

Введение. Для принятия решений на фондовом рынке необходимо применять математические методы и модели, на основе которых строится эффективный алгоритм торговли. При использовании известных методов и моделей принятия торговых решений с ценными бумагами исходные данные подлежат сглаживанию, в результате чего могут быть потеряны важные свойства моделируемого процесса, что существенно снижает эффективность принимаемого торговой системой решения. На сегодняшний день было разработано большое количество методов, таких как методы сглаживания (скользящее среднее, экспоненциальное сглаживание), модели тренда с учетом сезонных вариаций, методы лагирования переменных, модели авторегрессии и их модификации.

Большую популярность приобретает достаточно новая отрасль статистических исследований – математическая статистика интервальных данных, позволяющая обрабатывать динамические ряды интервальных данных, характерной особенностью которых является то, что элементами выборки являются не числа, а интервалы.

Результатом применения большинства классических интервальных моделей к задачам принятия управленческих решений является интервальная оценка либо параметрическая область возможных решений, что не позволяет получать однозначные решения в условиях исходной интервальной информации.

Проблемы моделирования рядов интервальных данных особенно остро стоят при принятии управленческих решений на основе больших потоков неоднородной, плохо структурированной и зашумленной информации об анализируемых показателях, что характерно для финансовых рынков, инновационной сферы бизнеса и электронной коммерции.

Оценить результаты применения той или иной стратегии торговли можно, используя наиболее важный для инвестора количественный показатель - прибыль, полученную в результате принятия торговых решений.

Рост этого показателя свидетельствует о правильном выборе стратегии торговли.

Целью работы является разработка и программная реализация вычисления индикатора для принятия торговых решений на финансовом рынке на основе интервальных данных и минимаксного критерия аппроксимации.

Задачи исследования – изучить теоретические основы технического анализа, рассмотреть различные индикаторы технического анализа, разработать алгоритм для принятия торговых решений, выполнить программную реализацию разработанного алгоритма, проверить алгоритм при помощи вычислительных экспериментов.

Объект исследования – динамические ряды интервальных данных, содержащие цены осуществления сделок за каждый день торговли ценными бумагами.

Предмет исследования – инструментарий принятия экономических решений с использованием программной реализации математического метода аппроксимации интервальных данных алгебраическим полиномом.

Основная часть. Основная часть состоит из трёх разделов.

В первом разделе рассматриваются индикаторы технического анализа, построенные на скользящем среднем.

Технический анализ – совокупность инструментов прогнозирования вероятного изменения цен на основе закономерностей изменений цен в прошлом в аналогичных обстоятельствах.

Технический анализ не рассматривает причины того, почему цена изменяет свое направление. Например, низкая доходность акций, колебания цен на другие товары или изменения иных условий не учитываются. Рассматривается лишь факт, что цена движется в том или ином направлении, или определенным образом, например, находясь в пределах какого-то интервала цен в течение некоторого времени.

Исходными данными для проведения технического анализа являются данные по цене каждой сделки и времени ее совершения.

Ввиду того, что движение цен подвержено случайным отклонениям, для получения более наглядной информации о наличии тренда производят сглаживание данных. После сглаживания тренд прослеживается более явно. Наиболее простым методом сглаживания является метод простой скользящей средней. Скользящая средняя рассчитывается как средняя арифметическая цена за n предыдущих дней, включая текущий период. Если скользящая средняя пересекает ценовой график и идет над графиком цен — это сигнал к продаже. Если скользящая средняя пересекает ценовой график и идет под графиком цен — это сигнал к покупке.

Скользящая средняя даёт сглаженную кривую, на которой более отчетливо, чем на графике цен, прослеживается тенденция к росту или падению цен. Скользящую среднюю удобно рассматривать как линию тренда. Недостатком скользящей средней является то, что все данные за интервал сглаживания входят в нее с одинаковым весом. Текущее значение цены учитывается так же, как цена $(n-1)$ дней назад, когда на рынке была совсем другая ситуация. Этот недостаток в какой-то степени уменьшается при использовании взвешенной скользящей средней. Ещё одной модификацией является экспоненциальная скользящая средняя. При подсчете экспоненциальной скользящей средней последним значениям цены также придаётся большее значение, однако при расчёте учитываются все цены предшествующего периода, а не только того отрезка, который соответствует заданному периоду сглаживания.

