

СТРАТЕГИЯ ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ НА ФОНДОВОМ РЫНКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНИМАКСНОГО ИНДИКАТОРА РИСКА

И. Ю. Выгодчикова, А. А. Хохлов, А. Р. Ивлиев

*Саратовский национальный исследовательский
государственный университет им. Н. Г. Чернышевского, Россия*
E-mail: irinavigod@yandex.ru, khokhlovsasha@mail.ru, alexgold677@gmail.com

Авторами статьи разработана стратегия принятия решений о сделках на фондовом рынке, которая позволяет повысить эффективность торговли при использовании индикатора «скользящее среднее», за счёт коррекции торговых сигналов. Для получения дополнительной информации о тренде и волатильности торговли применяется минимаксный критерий аппроксимации по интервальным данным динамики торговли акциями. Построена система компьютерного моделирования алгоритмических процедур, выполнена программная реализация. Вычислительные эксперименты, проведённые для акций «Полюс Золото», показали рост инвестированного капитала при применении предложенного инструментария.

STRATEGY OF DECISION MAKING AT STOCK MARKET BASED AT MINIMAX

I. Yu. Vygodchikova, A. A. Khokhlov, A. R. Ivliev

Authors of article developed decision-making strategy at stock market, which allows to improve efficiency of trade using indicator "moving average", due to correction of trading signals. For more information about trend and volatility of trading, minimax approximation criterion is used for interval data on dynamics of stock trading. The system of computer modeling of algorithmic procedures is constructed, software implementation is executed. Computational experiments carried out for Polyus Gold shares showed growth of invested capital in the application of proposed tools.

Введение. При использовании известных методов и моделей принятия торговых решений на фондовом рынке, основанных на применении математических методов и моделей, возникает проблема учёта растущей волатильности торговли, связанной с увеличением объёма транзакций, при построении стратегии торговли [1], [2]. Принимая во внимание конкуренцию со стороны роботизированных комплексов и систем, разработчик новой стратегии старается принять выработать решение быстрее конкурента, однако его проблема заключается в том, что вырабатываемое решение «купить или продать» в современных условиях как правило уступает обоснованному решению «не совершать сделок» [3], [4]. Именно холодный математический расчёт и спокойное ожидание требуемого ценового диапазона позволяют грамотно наращивать капитал [5].

Целью работы является разработка и компьютерная реализация метода принятия решений о сделках с акциями на основе интервальных данных и минимаксного критерия аппроксимации, позволяющего повысить эффективность решений, принимаемых с использованием индикатора «скользящее среднее».

1. Корректирующий индикатор. Пусть t_k – периоды торговли (в экспериментах k – номер торгового дня, k изменяется от 0 до N), $T = \{t_0 < \dots < t_N\}$: $y_{1,k}$ (минимум цены за торговый день) и $y_{2,k}$ (максимум цены), $k = \overline{0, N}$, $\sigma = \{t_{s-2} < t_{s-1} < t_s\} \subset T$, $s = \overline{2, N}$. Рассматривается задача [1]:

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

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

Минимальное значение $\rho_s(a_0, a_1)$ обозначим ρ_s^* . Этот показатель является индикатором принятия решения: рост индикатора служит сигналом об отказе совершать сделку, особенно это актуально на начальном этапе торговли (первая сделка или сделка после длительного ожидания).

2. Алгоритм решения задачи (1). Процедура решения для итераций $s=2, \dots, N$ состоит в следующей последовательности действий.

Шаг 1. Определить a_0^0 , a_1^0 и h_0 , решив систему:

$$\begin{cases} h_0 = y_{2,s-2} - p(a_0^0, a_1^0, t_{s-2}), \\ h_0 = p(a_0^0, a_1^0, t_{s-1}) - y_{1,s-1}, \\ h_0 = y_{2,s} - p(a_0^0, a_1^0, t_s), \end{cases}$$

откуда

$$a_1^0 = \frac{y_{2,s} - y_{2,s-2}}{2}, \quad a_0^0 = \frac{1}{2}(y_{2,s-2} + y_{1,s-1} - a_1^0(t_{s-2} + t_{s-1})),$$

$$h_0 = y_{2,s-2} - p(a_0^0, a_1^0, t_{s-2}) = y_{2,s-2} - a_0^0 - a_1^0 \cdot t_{s-2}.$$

Перейти к шагу 2.

