



3. Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М. Разработка комплекса программ для анализа технического состояния грузоподъемных механизмов / Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 21. С. 80-85.

4. Мокшин В.В. Параллельный генетический алгоритм отбора значимых факторов, влияющих на эволюцию сложной системы / Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2009. № 3. С. 89-93.

5. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Мухутдинов Т.А. Обучение имитационному моделированию в пакете Simulink системы MatLAB / Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 5. С. 184-188.

И.Ю. Выгодчикова, А.А. Хохлов

## ИНДИКАТОР ТОРГОВОГО РЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ МИНИМАКСНОГО КРИТЕРИЯ АППРОКСИМАЦИИ

(Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского)

Принятие торговых решений на финансовых рынках связано с огромным количеством транзакций. Поэтому инвесторы обращаются к математическим моделям, основой которых служат модели аппроксимации процесса торговли ценными бумагами, позволяющие сделать прогноз и принять верное решение достаточно быстро. Такие модели нуждаются в отыскании новых, нестандартных средств аппроксимации, позволяющих достичь целей инвестора. Ограничением служит прозрачность и точность вычислительных процедур, использование минимального числа итераций для получения параметров модели аппроксимации, так как время выполнения вычислений может повлиять на скорость принятия решения и изменить перспективы вложения капитала.

Целью работы является создание индикатора, используемого для принятия торговых решений на финансовом рынке на основе интервальных данных и минимаксной модели аппроксимации.

**Критерий аппроксимации.** Исследуется цена акций за периоды  $t_k$  временной сетки  $T = \{t_0 < \dots < t_N\}$ :  $y_{1,k}$  (минимум) и  $y_{2,k}$  (максимум),  $k = \overline{0, N}$ . Для построения индикатора применяется критерий аппроксимации диапазонов цен на подмножествах  $\sigma = \{t_{s-2} < t_{s-1} < t_s\} \subset T$ ,  $s = \overline{2, N}$  [1]:

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

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  $\rho_s^*$ . Этот показатель является индикатором принятия решения при изменении направления тренда ( $a_1$ ): ес-



ли тренд изменяет направление в сторону повышения (понижения), генерируется сигнал к покупке (продаже) акций, при условии стабилизации индикатора.

**Алгоритм решения задачи (1).** Полагаем  $s=2$ . Для подсчета  $\rho_s^*$  требуется провести следующие вычисления [2, 3]:

Шаг 1. Определить коэффициенты полинома  $a_0^0$ ,  $a_1^0$  и величину уклонения  $h_0$  в результате решения системы уравнений

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

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

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

Шаг 2. Определить коэффициенты полинома  $a_0^1$ ,  $a_1^1$  и величину уклонения  $h_1$  в результате решения системы уравнений

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

то есть вычислить величины  $a_1^1 = \frac{y_{1,s} - y_{1,s-2}}{2}$ ,  $a_0^1 = \frac{1}{2}(y_{1,s-2} + y_{2,s-1} - a_1^1(t_{s-2} + t_{s-1}))$ ,

$h_1 = p(a_0^1, a_1^1, t_{s-2}) - y_{1,s-2} = a_0^1 + a_1^1 \cdot t_{s-2} - y_{1,s-2}$ . Перейти к шагу 3.

Шаг 3. Вычислить  $h_\beta = \max(h_0, h_1)$ . Если  $h_\beta = h_0$ , осуществляется переход к шагу 4, иначе осуществляется переход 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

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

Текущая итерация завершена

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

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



Текущая итерация завершена

Если  $s=N$ , алгоритм завершается, в противном случае для  $s=s+1$  выполняется переход к шагу 1.

Последовательность вычислительного процесса приведена на рис. 1.