Индикатор «схождение-расхождение скользящих средних» (*MACD*) основан на пересечении скользящих средних. Индикатор строится как разность между двумя экспоненциальными средними с периодами 12 и 26 дней. Совместно с ним находится его экспоненциальная скользящая средняя с периодом сглаживания $n = 9$. Это так называемая сигнальная линия.

Когда *MACD* опускается ниже сигнальной линии, надо продавать, а когда поднимается выше сигнальной линии - покупать.

Во втором разделе описывается 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». При принятии решений о сделках на фондовом рынке целесообразно учитывать множество факторов, связанных с отраслевыми, региональными и индивидуальными особенностями компаний, в акции которых инвестор собирается вкладывать капитал. Ввиду специфики принятия торговых решений на фондовом рынке, очевидно, что торговая система должна работать весьма быстро, чтобы успевать принимать решения. Такой системе нужен быстродействующий алгоритм, основанный на минимальном количестве вычислительных процедур. Одним из таких алгоритмов является алгоритм на основе минимаксного критерия аппроксимации.

В ходе работы алгоритм был реализован в виде программы. Разработка программы велась на платформе Ubuntu 19.04, операционной системе, основанной на Debian GNU/Linux, но также тестировалась на Windows 7. Язык реализации программы – C++. Данный язык плохо подходит для реализации графических интерфейсов. Исправить это помогает фреймворк Qt. Средой для разработки был выбран Qt Creator, так как возможности Qt задавали вектор всей разработки.

Программа состоит из нескольких модулей. Структура программы:

1. `minimax.pro`
2. `downloader.h`
3. `downloader.cpp`
4. `main.cpp`
5. `mainwindow.h`
6. `mainwindow.cpp`

7. mainwindow.ui

Первый модуль, `minimax.pro`, является файлом проекта. Файлы проекта содержат всю необходимую информацию для того, чтобы функция `qmake` собрала программу, библиотеку или подключаемый модуль.

Второй модуль, `downloader.h`, является заголовочным файлом. Целью заголовочных файлов является удобное хранение набора объявлений объектов для их последующего использования в других модулях.

Третий модуль, `downloader.cpp`, выполняет загрузку файла с данными о торговле по ссылке на ресурс `finam.ru`. Для корректной работы программы следует выбирать формат записи в txt-файл "DATE, TIME, OPEN, HIGH, LOW, CLOSE, VOL". Непосредственный диалог программы с интернет-ресурсом реализован через класс `QNetworkAccessManager`.

Четвертый модуль, `main.cpp`, осуществляет инициализацию всей программы и запуск графического интерфейса.

Пятый модуль является заголовочным файлом для основного модуля, шестого.

Шестой модуль, `mainwindow.cpp`, содержит в себе все расчетные функции и основу графического интерфейса.

В данном модуле собирается окно графического интерфейса. Также в данном модуле задаются все рабочие файлы при помощи класса `QFile`.

Стартовое окно программы, в соответствии с рисунком 2, представляет собой окно со строкой для ввода верхней части, активной кнопки «Загрузка», окна просмотра данных, кнопки «Расчёт» и таблицы для вывода результатов.

