

# МИНИМАКСНЫЙ ИНДИКАТОР ТОРГОВОГО РЕШЕНИЯ НА ФОНДОВОМ РЫНКЕ

**И. Ю. Выгодчикова, Е. С. Преснянова**

*Саратовский национальный исследовательский  
государственный университет им. Н. Г. Чернышевского, Россия*  
E-mail: irinavigod@yandex.ru, e.prell@yandex.ru

Авторами статьи разработан индикатор торгового решения на фондовом рынке на основе итерационного решения минимаксной задачи. Выполнено сопоставление с решением на основе стандартного индикатора «скользящее среднее». Эффективность предложенного подхода доказывают проведённые вычислительные эксперименты, которые показали рост инвестированного капитала при применении предложенного инструментария по сравнению с использованием стандартного метода торговли. В статье представлены вычислительные эксперименты для акций «Apple».

## MINIMAX INDICATOR OF TRADING AT STOCK MARKET

**I. Yu. Vygodchikova, E. S. Presnyakova**

Authors developed new indicator and decision-making strategy at stock market, based at iterative solution of tminimax problem. Comparison with solution based at standard moving average indicator is performed. The effectiveness of proposed approach is proved by computational experiments that showed an increase in invested capital when using the proposed tools compared to using standard trading method. Article presents computational experiments for Apple shares.

**Введение.** Разработка индикаторов торговли является важным направлением анализа фондового рынка. При создании торговой стратегии инвестор должен гибко использовать различные алгоритмы, при необходимости, вовремя меняя основание принятия решения внутри роботизированной системы. Для этого необходимо создавать всё более новые алгоритмы, не известные другим инвесторам. Один из таких представлен в работе. Следует отметить, что при анализе ценных бумаг, в акции которых инвестор собирается вкладывать капитал, необходимо учитывать волатильность (стохастическую изменчивость) динамического процесса [1]. При разработке стратегии принятия торгового решения на фондовом рынке возникает проблема учёта растущей волатильности торговли, связанной с увеличением объёма транзакций, при построении стратегии торговли [2], [3]. Принимая во внимание ценность методов, основанных на применении математических моделей, разработчик новой стратегии старается принять выработать решение быстрее конкурента, не понизив качества анализа, и получив преимущество во времени.

*Целью* работы является разработка и компьютерная реализация стратегии торговли акциями на основе минимаксного индикатора.

**1. Минимаксный индикатор.** Пусть  $t_k$  – периоды торговли (в экспери-

ментах  $k$  – номер торгового дня,  $k$  изменяется от  $0$  до  $N$ ),  $T = \{t_0 < \dots < t_N\}$ :  $y_{1,k}$  (минимум из цен открытия и закрытия торговли за торговый день) и  $y_{2,k}$  (максимум из цен открытия и закрытия торговли за торговый день),  $k = \overline{0, N}$ ,  $\sigma = \{t_s < \dots < t_{s+n}\} \subset T$   $\sigma = \{t_s < \dots < t_{s+n}\} \subset T$ ,  $s = \overline{0, N-n}$ . Рассматривается задача [1]:

$$\rho_s(a_0, a_1) = \max_{k = s, s+n} f(a_0, a_1, k) \rightarrow \min_{A=(a_0, a_1) \in R^2}, \quad (1)$$

где  $p(a_0, a_1, t) = a_0 + a_1 t$ ,  $f(a_0, a_1, k) = \max\{y_{2,k} - p(a_0, a_1, t_k); p(a_0, a_1, t_k) - y_{1,k}\}$ .

Индикатором торговли является знак коэффициента  $a_1$ : изменение с роста к снижению или стабилизации говорит о целесообразности продажи акций, обратный сигнал говорит о целесообразности покупки. Алгоритм решения задачи представлен в [1].

**2. Индикатор «скользящее среднее» (SMA).** Важными индикаторами технического анализа являются индикаторы сглаживания (SMA, EMA), осцилляторы (ROC), интегральные индикаторы (MACD). Для выбранного периода сглаживания (в статье  $n=5$ ) рассмотрим индикатор SMA (Simple Moving Average):

$$SMA_t = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} p_{t-i},$$

где  $SMA_t$  – значение простого скользящего среднего в точке  $t$ ,  $n$  – количество значений для расчёта скользящего среднего,  $p_t$  – цена акций в период  $t$ .

Сигнал вырабатывается следующим образом. Вычислить индикатор SMA и определить сигналы. Если после восходящей тенденции (рост SMA) цена закрытия ниже SMA, то генерируется сигнал – продавать. Если после снижения SMA цена поднимается выше SMA, то генерируется сигнал – покупать.