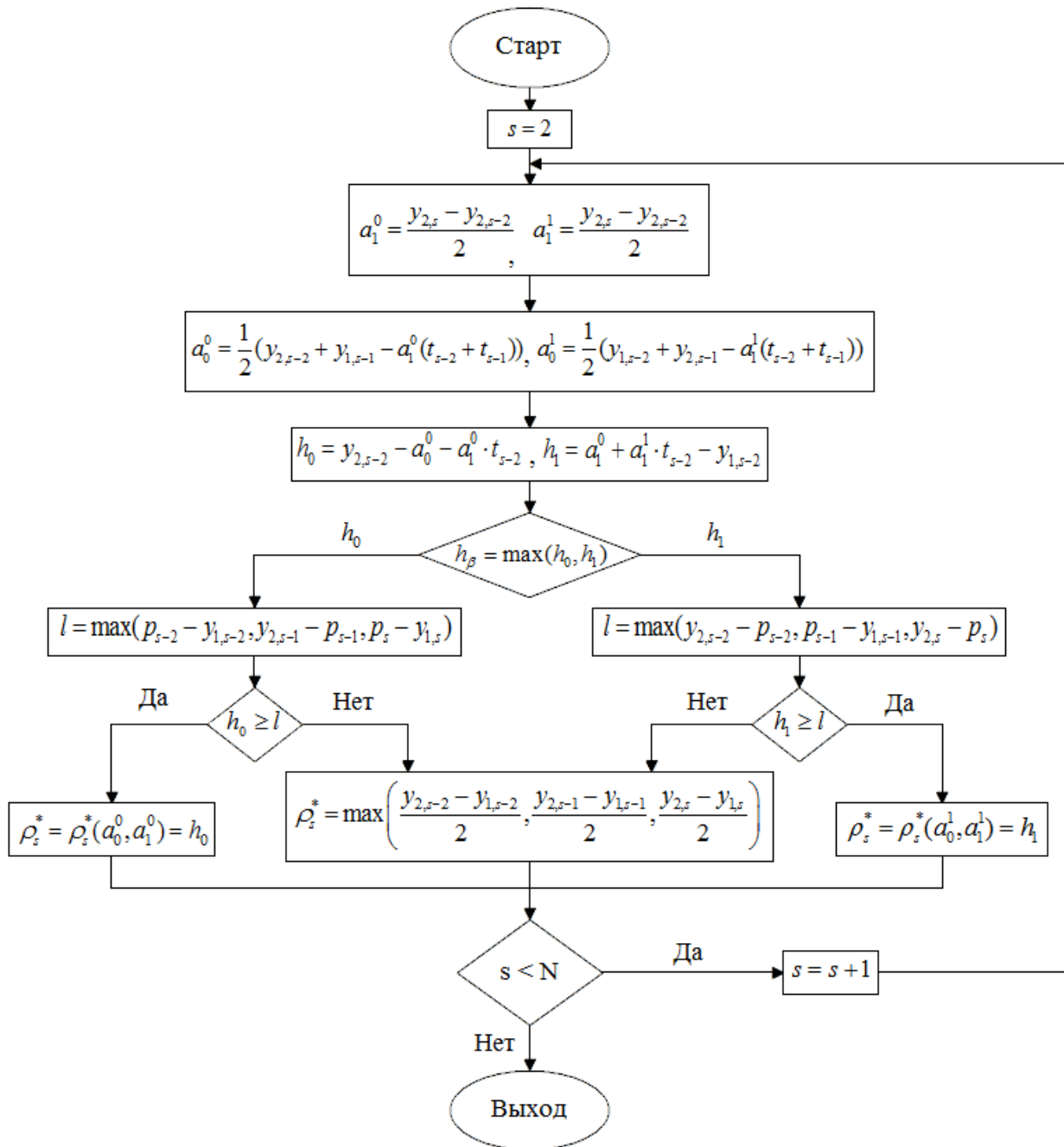


Рис. 1. Блок-схема вычислительного процесса

**Вычислительный эксперимент.** Текущим значением аппроксимации тренда в точке  $t_s$  является  $p_s = p(a_0^\beta, a_1^\beta, t_s)$ . Если  $h_\beta < l$ , то тренд не определён, в таком случае полагаем  $p_s = (y_{1,s} + y_{2,s}) / 2$ . Верхней границей текущей аппроксимации является  $p_s + \rho_s^*$ . Нижней границей текущей аппроксимации является  $p_s - \rho_s^*$ . Анализ результатов экспериментов по данным [4] представлен на рис. 2, показатели аппроксимации обозначены  $p$ ,  $p+\rho$  и  $p-\rho$ , соответственно.