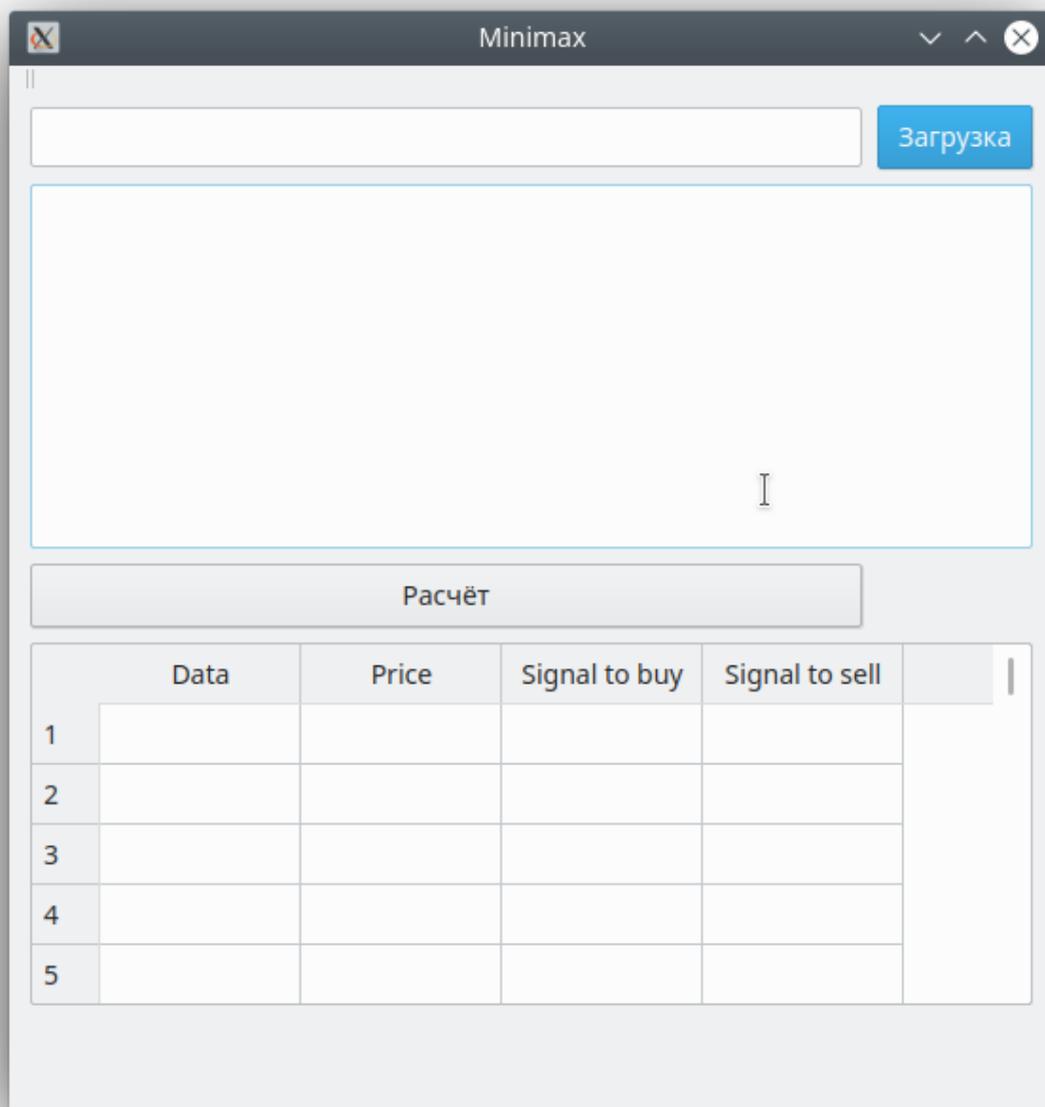


Рисунок 2 – Стартовое окно программы

В строку для ввода следует вписать ссылку на ресурс finam.ru для скачивания файла с котировками интересующих бумаг. Ссылка сохраняется при любом действии после ввода (снятие выделения, нажатие на клавишу мыши). По нажатию кнопки «Загрузка» происходит запрос на сайт finam.ru загрузчиком, реализованным в модуле `downloader.cpp`. Все данные сохраняются в рабочий `.txt`-файл как объект класса `QFile`. Просмотреть этот

файл можно здесь же, в главном окне программы, в окне просмотра под строкой ввода.

При нажатии кнопки «Расчёт» программа разбивает данные на несколько файлов-объектов класса QFile и проводит расчеты по алгоритму в соответствии с рисунком 4.

