

Трибуна молодого ученого

УДК 336.76

**БИЛЕВ Николай Александрович**

Московский Государственный Университет им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация, Ленинские горы, д. 1, Москва, 119991, Россия.

<https://orcid.org/0000-0002-0321-785X>

Билев Николай Александрович, Аспирант, Экономический Факультет, кафедра математических методов анализа экономики, Москва, Россия. E-mail: bilevn@gmail.com

**ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ОЖИДАЕМОЙ ПОЛЕЗНОСТИ В  
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ БИРЖЕВОЙ ТОРГОВЛЕ**

**Аннотация**

На сегодняшний день современные технологии позволяют создавать автоматизированные алгоритмы принятия решений в биржевых торгах. Подобный подход используют как частные инвесторы, так и крупные фонды для управления капиталом. Алгоритмические торговые системы совершают огромное количество сделок, далеко не все из которых прибыльные. В данной работе разрабатывается механизм фильтрации потенциально неэффективных сделок с помощью модели ожидаемой полезности. В статье сравниваются результаты тестирования на исторических данных торговой стратегии с использованием разработанного метода фильтрации сделок и без него. Показано увеличение всех основных показателей качества торговой стратегии при использовании фильтрации потенциально убыточных сделок на базе модели ожидаемой полезности.

**Ключевые слова:** *модель ожидаемой полезности, биржевая торговля, алгоритмическая торговля, временные ряды, инвестиции, управление капиталом.*

**JEL classification: G17**

*Nikolay A. Bilev, Graduate Student of the Department of Mathematical Methods in Economics, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University  
bilevn@gmail.com*

**APPLICATION OF ESTIMATED UTILITY MODEL IN ALGORITHMIC  
STOCK MARKET TRADING**

**Abstract**

Nowadays modern technologies allow us to build automated stock market trading algorithms. Individual investors as well as large investment funds use this approach for capital management. Such algorithms execute an enormous amount of trades many of which are not profitable. The present study provides a method of filtration for the potentially inefficient trades based on the estimated utility model. The paper compares historical data testing results of trading strategy with filtration and without it. According to these tests the developed method of trades filtration allows to increase most of the main strategy quality metrics.

**Keywords:** *estimated utility model, stock market trading, algorithmic trading, time series, investment, capital management*

**Введение.** Целью данного исследования является снижение неопределенности заключения сделок на бирже частными и институциональными инвесторами, использующими автоматизированные торговые стратегии. Под автоматизированной торговой стратегией подразумевается система принятия решений и совершения сделок купли-продажи ценных бумаг на бирже по заданному алгоритму, который программируется в соответствии с определенной стратегией торговли [1]. Актуальность модели ожидаемой полезности в биржевой торговле велика в связи с тем, что при каждой сделке инвестор сталкивается со своего рода лотереей, зависящей от параметров, которые сложно просчитать оперативно вручную. Для этого существуют программные средства, которые отстранены от необдуманных, эмоциональных решений. Такие программы все чаще используются крупными инвестиционными фондами, банками и частными инвесторами. Задача состоит в том, чтобы, используя модель ожидаемой полезности [2], добавить вероятностный параметр в торговую стратегию, и тем самым отфильтровать нежелательные, рискованные сделки, которые дают малую вероятность получения потенциальной прибыли.

**Трендовая торговая стратегия на базе модели ожидаемой полезности.**

В качестве торговой стратегии, к которой применяется фильтрация сделок с помощью модели ожидаемой полезности, была выбрана трендовая торговая стратегия. Данная стратегия опирается на ряд понятий технического анализа. Прежде всего в ней используется агрегация котировок цен в виде разбиения цены на интервалы, имеющие следующие атрибуты: цена открытия интервала, цена закрытия интервала, наивысшая цена интервала и наименьшая цена интервала. Визуальное представление такой агрегации принято называть графиком «японских свечей» а конкретный интервал графика «свечным баром» [3,4]. Кроме того, в стратегии используется индикатор локальных экстремумов «фрактал», который представляет собой графическую формацию, состоящую из нечетного количества свечных баров [5, 6]. Значение фрактала равно наибольшему/наименьшему значению медианного бара в зависимости от направления фрактала. Для верхнего фрактала необходимо, чтобы наибольшее значение каждого последующего свечного бара было больше предыдущего до медианного свечного бара и меньше предыдущего после медианного. Нижний фрактал строится аналогично верхнему фракталу в обратном направлении.

Прежде всего, для создания стратегии необходимо рассчитать значения верхнего и нижнего фракталов:

$$FH = H_{i-2}; H_{i-4} < H_{i-3} < H_{i-2} > H_{i-1} > H_i \quad (1)$$

$$FL = L_{i-2}; L_{i-4} < L_{i-3} < L_{i-2} > L_{i-1} > L_i \quad (2)$$

где:  $FH$  и  $FL$  значения текущего верхнего и нижнего фрактала соответственно,  $H_i$  и  $L_i$  максимальное и минимальное значения  $i$  – го свечного бара соответственно.

