

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра математической экономики

**РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ ПРИНЯТИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ
РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЛАЙН-АППРОКСИМАЦИИ
ДИНАМИКИ ЦЕН
АКЦИЙ СБЕРБАНКА РОССИИ**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 3 курса 391 группы

направления 38.04.03 – Экономика

механико-математического факультета

Ивлиева Алексея Романовича

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

И.Ю.Выгодчикова

Зав. кафедрой
д.ф.-м.н., профессор

С.И. Дудов

Саратов 2019

ВВЕДЕНИЕ

Любые инвестиции (финансовые вложения), в том числе вложения в покупку ценных бумаг или в какие-либо инвестиционные проекты – это вложения денежных средств с целью получения прибыли. Но обычно инвесторам или предпринимателям никто не может дать 100%-ной гарантии того, что ожидаемая прибыль действительно будет получена.

Поэтому, планируя свои вложения, любой инвестор или предприниматель должен оценивать не только ожидаемую доходность, но и возможный риск финансовых потерь.

Как правило, высокая доходность сопряжена и с повышенным риском. Поэтому выработать верный алгоритм инвестиционного решения важно при реализации задуманного инструментария. Обогащать инструментарий можно логическими правилами и математическими методами. Логические правила предполагают правильное представление о динамике торговли. Математический метод решения состоит в своевременном прогнозе совершаемых сделок. В центре внимания математический метод обработки интервальных данных, а также развитие за счёт аппроксимации при состыковке полиномиальных сплайнов.

Принципиальная новизна исследования состоит в применении интервальных данных (минимум и максимум цены за каждый период), при этом последняя сделка считается завершающей и её цена приравнивается к цене закрытия за этот торговый день.

Решения о приобретении ценных бумаг или иных финансовых активов принимаются не только с учетом будущих доходов, но и с учетом рисков будущих потерь (не оправданных инвестиционных затрат).

Принятие инвестиционных решений требует обработки широкого массива неоднородных данных. В такой ситуации прогнозы, основанные на экспоненциальных скользящих средних, осцилляторах и прочих индикаторах, не дают ощутимого результата. Поэтому разработка инструментария моделирования временных рядов по многозначным ценовым данным с

использованием полиномиальных сплайнов является **новой, актуальной и важной задачей**.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка инструментария принятия инвестиционных решений с использованием сплайн-аппроксимации.

Гипотеза исследования: разработанный инструментарий позволяет увеличить прибыль инвестора, по сравнению с индикатором «скользящее среднее» и может применяться для принятия эффективного решения по сделкам с акциями.

Объект исследования – результаты торговли ценными бумагами (компаний ПАО «Сбербанк», ООО «Лента») за период с 2017г. по 2019г.

Для достижения поставленной цели в выпускной квалификационной работе необходимо решить следующие **задачи**:

- изучить научные публикации по теме принятия инвестиционных решений;
- разработать программу принятия решений о сделках с ценными бумагами;
- провести вычислительные эксперименты с использованием стандартных подходов и нового инструментария на примере компаний ПАО «Сбербанк», ООО «Лента»;
- проанализировать полученные результаты для принятия решения по сделкам с акциями;
- сделать выводы, помогающие инвестору развивать деятельность и получать прибыль независимо от режима и масштаба финансовых операций.

Научная новизна исследования заключается в том, что был разработан инструментарий принятия инвестиционных решений с использованием аппроксимации динамики цен, создана методика состыковки полиномиальных сплайнов, формирующих профиль динамического процесса и указывающих на периодичность, амплитуду и режим смены текущего тренда.

Выполнены вычислительные эксперименты для акций Сбербанка России, продемонстрирован обширный анализ проблематики с использованием

применения разработанной методики и инструментария для оценки акций конкурирующих компаний. Решение выполнено на основе авторского (совместно с научным руководителем работы) алгоритма обработки данных.

Практическая значимость проводимой работы заключается в представлении решения серии практических задач, а именно, рекомендаций по принятию решения, оценке профиля динамического процесса для анализируемых компаний.

Основное содержание работы. Выпускная работа магистра состоит из трёх частей.

В первой части магистерской работы «Инструментарии инвестиционных решений» раскрывается понятие инвестиционных решений, проводится обзор научных работ по теме формирования инвестиционной стратегии, строится модель исследования.

Во второй части магистерской работы «Модель сплайнов с использованием минимаксного критерия» дано теоретическое обоснование модели, а также приводится алгоритм принятия инвестиционного решения и его блок-схема.

В третьей части магистерской работы «Программная реализация инвестиционного решения» проводится вычислительный эксперимент по покупке-продаже акций ПАО «Сбербанк» и ООО «Лента», сравниваются результаты различных стратегий, делаются выводы.