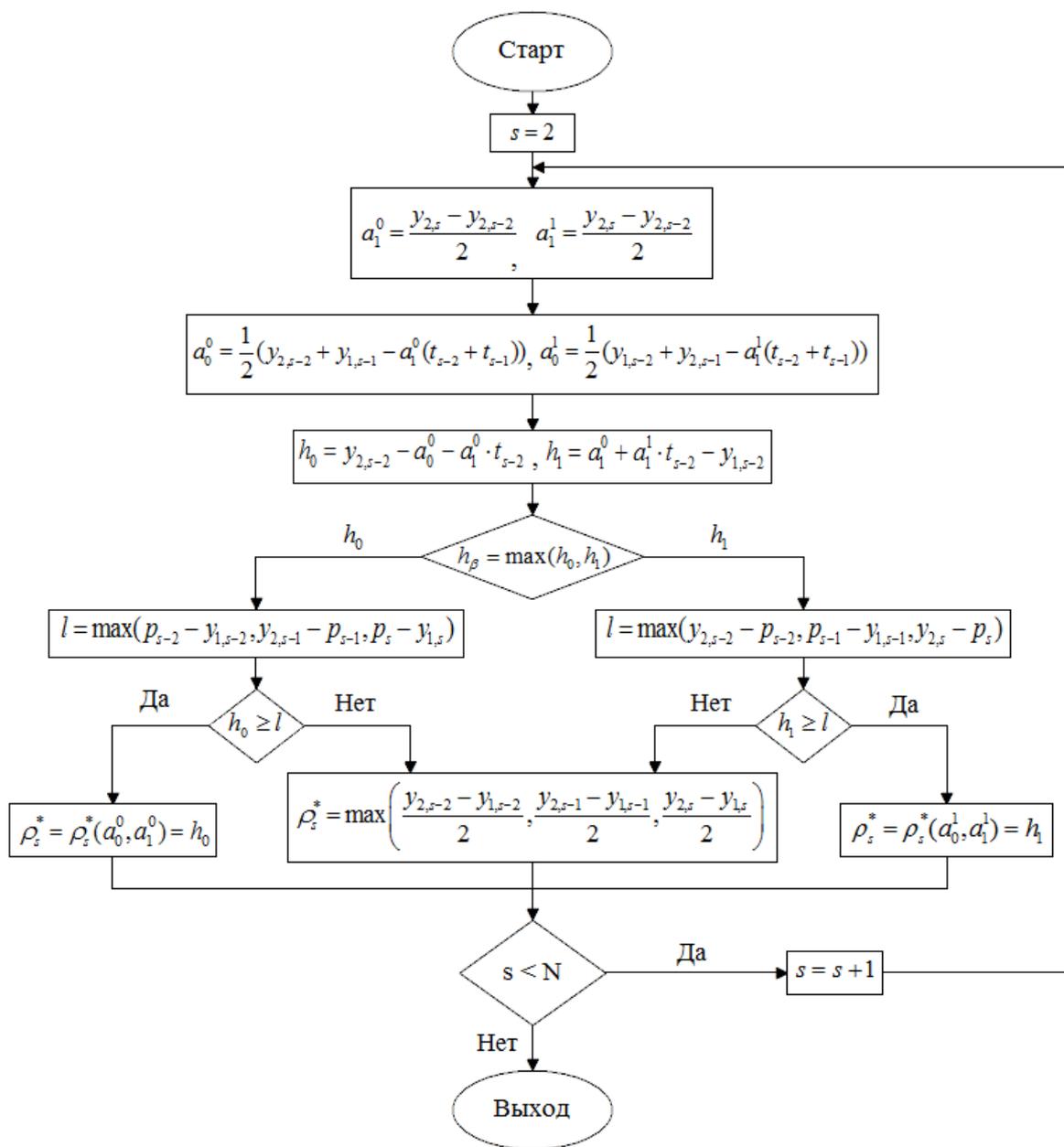


Рисунок 4 – Блок-схема алгоритма

Закончив вычисление, программа формирует таблицу со столбцами «Дата», «Цена закрытия», «Сигнал к покупке», «Сигнал к продаже».

По окончании расчетов окно программы выглядит в соответствии с рисунком 5.