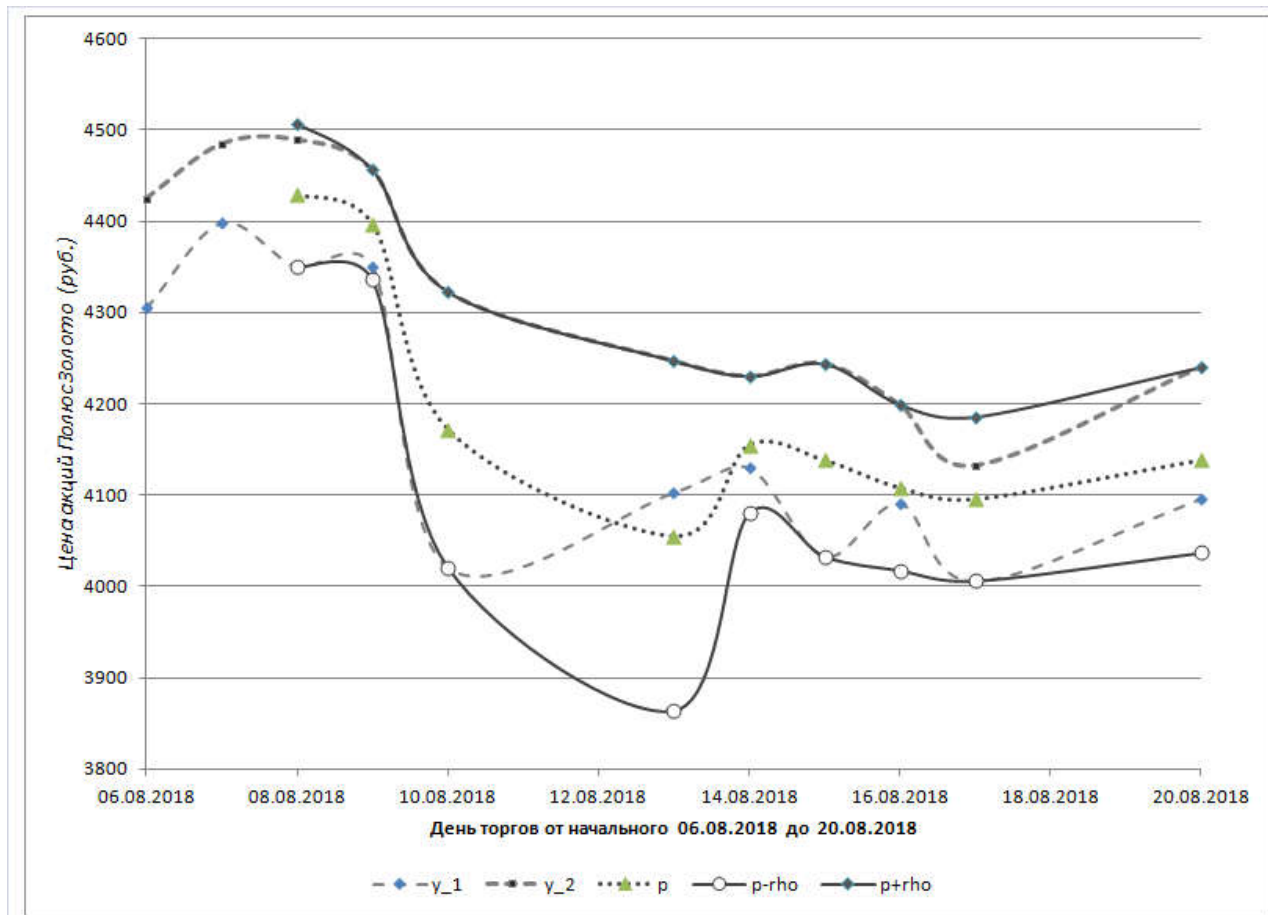


Рис. 2. Результаты вычислительного эксперимента

Пусть инвестор планирует купить акции. Поскольку риск стабилизировался только к 20.08.2018, а тренд изменил направление на повышение, рекомендуется покупать акции в последний период анализа (20.08.2018).

**Заключение.** Разработан эффективный алгоритм вычисления индикатора, используемого для принятия торговых решений на финансовом рынке, на основе интервальных данных и минимаксного критерия аппроксимации.

### Литература

1. 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 Саратов. ун-та, 2013. С. 39-45.
2. 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.



3. 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.

4. Полус Золото, архив торгов, акция обыкновенная, котировки (пуб.). [Электронный ресурс]. URL: [https://www.finanz.ru/aktsii/arhiv-torgov/Polyus\\_Gold\\_1/MIC/1.7.2018\\_1.10.2018](https://www.finanz.ru/aktsii/arhiv-torgov/Polyus_Gold_1/MIC/1.7.2018_1.10.2018). Дата обращения: 07.04.2019.

И.В. Гринь, О.А. Морозов

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ ВЗАИМНОЙ ВРЕМЕННОЙ ЗАДЕРЖКИ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СЕЧЕНИЙ ФУНКЦИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРЕСЕЛЕКТИРОВАННЫХ УЗКОПОЛОСНЫХ КАНАЛОВ

(Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

В настоящее время существенно расширяются возможности применения систем космического базирования для решения широкого круга научно-технических и прикладных задач в различных сферах деятельности. При построении современных систем радиосвязи и навигации, особенно с использованием космического сегмента, важной задачей является разработка и исследования методов цифровой обработки сигналов, эффективно функционирующих в условиях априорной неопределенности относительно параметров сигналов и низкого отношения сигнал/шум каналов связи. Для повышения устойчивости передачи данных к шумам, а также повышения надежности каналов передачи информации в сложных условиях распространения сигналов в настоящее время широко используются методы расширения спектра и, соответственно, широкополосные сигналы [1].

Многопозиционные спутниковые системы позволяют, эффективно решать задачи определения местоположения источника излучения методами пассивной пеленгации в реальном масштабе времени. Одним из распространенных методов пассивной пеленгации источника излучения является разностно-дальномерный метод [2]. Его использование требует предварительного решения задачи оценки взаимных временных задержек распространения искаженных копий излученного сигнала

$$s_1(t) = x(t) + \xi(t), s_2(t) = \tilde{x}((1 - \alpha)t - \Delta t) + \eta(t),$$

распространяющихся по разным каналам [2,3].

Оптимальной в смысле максимального правдоподобия оценкой взаимной временной задержки сигналов, в условиях низкого отношения сигнал/шум и значительного доплеровского сдвига спектра, является оценка, рассчитанная на основе положения максимума взаимной функции неопределенности принимаемых сигналов  $s_1(t)$  и  $s_2(t)$  [2,3]: