

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра дифференциальных уравнений и математической экономики
механико-математического факультета

**ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ НА ФОНДОВОМ РЫНКЕ НА ОСНОВЕ
ИНТЕРВАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 247 группы

Пресняковой Елены Сергеевны

направление подготовки
магистерской программы 09.04.03 – Прикладная информатика,
профиль Прикладная информатика в экономике

Научный руководитель
доцент, к. ф.-м.н., доцент

И.Ю. Выгодчикова

Заведующий кафедрой
зав. кафедрой, д. ф.-м. н., профессор

С.И. Дудов

Саратов 2022

Введение. При принятии решения необходимо учитывать тот факт, что динамические процессы не протекают изолированно друг от друга, и при этом создают риск потери вложенных средств (финансовых ресурсов, времени, электронных ресурсов). Поэтому важно получить не только прогнозируемое значение показателя, но также количественные оценки зашумлённости (риска, волатильности). Для решения вопросов оценки волатильности процесса в реальном масштабе времени, для отображения информации используются динамические ряды, в которых представлены интервальные данные (данными о диапазонах изменения значений некоторого количественного показателя во времени). Широко используемые методы сглаживания данные позволяют снизить уровень видимых шумов, однако увеличивают риск неадекватности модели и неточности полученного прогноза, поскольку отделить шумовые компоненты от полезного сигнала не всегда возможно ввиду неопределённости частоты усиления сигнала (большой объём сделок, избыток сетевого трафика) и неоднородности шумового сигнала во времени.

Как правило, динамика полезного сигнала аппроксимируется некоторой функцией. Но применение известных методов аппроксимации часто приводит к искажению полезного сигнала, поскольку существенные редкие отклонения от аппроксимирующей функции отфильтровываются в процессе сглаживания. Однако именно такие отклонения могут нести полезную информацию о моделируемом процессе. Примерами подобных процессов являются данные о динамике загрузки телекоммуникационного оборудования, о деформации в условиях внешних воздействий на упругое тело, о результатах торговли ценными бумагами на волатильном рынке. Следовательно, критерий аппроксимации, используемый для получения полезного сигнала, должен быть адаптирован к редким выбросам, которые должны рассматриваться как основные данные для выработки полезного сигнала, а не как случайные шумы. Удачный выбор критерия аппроксимации позволяет построить аппроксимирующую функцию, которая выявляет полезный сигнал и фильтрует помехи, шумы и случайные внешние воздействия.

Поэтому актуальным направлением исследования является разработка математических моделей временных рядов интервальных данных, позволяющих минимизировать влияние нестабильности динамических процессов и снизить издержки, обусловленные большим объёмом, зашумлённостью и неоднозначностью исходных данных. Для решения таких задач требуется разработка численных методов и эффективных алгоритмов, позволяющих решать задачи аппроксимации с высокой точностью и скоростью. Это направление исследования является актуальной, важной и новой задачей. Как правило, вид функции распределения в разных диапазонах различен или не определён. В этом случае целесообразно использовать при аппроксимации отклонение значения аппроксимирующей функции от дальней границы диапазона (по сути, являющееся расстоянием Хаусдорфа между диапазоном и значением аппроксимирующей функции), приняв допущение о том, что все диапазоны равноправны в смысле распределения данных внутри них. Для комплексного решения проблемы в плане оптимизационной модели автором предложена новая оценка риска входящих в

портфель активов, связанная с волатильностью цен акций по длине тела и фитиля японской свечи.

Научной новизной магистерской работы является разработка и компьютерная реализация инструментальной базы оценивания финансового риска и стратегии торговли акциями на основе минимаксного индикатора и нового метода стратегического решения по риск-менеджменту. В последнее время перед инвестором стоит задача сохранения капитала, для чего оптимально использовать комплексный анализ стратегически ориентированный на стабильность доходов от инвестируемых компаний. Работа посвящена оценке финансового риска на фондовом рынке с учётом диапазона ценовых изменений за каждый период торговли, обогащению инструментальной базы технического анализа по целям минимакса и комплексной программной обработки данных нескольких компаний.