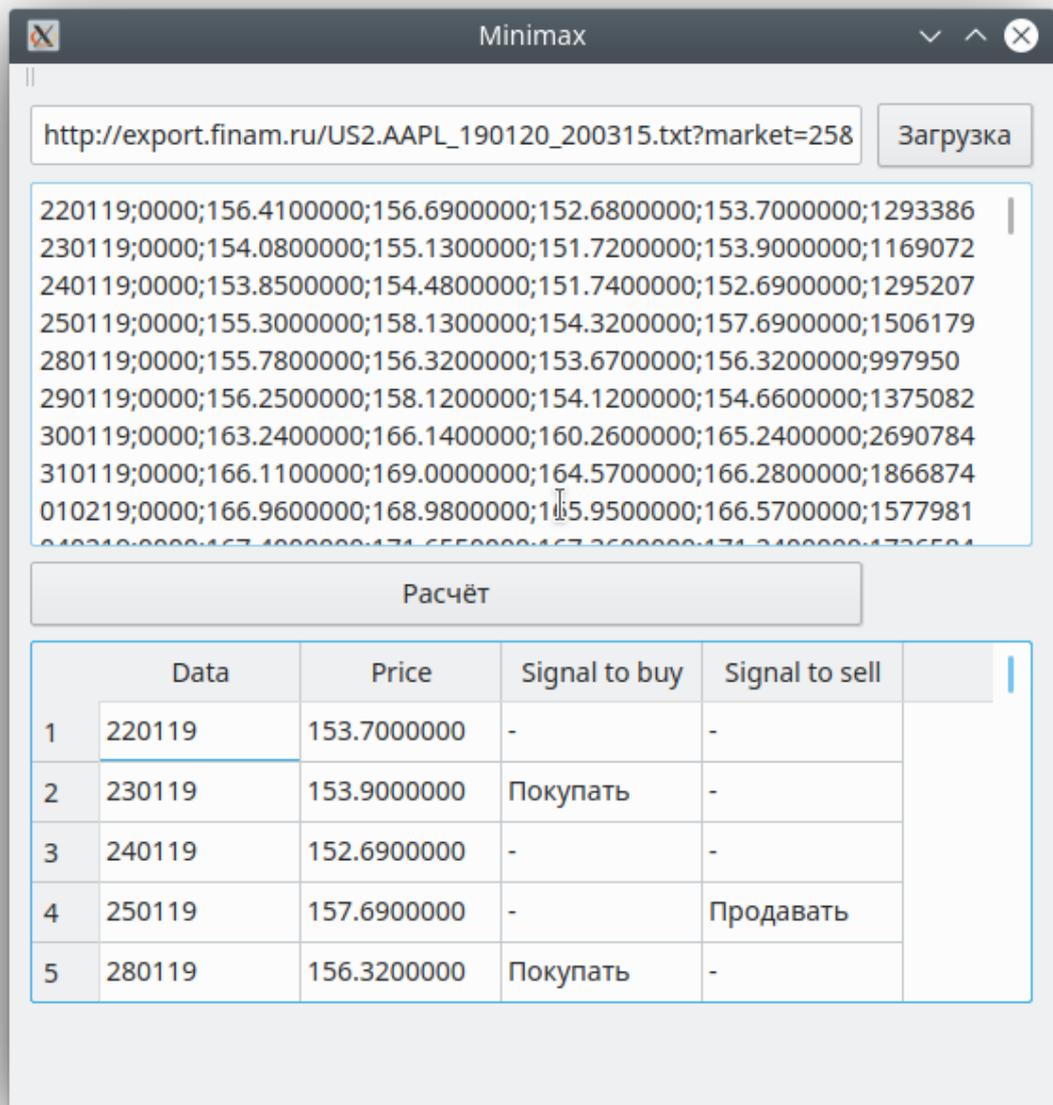


Рисунок 5 – Окно программы после расчета

В третьем разделе работы приведено описание и результаты вычислительных экспериментов. Целью экспериментов являлось определение эффективности рассмотренного в работе алгоритма и его сравнительная характеристика с другими инструментами технического анализа, основанными на скользящем среднем.

