лица, способные выстраивать оптимальную инвестиционную политику на основании всей доступной рынку информации с целью максимизации прибыли.

Однако, гипотеза рациональных ожиданий не является поведенческой. Она не описывает то, как агенты воспринимают окружающую среду, как они обучаются, обрабатывают информацию и т.д. Она скорее аппроксимирует результат обучения и адаптации.

В психологической литературе стоит под сомнением идея формирования рациональных ожиданий на основании оптимального использования данных. В нестабильном экономическом мире часто возникают аномалии, которые трудно объяснить, не прибегая к психологии. Многие индивидуальные отклонения от "норм" рационального поведения имеют массовый, систематический характер и не устраняются законом больших чисел. Особенно много таких явлений отмечается в финансовой сфере, где, казалось бы, для этого меньше всего возможностей. Развитые финансовые рынки являются наиболее жесткими в смысле условий конкуренции. Однако именно на них психологические особенности поведения проявляются довольно ярко. Это отражается и подверженностью рынков веяниям финансовой "моды", и спонтанными сменами настроения инвесторов, и необоснованной верой в преимущества активных портфельных стратегий, избыточными объемами торговых сделок, и частичной предсказуемостью цен активов, и многими другими фактами. Для объяснения подобных феноменов исследователям все чаще

приходится обращаться к методам психологии. Несомненно, все это дает экономистам интересную информацию для размышлений и пересмотра некоторых устоявшихся взглядов. Уже появились серьезные экономические модели с (нейро)психологическим уклоном. В них предлагаются новые формальные конструкции, например переменная состояния сознания в функции полезности или взаимодействие когнитивных и автоматических/аффективных процессов принятия решений; изучаются такие специфические феномены, как аддиктивное потребление. Многочисленные отклонения и аномалии, определяющиеся психологией, были зарегистрированы на разных уровнях процесса принятия решений. В частности Даниэль Канеман и Амос Тверски описали множество отклонений от стандартной функции ожиданий.

В данной статье предлагается иррациональная модель, призванная показать поведение агента способного выстраивать верные аналитические суждения, но из-за ограниченности своего восприятия, в своих решениях руководится ожиданиями, основанными на уверенности в своих прогностических способностях.

Для имитационного моделирования была выбрана среда биржевой торговли. Это обусловлено большим количеством экономической информации и сильно выраженным психологическим аспектом в поведении биржевого игрока. Однако данный подход также может быть применен для описания других экономических систем. Теоретическим основанием модели являются экспериментальные данные, полученные учеными-бихевиаристами.

Экзогенными переменными биржевой системы выступают котировки и информационные потоки, они накладываются на эмоциональные переживания игроком своих выигрышей, потерь, и тем самым влияют на итоговое решение игрока.

Агент располагает в начале некоторым ресурсом акций и свободной денежной массы. Связь с внешним миром проявляется только через потоки котировок одного актива, или индикаторы технического анализа. Реакция на индикаторы включает накопленные значения уверенности.

Опишем модель.

Многослойная нейронная сеть агента прогнозирует динамику цен в ближайшем будущем на основании образа $A\{i_{11}, \dots, i_{1k}, \dots, i_{nk}\}$ сформированного индексами аналитического инструмента $I\{i_1, \dots, i_n\}$, составленного на основании технического анализа. При этом для описания образа A существует такая глубина погружения в прошлое k , которая обеспечивает однозначную зависимость значения ряда i_n от k его предыдущих значений. В соответствии с теоремой Такенса, глубина погружения k при описании образа, обеспечивающего однозначность зависимости последующих состояний от предыдущих, приблизительно равна эффективному числу степеней свободы данной динамической

системы. Изначально число степеней свободы неизвестно и определяется в процессе поиска оптимального соотношения показателей повторяемости и противоречивости образов на этапе обучения нейронной сети. Методы повышения повторяемости повышают противоречивость обучающей выборки. В свою очередь, методы снижения противоречивости снижают повторяемость, но в меньшей степени. Для повышения качества обучающей выборки в первую очередь применяются методы повышения повторяемости, а потом, если необходимо, методы снижения противоречивости.