Первоначально нужно найти решение, режим коррекции и статус аппроксимации тренда, который позволит судить о рациональном выборе по истории вопроса и в режиме коррекции сигнала. Выполнен анализ и две корректирующие процедуры, поставлены эксперименты (35 экспериментов, удачны 34, метод сигнала позволил осторожнее отнестись к сделкам, минимакс уточнил решение). Общий выигрыш около 18 %. При разработке стратегии принятия торгового решения на фондовом рынке возникает проблема учёта растущей волатильности торговли, связанной с увеличением объёма транзакций, при построении стратегии торговли. 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. Смысловая направленность магистерского исследования: инвестиции, оценка риска, волатильность, принятие решений.

Гипотеза магистерской работы – авторский подход позволит инвестору приобрести за аналитический период больше акций интересующих его компаний, чем при покупке акций в равных долях в рамках дивидендной стратегии, нацеленной на рост в портфеле акций надежных и прибыльных компаний высокотехнологичных отраслей. Ограничения модельного подхода состоит в следующем решении: инвестор действует от имени компании или за свой счёт на перспективу, его цель купить акции оптимально, он заинтересован в росте и процветании компании, требует чётких отчётов и надёжного уровня рентабельности. Риски становятся точкой останова при решении о покупке новых акций. Именно риски в ракурсе развития и аппроксимативной динамики дадут математический аппарат, дающий сигнал инвестору о требуемой остановке деятельности. Такие сигналы надёжно фильтруют скоропалительные решения. Лучше не предпринимать действий на фондовом рынке и занять выжидательную позицию, либо купить надёжные акции. Продажа осуществляется крайне осторожно и весьма редко, отказываться от перспективного капитала инвестор не планирует без весомых причин.

Целью работы является разработка стратегии принятия решений на фондовом рынке на основе минимаксной модели оценивания показателей волатильности для динамического ряда интервальной структуры.

Задачи магистерской работы: оценка капитала, минимаксная модель, алгоритмизация и программирование, принятие решений.

Объект исследования – ведущие российские компании: компании «Apple», которая является высокотехнологичной компанией и занимает лидирующее место среди производителей компьютеров и телефонов, крупнейший банк России Сбербанк, лидер оптового рынка «Магнит», крупнейшая по объёму добычи золота в России российская золотодобывающая компания «Полус Золото».

В автореферате представлены основные результаты разработанного инструментария.

1 Анализ ситуации для принятия оптимального решения

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.

1.1 Оценка качества решения

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.

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 утеряны 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.

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.

Автором исследования рассматриваются стандартные и новые (отношение длины фитиля к цене закрытия) индикаторы технического анализа, построенные на скользящем среднем.

1.2 Технический анализ

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.

1.3 Скользящее среднее и развитие. Скользящая средняя даёт сглаженную кривую, на которой более отчётливо, 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. Также находится экспоненциальная скользящая средняя этого индикатора с периодом сглаживания $n=9$, – сигнальная линия. Решение инвестора, когда купить: это решение реализуется если *MACD* поднимается выше сигнальной линии, продавать акции нужно только в случае крайней нужды в деньгах.

2 Компьютерная реализация метода принятия решений о сделках с акциями на основе интервальных данных и минимаксного критерия аппроксимации

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».

2.1 Начало анализа

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.

Важно найти момент удачной покупки акции, чтобы получать дивиденды, устраивающие инвестора.

Поэтому актуальным направлением в финансовой практике портфельного анализа и теории рисков является разработка важных индикаторов, на которых основана модель принятия решений. В основе разработки служит программный подход. Именно программирование по ситуационному анализу данных позволит инвестору выбрать нужные компании и застраховаться от неприемлемой ситуации, мешающей его развитию в плане усовершенствования, роста, образования и доходности.