Шаг 2. Определить a_0^1 , a_1^1 и h_1 , решив систему:

$$\begin{cases} h_1 = y_{1,s-2} - p(a_0^1, a_1^1, t_{s-2}), \\ h_1 = p(a_0^1, a_1^1, t_{s-1}) - y_{2,s-1}, \\ h_1 = y_{1,s} - p(a_0^1, a_1^1, t_s), \end{cases}$$

откуда

$$a_1^1 = \frac{y_{1,s} - y_{1,s-2}}{2}, \quad a_0^1 = \frac{1}{2}(y_{1,s-2} + y_{2,s-1} - a_1^1(t_{s-2} + t_{s-1})),$$

$$h_1 = p(a_0^1, a_1^1, t_{s-2}) - y_{1,s-2} = a_0^1 + a_1^1 \cdot t_{s-2} - y_{1,s-2}.$$

Перейти к шагу 3.

Шаг 3. Определить $h_\beta = \max(h_0, h_1)$. Если $h_\beta = h_0$, перейти к шагу 4, иначе перейти к шагу 6.

Шаг 4. Вычислить

$$l = \max(p(a_0^0, a_1^0, t_{s-2}) - y_{1,s-2}, y_{2,s-1} - p(a_0^0, a_1^0, t_{s-1}), p(a_0^0, a_1^0, t_s) - y_{1,s}),$$

перейти к шагу 5.

Шаг 5. Если $h_0 \geq l$, то $\rho_s^* = \rho_s^*(a_0^0, a_1^0) = h_0$. Иначе

$$\rho_s^* = \max\left(\frac{y_{2,s-2} - y_{1,s-2}}{2}, \frac{y_{2,s-1} - y_{1,s-1}}{2}, \frac{y_{2,s} - y_{1,s}}{2}\right).$$

Перейти к шагу 8.

Шаг 6. Вычислить:

$$l = \max(y_{2,s-2} - p(a_0^1, a_1^1, t_{s-2}), p(a_0^1, a_1^1, t_{s-1}) - y_{1,s-1}, y_{2,s} - p(a_0^1, a_1^1, t_s)),$$

перейти к шагу 7.

Шаг 7. Если $h_1 \geq l$, то $\rho_s^* = \rho_s^*(a_0^1, a_1^1) = h_1$. Иначе

$$\rho_s^* = \max\left(\frac{y_{2,s-2} - y_{1,s-2}}{2}, \frac{y_{2,s-1} - y_{1,s-1}}{2}, \frac{y_{2,s} - y_{1,s}}{2}\right).$$

Перейти к шагу 8.

Шаг 8. Если $s=N$, алгоритм завершается, в противном случае для $s=s+1$ выполняется переход к шагу 1. Блок-схема вычислительного процесса представлена на рисунке.

3. Принятие решений по SMA и минимаксу: «Покупай на снижении, продавай на росте». Индикатор SMA (простое скользящее среднее, Simple Moving Average) относится к индикаторам сглаживания тренда, для выбранного периода сглаживания n SMA вычисляется по формуле [6]:

$$SMA_k = \sum_{i=0}^{n-1} y_{k-i},$$

где SMA_k – значение индикатора в период k , y_k – цена акций в период k .

Для принятия решения применяется следующая стратегия (при анализе данных использовались 3-периодные и 5-периодные SMA, результаты оказались удачными для обоих периодов):