На основании зависимости созданной аппроксимацией обученной нейронной сетью рыночной динамики $A' = f(A)$ формируется сигнал S знак которого соответствует росту или падению ожидаемой цены, а его модуль соответствует ожидаемой вероятности.

На следующем этапе происходит переоценка сигнала в соответствии с внутренними ожиданиями агента, относительно предыдущего опыта, и последующее решение задачи выбора действия.

$$e = f(s', p, v, a) \quad (1)$$

где S – сигнал полученной от нейронной сети; s' – сигнал преобразованный в соответствии с функцией ожиданий; p – цена; v – стоимость акций агента; a – свободная денежная масса агента; e – показатель эффективности.

В процессе агент осуществляет выбор между двумя функциями преобразования, на основании силы входящего сигнала, соответствующим двум возможным стратегиям поведения агента:

1. Игра на повышение. Данная стратегия выбирается при стремлении агента заработать на ожидаемом повышении цен на акции. Предполагается приобретение пакета акций, приводящее к соответствующему снижению свободных наличных средств на депозите.

$$\{s' | s'_n > s'_{n-1}\} \Rightarrow \begin{cases} v_{n+1} = |s'_n| \cdot a_n + \frac{p_n \cdot v_n}{p_{n-1}}, \\ a_{n+1} = a_n - |s'_n| \cdot a_n; \end{cases} \quad (2)$$

2. Игра на понижение. Данная стратегия выбирается при стремлении агента зафиксировать достигнутые результаты. Предполагается продажа пакета акций, приводящая к соответствующему увеличению свободных наличных средств на депозите.

$$\{s' | s'_n < s'_{n-1}\} \Rightarrow \begin{cases} v_{n+1} = \frac{p_n \cdot v_n}{p_{n-1}} - |s'_n| \cdot \frac{p_n \cdot v_n}{p_{n-1}}, \\ a_{n+1} = \frac{p_n \cdot v_n}{p_{n-1}} \cdot |s'_n| + a_n; \end{cases} \quad (3)$$

В зависимости от эффективности осуществляемых действий меняется функция ценности действий, усиливая входящий сигнал, тем самым стимулируя агента делать рискованные решения или ослабляя его, тем самым играя роль фильтра позволяя агенту воспринимать лишь более надежные сигналы:

$$e = \frac{(v_{n+1} + a_{n+1}) - (v_n + a_n)}{(v_n + a_n)} \quad (4)$$

Уверенность реализуется как накопление показателя эффективности (e) по предыдущим периодам, помноженное на вероятность реализации будущего сценария (s). Связь полученного значения и входного сигнала для исполняющего модуля агента осуществляется через сигмоидальную функцию, имитирующую склонность к риску или неприятие его, в соответствии показателю эффективности предыдущих решений.

$$s' = \frac{2}{1 + \exp(-s \cdot e)} - 1, \quad (5)$$

Коэффициент e определяет наклон функции в точке перегиба – с увеличением его значения растет величина наклона. В приведенной модели переход сигмоиды к обратной функции не реализован. Такой переход позволил бы показать, как состояния готовности рисковать (сигмоида) и избегания риска (обратная функция) чередуются. Пока что вся динамика происходит с использованием сигмоиды, имитирующей склонность к риску. При $e = 10$ вид функции близок к ступенчатому. Что означает максимальную уверенность, т.е. агент будет использовать весь доступный денежный резерв для покупки акций или продавать все акции на основании даже низкой вероятности. При $e = 0.5$ вид функции отображает тождественное отношение $s' = s$. Т.е. покупка и продажа будет происходить пропорционально вероятности исполнения ожидаемого сценария.

Приведем результаты эксперимента с имитационной моделью, показывающего динамику его поведения. Полнота настоящей модели может реализовать только поведение агента, склонного к риску под впечатлением о предыдущих своих успехах.