2.2 Программа (описание)

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, `mainwindow.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 1, представляет собой окно со строкой для ввода верхней части, активной кнопки «Загрузка», окна просмотра данных, кнопки «Расчёт» и таблицы для вывода результатов.

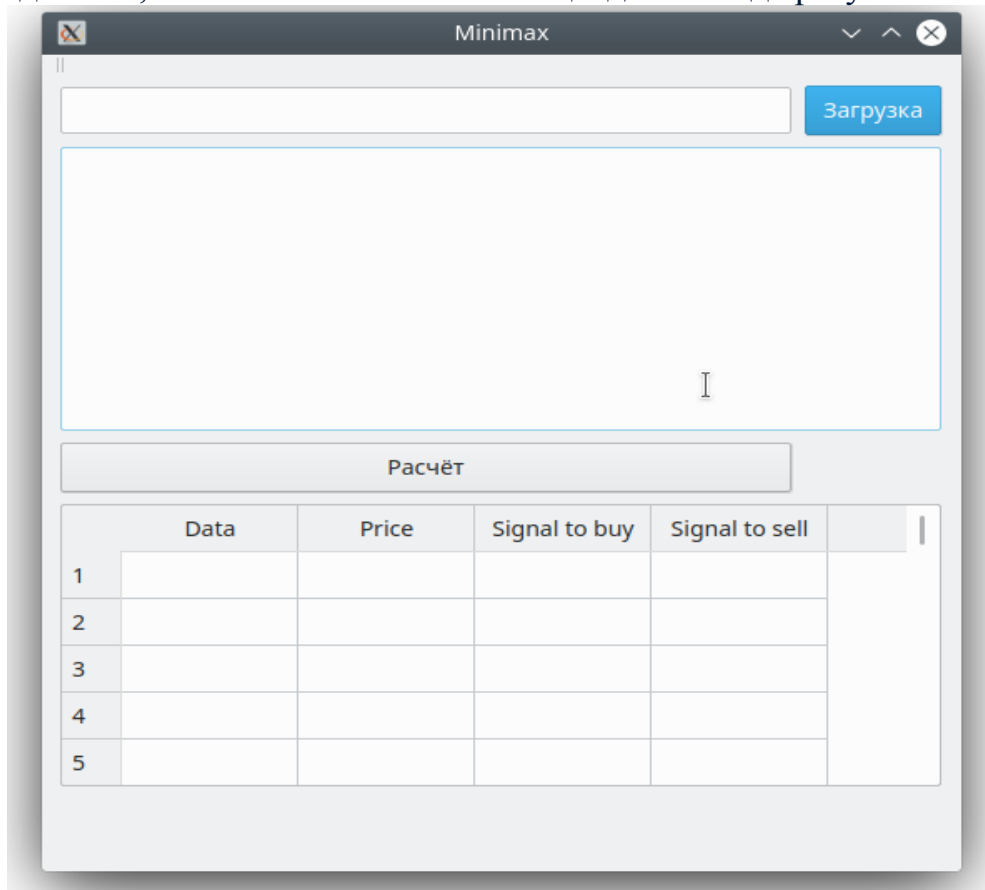


Рисунок 1 – Стартовое окно программы расчёта рисков в портфеле

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 2.