**3. Вычислительный эксперимент.** Вычислительный эксперимент выполнен на основе данных торговли акциями компании «AAPL» [4, 5], принято допущение, что инвестор выполняет последнюю сделку за текущий период, поэтому расчёты проведены по ценам закрытия торговли. Исходный капитал инвестора составляет 10000 руб. В таблице представлены результаты анализа ( $y$  – цена закрытия,  $y_1, y_2$  – минимум и максимум цены, за день торговли).

Предложенный метод позволил за месяц повысить капитал на 3,2% в денежном выражении. Если инвестор далее не предполагает продавать акции, он остановится 26.06.2020, получив 113 акций. Сопоставляя с рекомендациями по SMA, то на 3 акции больше.

**Заключение.** В работе предложен минимаксный индикатор о сделках на фондовом рынке, которая позволяет повысить эффективность торговли за счёт учёта тренда и волатильности торговли на основе интервальных данных. Авторы предлагают применять индикатор в роботизированных системах принятия решений.

### Результат торгового решения для акций «AAPL»

Дата	Цена открытия, руб.	Цена закрытия, руб.	SMA 5	Сигнал SMA	Минимум (тренд)	Сигнал по минимуму
начальный капитал 10000руб.						
01.06.2020	79,44	80,46				
02.06.2020	80,19	80,83				
03.06.2020	81,17	81,28				
04.06.2020	81,1	80,58				
05.06.2020	80,84	82,88	81,206			
08.06.2020	82,56	83,36	81,786		+	Ожидание
09.06.2020	83,04	86	82,82		-	Ожидание
10.06.2020	86,97	88,21	84,206		+	Покупка
текущий капитал (минимум) 113 акций и 32,27 руб.						
11.06.2020	87,33	83,97	84,884	Продажа (повышение SMA, цена ниже SMA)	+	Ожидание
12.06.2020	86,18	84,7	85,248		+	Ожидание
15.06.2020	83,31	85,75	85,726		+	Ожидание
16.06.2020	87,86	88,02	86,13		+	Ожидание
17.06.2020	88,79	87,9	86,068	Покупка (снижение SMA, цена превысила SMA)	+	Ожидание
18.06.2020	87,85	87,93	86,86		+	Ожидание
19.06.2020	88,66	87,43	87,406		+	Ожидание
22.06.2020	87,83	89,72	88,2		+	Ожидание
23.06.2020	91	91,63	88,922		+	Ожидание
24.06.2020	91,25	90,01	89,344		+	Ожидание
25.06.2020	90,18	91,21	90		+	Ожидание
26.06.2020	91,1	88,41	90,196	Продажа (повышение SMA, цена ниже SMA)	+	Продажа
текущий капитал по минимуму 113 акций и 32,27 руб., текущий капитал по SMA 10057,63 руб.						
29.06.2020	88,31	90,44	90,34		+	Ожидание
30.06.2020	90,02	91,2	90,254	Покупка (снижение SMA, цена превысила SMA)	+	Ожидание
01.07.2020	91,28	91,03	90,458		боковой тренд	Продажа
02.07.2020	91,96	91,03	90,422	Покупка (снижение SMA, цена превысила SMA)	боковой тренд	Ожидание
06.07.2020	92,5	93,46	91,432		+	Ожидание
07.07.2020	93,85	93,17	91,978		+	Ожидание
08.07.2020	94,18	95,34	92,806		+	Ожидание
09.07.2020	96,26	95,75	93,75		+	Ожидание
10.07.2020	95,33	95,92	94,728		+	Ожидание
текущий капитал по минимуму 10318,66 руб., текущий капитал по SMA 110 акций и 25,63 руб.						

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Выгодчикова И. Ю., Гусятников В. Н.* Инструментарий принятия решений на основе применения минимаксного индикатора для интервальных данных динамики фондового рынка // Прикладная информатика. 2018. Т. 13. № 2 (74). С. 109-119.

2. *Выгодчикова И. Ю.* О моделировании риска с использованием многозначных ценовых данных // Сборник материалов Международной молодежной научно-практ. конференции «Математическое моделирование в экономике, страховании и управлении рисками». Саратов : Изд-во Сарат. ун-та. 2013. С. 39-45.

3. *Выгодчикова И. Ю.* Оценка допустимых погрешностей при анализе многозначных динамических рядов // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017): труды Международной научно-технической конференции. Самара : Из-во Самар. науч. центра РАН. 2017. С. 866-868.

4. Apple, архив торгов, акция обыкновенная, котировки (руб.). [Электронный ресурс]. URL: <https://finance.yahoo.com/quote/AAPL?p=AAPL>. (дата обращения: 16.10.2020).

5. Apple Inc, анализ [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.investing.com/equities/apple-computer-inc> (дата обращения: 16.10.2020).