Моделирование проводилось на дневных котировках акций Google на рынке NASDAQ за 100 торговых сессий, начиная с 31.12.2008 (Рис. 1).

Для чистоты эксперимента деятельность прогностического модуля представлена лишь как суперпозиция маловероятных сценариев. Вероятность исполнения сценария всегда 20%, она взята условно и необходима лишь для проверки влияния коэффициента уверенности на процесс принятия решения агентом.

Коэффициент уверенности (c) при наличии положительной эффективности увеличивается на 0.1, в пределах $0 \leq c \leq 1$. В противном случае коэффициент уверенности уменьшается.

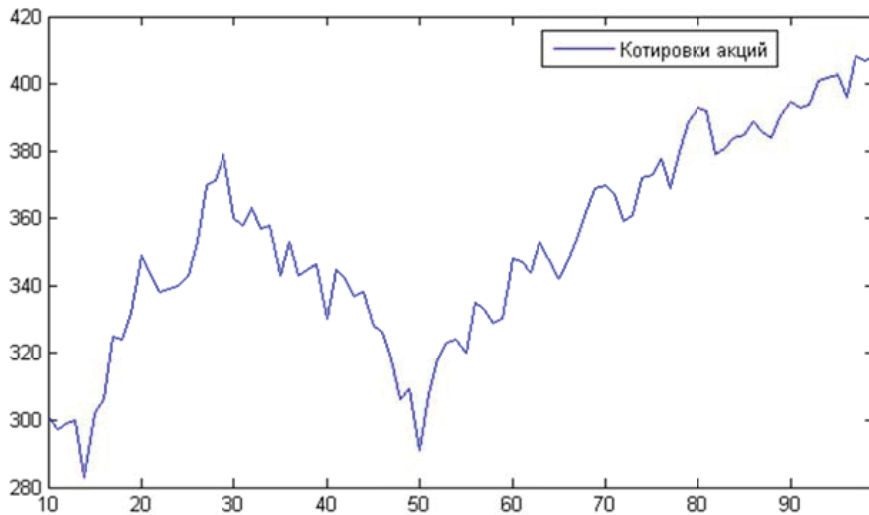


Рис. 1. Котировки акций Google

В процессе функция ценности действий меняла свою форму от линейной до ступенчатой (рис. 2), усиливая входящий сигнал и тем самым стимулируя агента делать рискованные решения, доверяясь прогнозу.

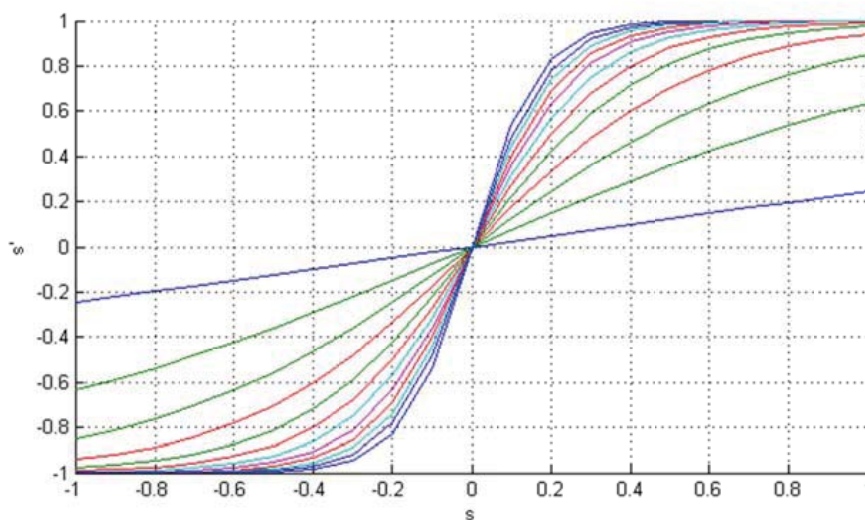


Рис. 2. Динамика изменений функции ценности

Как видно из рис. 3, агент достиг максимума уверенности за 75 торговых дней. Ранее из-за недооценки эффективности прогноза, агент периодически терпел убытки, испытывая из-за этого сомнения, так, как

держал слишком много акций, в момент когда от них ему следовало избавляться.