Кроме того, строится индикатор среднего истинного диапазона (Average True Range), характеризующий волатильность цены за определенный период времени.

$$ATR_i = MA(TR_i, n) \quad (3)$$

$$TR_i = \max(|H_i - L_i|, |H_i - C_{i-1}|, |L_i - C_{i-1}|) \quad (4)$$

$$MA(TR_i, n) = \frac{\sum_{k=0}^{n-1} TR_{i-k}}{n} \quad (5)$$

где:  $C_i$  цена закрытия  $i$  – го свечного бара.

Для исключения сделок в узкой консолидации цены и в моменты ее сильной дисперсии вводится фильтр по волатильности, предполагающий открытие сделки только в пределах определенного диапазона волатильности

$$[ATR_{min}; ATR_{max}] \quad (6)$$

где:  $ATR_{min}$  - наименьшее значение волатильности, разрешающее открытие позиции (совершение сделки);  $ATR_{max}$  - наибольшее значение волатильности, разрешающее открытие сделки.

Правила входа в позицию определены следующим образом:

- Покупка, если

$$C_i > FH; ATR_{max} \geq ATR_i \geq ATR_{min} \quad (7)$$

- Продажа, если

$$C_i < FL; ATR_{max} \geq ATR_i \geq ATR_{min} \quad (8)$$

Выход из позиции осуществляется по лимитным заявкам. Заявка для фиксации убытка откладывается от открытия позиции в размере определенной доли от волатильности. Ордер для фиксации прибыли откладывается от открытия позиции в размере, превышающем ордер при фиксации убытка в определенное количество раз. Таким образом потенциальный убыток или прибыль в сделке определяется на этапе совершения сделки следующим образом:

$$SL = p * ATR_i \quad (9)$$

$$SL = w * SL \quad (10)$$

где:  $SL$  – потенциальный убыток в сделке,  $TP$  – потенциальная прибыль в сделке,  $p, w$  – определенные константы.

Для ограничения убытка в сделках, при достижении нереализованной прибыли заданного значения потенциальный убыток  $SL$  становится равным нулю, т.е. позиция будет закрыта при достижении текущей ценой значения цены открытия позиции:

- При покупке:  $SL = 0, C_i - PO > m$  (11)

- При продаже:  $SL = 0, PO - C_i > m$  (12)

Где:  $PO$  – цена открытия позиции,  $m$  – константа, определяющая размер нереализованной прибыли для ликвидации потенциального убытка.

В каждой сделке инвестор (алгоритм) сталкивается с лотереей:

$$L = \left( P - C, -(L + C); \frac{S}{N}, \left(1 - \frac{S}{N}\right) \right) \quad (13)$$

где:

- $S$  – количество предыдущих выигрышных сделок, посчитанное с той потенциальной прибылью, которую инвестор получит в текущей сделке при удачном стечении обстоятельств;

- $N$  – количество рассматриваемых предыдущих сделок;

Таким образом,  $\frac{S}{N}$  - вероятность получения прибыли в текущей сделке;

- $P$  – прибыль в текущей сделке, при удачном исходе;

- $L$  – убыток в текущей сделке, при неудачном исходе;

- $C$  – биржевая комиссия;

То есть инвестор получит прибыль за вычетом комиссии за совершение сделки с вероятностью, которая определяется предыдущими его успешными и неудачными сделками, или получит убыток и заплатит комиссию с соответствующей вероятностью. Таким образом, инвестору перед каждой сделкой нужно решить данную лотерею. Для заключения сделки необходимо чтобы ожидаемая полезность была больше нуля:

$$\frac{S}{N}(P - C) + \left(1 - \frac{S}{N}\right)(-L - C) > 0 \quad (14)$$

В случае невыполнения этого условия сделка не заключается, то есть фильтруется. Таким образом, в совокупности со стратегией получается система с обратной связью. Рассмотренная модель позволяет снижать неопределенность и тем самым увеличивать эффективность торговли.

#### **Результаты тестирования торговой стратегии на исторических данных**

Стратегия тестировалась на ликвидном активе фондового рынка России – фьючерсе на индекс РТС за период с 18 февраля 2016 года по 18 февраля 2017 года. Сравним результаты стратегии без использования модели ожидаемой полезности в качестве фильтра с результатами с использованием этой модели с фиксированными параметрами стратегии. В таблице 1 представлены основные показатели тестирования алгоритма без фильтра.