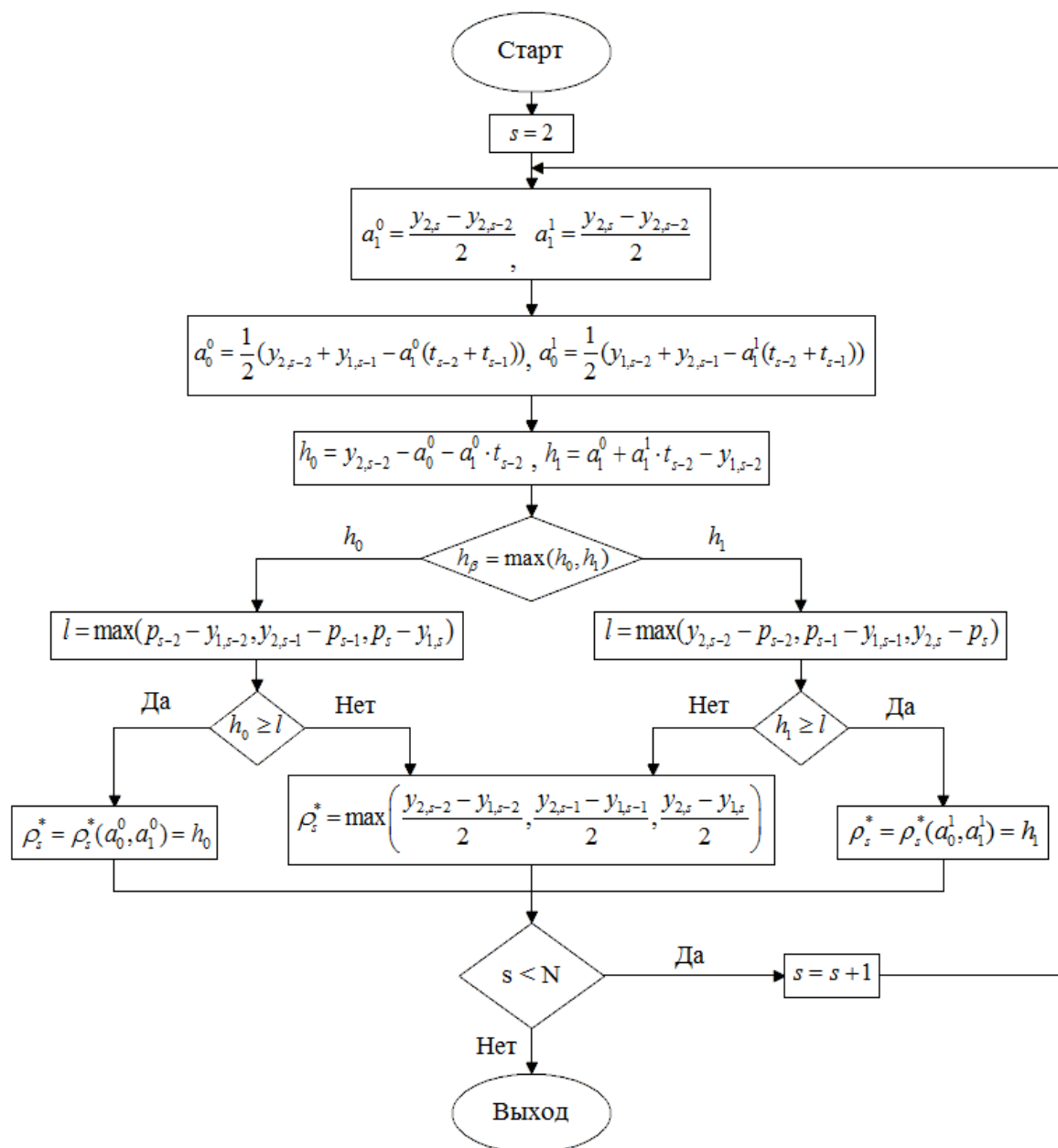


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма оценки компаний

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 3.