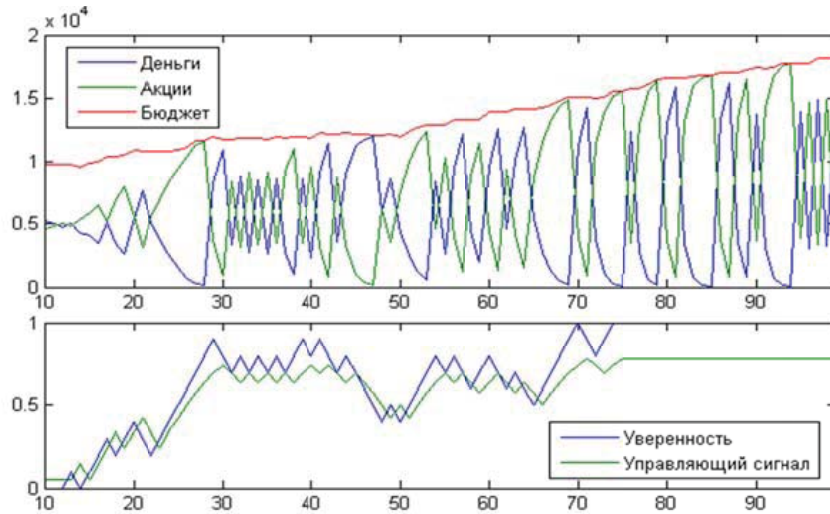


Рис. 3. Динамика показателей агента

По нашему мнению, попытку адаптивного моделирования поведения рыночного агента, осуществленную в настоящем исследовании, стоит считать успешной. Разработанная модель в состоянии обеспечить повышение эффективности принимаемых на фондовом рынке инвестиционных решений в случае автоматизации алгоритмов, реализованных в рамках торговых роботов.

Список источников

1. Гультяев, А.К. MATLAB 5.3. Имитационное моделирование в среде Windows [текст] / Гультяев А.К. – М.: Корона-Принт, 2001. – 400 с.
2. Саркисян, С.А. Теория прогнозирования и принятия решений [текст] / Саркисян С.А. – М.: Высшая школа, 1977. – 352 с.
3. Советов, Б.Я. Моделирование систем [текст] / Советов Б.Я. – М.: Высшая школа, 2009. – 344 с.
4. Weigend, A.S. Time series prediction: Forecasting the future and understanding the past [текст] / Weigend A.S. – Boston: Addison-Wesley, 1994 – 643 p.
5. Fausett, L. Fundamentals of Neural Networks [текст] / Fausett L. – New York: Prentice Hall, 1994. – 461 p.
6. Kahneman, D. Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk [текст] / D. Kahneman, A. Tversky // Econometrica. – 1979. – Vol. 47. – P. 263 – 292.
7. Канеман, Д. Экономический анализ человеческого поведения [текст] / Д. Канеман // Вопросы экономики. – 2003. – №1. – С. 4 – 23.
8. Канеман, Д. Рациональный выбор, ценности и фреймы [текст] / Д. Канеман // Психологический журнал. – 2003. – №24. – С. 31 – 41.

MODEL OF ADAPTIVE MARKET AGENT WITH NONLINEAR ELEMENTS OF BEHAVIOR

Podlipnyak Iven Borisovich,

Post-graduate student of Voronezh State University;

podlipnyak@econ.vsu.ru

The article considers version of adaptive model of market agent on asset market, which takes into account changes in its behavior due to the state of the open position and the financial background of the agent deals.

Keywords: adaptive model of a market agent, sigmoid curve, nonlinear model of emotional state.