Для проверки алгоритма в ходе работы был проведен ряд экспериментов. В ходе экспериментов моделировалась задача: инвестор торгует одним видом ценных бумаг на протяжении определенного периода

времени. Целью экспериментов было узнать, на сколько процентов возрастет или уменьшится его капитал.

В экспериментах рассматривается период с 01.01.2020 по 15.04.2020. Таймфрейм – один день. Подсчет прибыли производится следующим образом: начальный капитал инвестора рассчитывается как денежный эквивалент 100 акций на первый день рассматриваемого промежутка времени. При получении сигнала на покупку акций совершается сделка по покупке акций на весь имеющийся денежный капитал по цене закрытия. При получении сигнала на продажу акций совершается сделка по продаже всех имеющихся акций по цене закрытия. При всех операциях с акциями учитывается денежный остаток после совершения предыдущих сделок. Услуги трейдеров и прочие сопутствующие издержки не учитываются.

Расчеты капитала выполнены в программе Microsoft Office Excel 2007. Для определения продуктивности алгоритма наряду с ним была рассчитана прибыль инвестора при применении простой скользящей средней и MACD для выработки сигналов торговли. Правила расчета капитала аналогичны правилам для алгоритма.

Акции компании «Магнит» на рассматриваемом участке времени имели небольшой подъем, резкое падение цены и к концу выбранного участка времени вернулись к начальной цене.

Акции компании «Полюс» росли в цене на протяжении всего рассматриваемого участка.

Акции компании «Apple» имели нисходящий тренд и подешевели относительно начала рассматриваемого периода.

Также важным различием была средняя цена за акцию каждой компании.

Технические индикаторы SMA и MACD имели переменный успех, в то время как алгоритм, рассматриваемый в работе, стабильно показывал высокую прибыль. Данные для наглядного сравнения представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Данные по успешности технических индикаторов для компании «Магнит»

Название	Кол-во сигналов	Кол-во трейдов	Прибыль
SMA	9	4	32.3%
MACD	4	2	17%
Алгоритм	12	3	63%

Таблица 2 – Данные по успешности технических индикаторов для компании «Полюс»

Название	Кол-во сигналов	Кол-во трейдов	Прибыль
SMA	4	1	12.5%
MACD	4	1	0.7%
Алгоритм	8	3	56.8%

Таблица 3 – Данные по успешности технических индикаторов для компании «Apple»

Название	Кол-во сигналов	Кол-во трейдов	Прибыль
SMA	11	5	7%
MACD	2	0	21 акция
Алгоритм	7	2	19,6%

Хорошо видно, что использование описанного алгоритма сильно повышает продуктивность привычных индикаторов, основанных на скользящих средних. Даже для компании, потерявшей по итогу в цене акций, используя алгоритм, можно было получить почти 20% прибыли.

Стоит отметить, что на растущих бумагах алгоритм вырабатывает в среднем вдвое больше сигналов. При этом на снижающихся в цене бумагах SMA дал больше сигналов, но они оказались ложными.

Заключение. При анализе объемной неоднородной информации целесообразно получить аппроксимацию динамического процесса, позволяющую сохранить нужную информацию и сделать выводы о присутствующей тенденции, а также получить дополнительный инструментарий для получения вывода о надежности классических методов анализа данных.

Индикаторы принятия торговых решений на основе интервальных данных – перспективная область исследований в финансовой сфере. Минимаксный подход к аппроксимации по сравнению с традиционными подходами, основанными на методе наименьших квадратов, сокращает время разработки, поскольку использует несколько выделенных ключевых состояний, является более помехоустойчивым, ведет к более удачной автоматизации для сложных, плохо структурированных процессов.

В работе были рассмотрены инструменты технического анализа, основанные на скользящих средних. Недостатками таких индикаторов является запаздывание и большое количество ложных сигналов.

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.

Разработан алгоритм торговли и программное обеспечение для вычисления индикатора для принятия торговых решений на основе интервальных данных и минимаксного критерия аппроксимации и обработки полученной информации. Эффективность такого алгоритма в среднем выше инструментов технического анализа, основанных на скользящих средних, более чем в два раза. Разработанное программное обеспечение позволяет пользоваться алгоритмом торговли без затруднений.