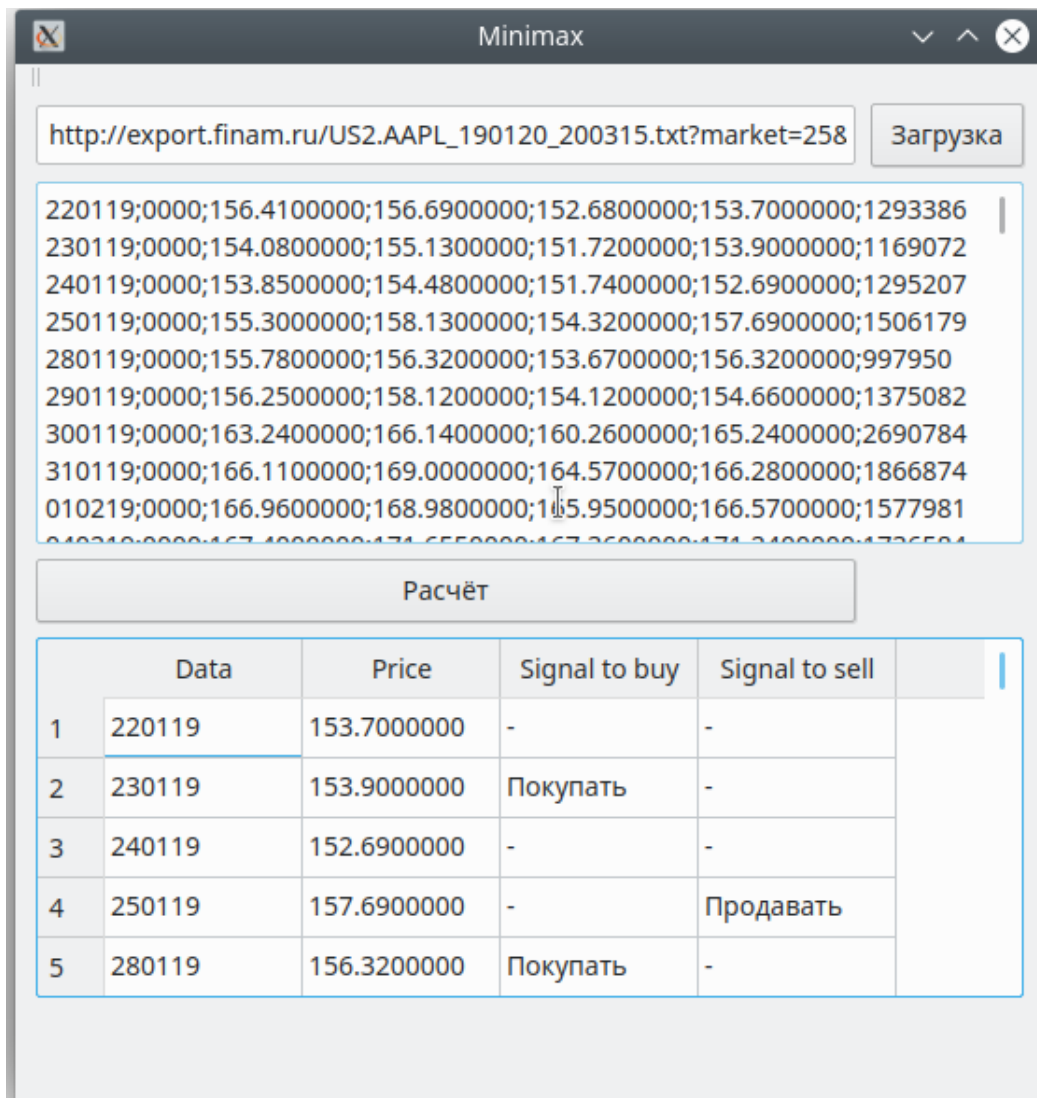


Рисунок 3 – Окно программы после расчета рисков

2.3 Эксперимент, минимаксный критерий

Для проверки алгоритма в ходе работы был проведен ряд экспериментов. Целью экспериментов являлось определение эффективности рассмотренного в работе алгоритма и его сравнительная характеристика с другими инструментами технического анализа, основанными на скользящем среднем.

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.

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

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

3) 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%

Ясно, 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 [6, 7]. При этом на снижающихся в цене бумагах SMA дал больше сигналов, но они оказались ложными.

2.4 Новый индикатор

Вычислительный эксперимент выполнен на основе данных торговли акциями компании «AAPL», 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) (таблица 4).