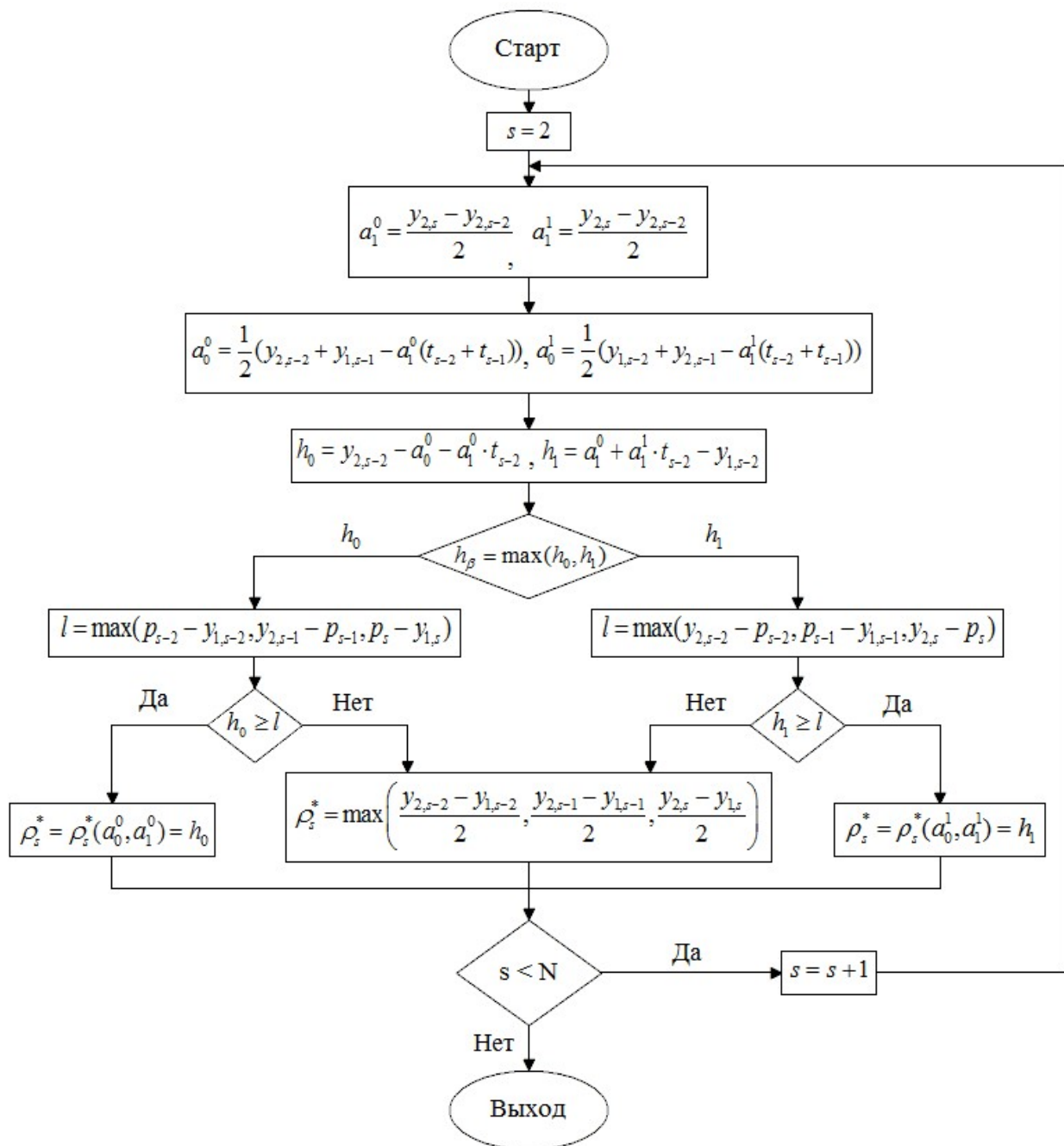
1. Нужно вычислить индикатор SMA.
2. Нужно вычислить решение задачи аппроксимации для трёх значений цен (минимум и максимум) включая текущие значения.
3. Начинать торговлю можно только при устойчивом росте (сейчас продать) или снижении цены (сейчас купить) за 3 периода.

Коррекция решения. Выполнять сделку только если значение индикатора ρ_s^* в текущем периоде снизилось относительно периода прежнего решения (или прежнего периода, в начале торговли), иначе ожидать нового сигнала.

Для демонстрации метода используется период сглаживания $n=9$, анализ выполнен по ценам закрытия торговли.