**Таблица 1 – Статистика тестирования алгоритма без фильтра**

	<b>Все сделки</b>	<b>Покупки</b>	<b>Продажи</b>
Чистая прибыль (пункты)	48 176,97	23 118,84	25 058,13
Комиссия (пункты)	-43 930,00	-21 650,00.	-22 280
Количество сделок	4 393	2 165	2 228
Среднее удержание позиции (мин.)	15,94	15,95	15,93
Выигрышные сделки (шт.)	1 235	608	627
Выигрышные сделки (%)	28,11	28,08	28,14
Среднее удержание позиции выигрышных сделок (мин.)	17,53	17,5	17,56
Проигрышные сделки (шт.)	3 158	1 557	1 601
Проигрышные сделки (%)	71,89%	71,92%	71,86%

Среднее удержание позиции проигрышных сделок (мин.)	15,32	15,35	15,29
Максимальное отклонение от предыдущего максимума привой доходности (пункты)	-15 623,36	-10 792,64	-11 976,6
Фактор покрытия	3,08	2,14	2,09

Таким образом, алгоритм на исторических данных за 1 год совершил 4 393 сделок и показал прибыль в размере 48 156 пунктов. При этом было уплачено 43 930. Фактор покрытия составил 2,66.

Используя те же параметры, стратегия тестировалась с использованием фильтра на базе модели ожидаемой полезности. Статистика тестирования представлена в таблице 2.

**Таблица 2 – Статистика тестирования алгоритма с фильтром**

	<b>Все сделки</b>	<b>Покупки</b>	<b>Продажи</b>
Чистая прибыль (пункты)	142 945,61	64 395,95	78 549,66
Комиссия (пункты)	-35 930	-17 860	-18 070
Количество сделок (шт.)	3 593	1 786	1 807
Среднее удержание позиции (мин.)	22,21	22,28	22,15
Выигрышные сделки (шт.)	1 150	569	581
Выигрышные сделки (%)	32,01%	31,86%	32,15%
Среднее удержание позиции выигрышных сделок (мин.)	23,68	23,97	23,4
Проигрышные сделки (шт.)	2 443	1 217	1 226
Проигрышные сделки (%)	67,99%	68,14%	67,85%
Среднее удержание позиции проигрышных сделок (мин.)	21,52	21,49	21,56
Максимальное отклонение от предыдущего максимума привой доходности (пункты)	-4 291,40	-4 902,1	-4 376,16
Фактор покрытия	33,31	13,14	17,95

Стратегия с использованием фильтра на базе модели ожидаемой полезности показала прибыль в размере 142 945 пунктов на том же временном интервале, что и стратегия без фильтра. Данный показатель вырос на 196%. Было совершено 3 593 сделки, что на 800 сделок меньше, чем без использования фильтра, при этом было отфильтровано 715 проигрышных сделок и 85 выигрышных. Ввиду того, что сделок в целом стало меньше, выплаченная комиссия сократилась на 18%. Фактор покрытия, который рассчитывается как отношение чистой прибыли к максимальному отклонению от предыдущего максимума привой доходности, составил 33,31, что говорит о очень высокой стабильности стратегии.

### **Заключение**

В рамках данного исследования были получены высокие показатели эффективности использования модели ожидаемой полезности для снижения

неопределенности при принятии торговых решений в автоматизированной биржевой торговле. Все основные показатели разработанной торговой стратегии были улучшены за счет фильтрации сделок с помощью модели ожидаемой полезности. Таким образом, использование описанного подхода в автоматизированной биржевой торговле актуально и позволяет увеличивать эффективность, доходность и стабильность торговли. Разработанные в рамках исследования методы могут быть использованы как частными, так и институциональными инвесторами для эффективного управления капиталом на рынке ценных бумаг.

#### **Список источников**

1. Michael J. McGowan. The Rise of Computerized High Frequency Trading: Use and Controversy. *Duke Law & Technology Review*, 2010; 19
2. Франк Р. Х. Микроэкономика и поведение. Выбор в условиях неопределенности, ИНФРА-М, 2000:176
3. Lukas Mnekhoff. The use of technical analysis by fund managers: International evidence. *Journal of Banking and Finance*, 2010;34:2573–2586
4. Steven B. Achelis. *Technical Analysis from A to Z: Covers Every Trading Tool...from the Absolute Breadth Index to the Zig Zag*. McGraw-Hill Companies, 2000
5. Bulkowski, Thomas N. *Encyclopedia of Chart Patterns*. John Wiley and Sons, New York, NY, 2000
6. Gordon T Long. *Cross Market Fractal Analysis Strategy. Economic and Technical Analysis for the Active Trader*. 2011

#### **References**

- Michael J. McGowan. The Rise of Computerized High Frequency Trading: Use and Controversy. *Duke Law & Technology Review*, 2010; 19
- Frank R. H. *Microeconomics and behavior. Choice under uncertainty*, INFRA-M, 2000:176
- Lukas Mnekhoff. The use of technical analysis by fund managers: International evidence. *Journal of Banking and Finance*, 2010;34:2573–2586
- Steven B. Achelis. *Technical Analysis from A to Z: Covers Every Trading Tool...from the Absolute Breadth Index to the Zig Zag*. McGraw-Hill Companies, 2000
- Bulkowski, Thomas N. *Encyclopedia of Chart Patterns*. John Wiley and Sons, New York, NY, 2000
- Gordon T Long. *Cross Market Fractal Analysis Strategy. Economic and Technical Analysis for the Active Trader*. 2011