Таблица 4 – Результат торгового решения для акций «AAPL»

Дата	Цена открытия, руб.	Цена закрытия, руб.	SMA 5	Сигнал SMA	Минимум с (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	81,2			
08.06.2020	82,56	83,36	81,7		+	Ожидание
09.06.2020	83,04	86	82,8		-	Ожидание
10.06.2020	86,97	88,21	84,2		+	Покупка
текущий капитал (минимум) 113 акций и 32,27 руб.						
				продажа ¹	+	Ожидание
11.06.2020	87,33	83,97	84,9			
12.06.2020	86,18	84,7	85,2		+	Ожидание
15.06.2020	83,31	85,75	85,7		+	Ожидание
16.06.2020	87,86	88,02	86,13		+	Ожидание
17.06.2020	88,79	87,9	86	Покупка ²	+	Ожидание
18.06.2020	87,85	87,93	87		+	Ожидание
19.06.2020	88,66	87,43	87		+	Ожидание
22.06.2020	87,83	89,72	88		+	Ожидание
23.06.2020	91	91,63	89		+	Ожидание
24.06.2020	91,25	90,01	89		+	Ожидание
25.06.2020	90,18	91,21	90		+	Ожидание
26.06.2020	91,1	88,41	90	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	9		+	Ожидание

¹ Продажа акций (повышение SMA, цена ниже SMA)

² Покупка акций (снижение SMA, цена превысила SMA)

				Покупка (снижение SMA, цена превысила SMA)	+	Ожидание
30.06.2020	90,02	91,2	90			
01.07.2020	91,28	91,03	90		боковой тренд	Продажа
02.07.2020	91,96	91,03	90	Покупка (снижение SMA, цена превысила SMA)	боковой тренд	Ожидание
06.07.2020	92,5	93,46	91		+	Ожидание
07.07.2020	93,85	93,17	92		+	Ожидание
08.07.2020	94,18	95,34	93		+	Ожидание
09.07.2020	96,26	95,75	94		+	Ожидание
10.07.2020	95,33	95,92	95		+	Ожидание
текущий капитал по минимуму 10318,66 руб., текущий капитал по SMA 110 акций и 25,63 руб.						

Предложенный метод позволил за месяц повысить капитал на 3,2% в денежное выражение.

Заключение. В работе предложен инструментарий принятия решений на фондовом рынке для высокотехнологичных компаний. Подобные задачи предполагают высокоуровневый предварительный мониторинг компаний и применение математических методов и быстродействующих алгоритмов. В работе предложен новый индикатор финансового рынка для компании Apple для роботизированных систем принятия решений, который позволяет повысить эффективность торговли за счёт учёта тренда и волатильности торговли на основе интервальных данных. Целесообразно применять такой индикатор на практике для программирования торговых роботов. Работа состоит из 56 страниц, содержит 20 использованных источников.

Следует отметить, что при принятии решений о сделках на фондовом рынке необходим высокоуровневый предварительный мониторинг компании и применение математических методов и быстродействующих алгоритмов. В работе были рассмотрены инструменты технического анализа, основанные на скользящих средних. Недостатками таких индикаторов является запаздывание и большое количество ложных сигналов. Разработанное программное обеспечение позволяет пользоваться алгоритмом торговли для принятия решений инвестору без необходимости выполнения дополнительного анализа. Теперь точно понятно, что акции Сбербанка будут расти, покупать при первой корректировке было рискованно, теперь 20-21 апреля, цена минимальна, и инвестору целесообразно покупать акции в этот период.

Автор считает, что покупать акции Сбербанка можно будет примерно до 12 мая, затем нужно подождать поведения акций после праздников и перед решением о выплате дивидендов. Акции Полиус Золото достаточно стабильны, их целесообразно держать в портфеле в качестве страхующего инструмента. Для тестирования программы и разработанного инструментария в работе также использованы данные компаний Магнит, Apple. Автор считает целесообразным глубокую проработку инвестиционного решения, особенно осторожно нужно отнестись к решению о продаже акций, покупка перспективна для получения дивидендов в будущем.