4. Вычислительный эксперимент. Вычислительный эксперимент выполнен на основе данных торговли акциями компании «Полус золото» [7], принято допущение, что (в случае получения сигнала о покупке или продаже акций компании), инвестор выполняет последнюю сделку за текущий период, поэтому расчёты проведены по ценам закрытия торгов. Исходный капитал инвестора составляет 1000 акций. В таблице представлены результаты анализа (y

– цена закрытия, y_l, y_2 – минимум и максимум цены, за день торговли).



Блок-схема вычислительного процесса

Предложенный метод позволил менее чем за месяц повысить капитал (в акциях) с 1000 до 1066 штук (на 6,6%), после коррекции капитал (в акциях) увеличился с 1000 до 1079 штук.

Заключение. В работе предложена стратегия принятия решений о сделках на фондовом рынке, которая позволяет повысить эффективность торговли при использовании индикатора «скользящее среднее», за счёт применения дополнительных сигналов о тренде и волатильности торговли, полученных по минимаксному критерию на основе интервальных данных. Авторы предлагают

более осторожно использовать торговые стратегии, и отказаться от совершения сделок при росте минимаксного критерия риска. Большое внимание уделяется моменту начала торговли, для получения первого сигнала нужно проанализировать предысторию торговли – сделка будет совершена только при сформировавшемся тренде, по минимаксному критерию, и учёте рекомендаций стандартных методов технического анализа. Разработан алгоритм торговли, выполнена реализация алгоритма для акций компании «Полюс золото». Результаты экспериментов показали рост капитала инвестора для предложенной стратегии торговли.

Результат торгового решения для акций «Полюс золото»

Дата	y_1 (руб.)	y_2 (руб.)	y (руб.)	МА (9)	y - МА(9)	Сигнал (стан- дартный под- ход)	Капитал (стандартный подход)	Сигнал (с коррекцией)	Капитал (после коррекции)
24.07.18	4141	4300	4292						
25.07.18	4183	4390	4361						
26.07.18	4345	4437	4437						
27.07.18	4387	4499	4478						
30.07.18	4334	4453	4416						
31.07.18	4288	4469	4469						
01.08.18	4348	4448	4355						
02.08.18	4354	4470	4442						
03.08.18	4211	4478	4359	4401	-42		1000 акций		1000 ак- ций
06.08.18	4305	4425	4425	4415,78	9,22	продать	4425000 руб.	Ожидание (тренд не устойчив)	
07.08.18	4398	4485	4480	4429	51			продать	4480000 руб.
08.08.18	4350	4490	4383	4423	-40	купить	1009 акций и 2553 руб.	купить	1022 ак- ций и 574 руб.
09.08.18	4350	4457	4450	4419,89	30,11	продать	4492603 руб.	продать	4548474 руб.
10.08.18	4021	4323	4214	4397,44	- 183,44	купить	1066 акций и 479 руб.	купить	1079 ак- ций и 1568 руб.
13.08.2018	4103	4247	4165	4363,67	- 198,67				
14.08.18	4130	4230	4220	4348,67	- 128,67				
15.08.18	4033	4244	4146	4315,78	- 169,78				
16.08.18	4091	4199	4116	4288,78	- 172,78				
17.08.18	4006	4132	4055	4247,67	- 192,67				
20.08.18	4096	4240	4208	4217,44	-9,44				

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. Том 13. № 2 (74). С. 109-119.
2. Выгодчикова И. Ю. О моделировании риска с использованием многозначных цено-

вых 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. *Выгодчикова И. Ю., Гусятников В. Н.* Модели динамических рядов интервальных данных и их приложения. Саратов : Саратовский социально-экономический институт (филиал) РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2018. 108 с.

5. *Сио К. К.* Управленческая экономика. Пер. с англ. М. : ИНФРА-М, 2000. 671 с.

6. Методы расчета скользящей средней [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tevola.ru/trading/avtomatizatsiya-torgovli/indikatory/moving-average.html>. (дата обращения: 12.07.2019.).

7. Полюс Золото, архив торгов, акция обыкновенная, котировки (руб.). [Электронный ресурс]. URL: https://www.finanz.ru/aktsii/arhiv-torgov/Polyus_Gold_1/MIC/1.7.2018_1.10.2018. (дата обращения: 07.07.2019.).