Введение содержит следующие положения: актуальность выбранной темы исследования, цель работы, объекты и предмет исследования.

Первый раздел «Инструментарий инвестиционных решений» содержит понятие инвестиционного риска. Один из важных видов риска – инвестиционный риск, именно инвестиции должны обещать высокую прибыль, но исключать высокий риск потери капитала. Основная связанная с инвестированием задача – формирование портфеля ценных бумаг через распределение инвестиционного капитала среди различных ценных бумаг. Однако прежде чем формировать портфель необходимо оценить каждую

бумагу изолированно, чтобы понять, насколько она перспективна в качестве стратегической компоненты портфеля.

Так же идёт повествование о методах оценки риска. Методы оценки инвестиционного риска на рынке ценных бумаг разнообразны (статистический анализ, факторный анализ, метод экспертных оценок, экономико-математическое моделирование и др.). В то же время отсутствует общепринятая методика оценки инвестиционного риска, нет методики анализа инвестиционной надежности различных ценных бумаг.

В данном разделе приводятся факторы, которые влияют на успех инвестора в процессе вложения денежных средств в ценные бумаги. Можно выделить объективные факторы и субъективные факторы, которые влияют на успех инвестора в процессе вложения денежных средств в ценные бумаги. Объективные факторы от инвестирующего лица не зависят, а субъективные факторы, соответственно, имеют прямую зависимость от владельца ценных бумаг. В первом случае (объективные факторы), в роли таких особенностей выступают возможность осуществления процесса торговли и наличие материальных активов для осуществления выгодных и успешных торгов. Во втором случае (субъективные факторы), такими факторами необходимо считать корректный подбор стратегии и плана торговли, непосредственное обоснование рисков, терпение и точное следование плану, удача и интуиция инвестора.

В работе представлен обзор публикаций по теме формирования инвестиционной стратегии. В них описывается разработка собственных методов принятия решения или улучшение уже существующих, а также подтверждается эффективность этих методов с помощью вычислительных экспериментов на примере различных компаний.

Для оценки риска и доходности инвестиционного портфеля необходимо проводить многофакторный анализ, который может базироваться на различных математических моделях. Поэтому инвесторы обращаются к математическим моделям, основой которых служат модели аппроксимации процесса торговли ценными бумагами, позволяющие сделать прогноз и принять верное решение достаточно быстро. В работе применена следующая математическая модель

аппроксимации, использующаяся для анализа тенденции в форме сплайна, фильтрующего лишние шумы и позволяющего выполнить коррекцию уже принятых решений о покупке/продаже акций для последующей модификации стратегии принятия решений (применение минимаксного индикатора риска). Пусть t_k – периоды торговли (k – номер торгового дня, $k = \overline{0, N}$), $T = \{t_0 < \dots < t_N\}$: $y_{1,k}$ – минимум цены за торговый день, а $y_{2,k}$ – максимум цены, $\sigma = \{t_{s-2} < t_{s-1} < t_s\} \subset T, s = \overline{2, N}$.

Во втором разделе «Модель сплайнов с использованием минимаксного критерия» рассматривается задача: $\rho(A) = \max_{k=0, N} f(A, t) \rightarrow \min_{A \in R^{n+1}}$, где $f(A, k) = \max\{y_{2,k} - \rho_n(A, t_k); \rho_n(A, t_k) - y_{1,k}\}$.

Функция $f(A, k)$ определяет расстояние от значения аппроксимирующего полинома $\rho_n(A, t_k)$ до дальней границы диапазона (интервала) $[y_{1,k}; y_{2,k}]$ в каждом узле сетки t_k и является, по сути, ошибкой аппроксимации. Задача (2) позволяет достичь минимума максимальной (по всем узлам сетки T) из этих ошибок.

В данном разделе приведены теоремы, доказывающие необходимые и достаточные условия, для того чтобы вектор A был решением задачи $\rho(A) \rightarrow \min_{A \in R^{n+1}}$. Для получения коэффициентов аппроксимирующего полинома следует решить следующие системы линейных уравнений (относительно компонент вектора A и неизвестных величин h_0 и h_1 , соответственно):

$$\varphi_{0,j_k} - \rho_n(A_0, t_{j_k}) = (-1)^k h_0, k = \overline{0, n+1} \setminus \{r\}, \rho_n(A, t_{j_r}) = y_s$$

$$\varphi_{1,j_k} - \rho_n(A_1, t_{j_k}) = (-1)^{k+1} h_1, k = \overline{0, n+1} \setminus \{r\}, \rho_n(A, t_{j_r}) = y_s$$

Решением задачи $\rho(A) \rightarrow \min_{A \in R^{n+1}}$ будут коэффициенты полинома A_i , полученные в результате решения систем, для которого на некотором базисе $\sigma \subset T$, содержащем узел t_s , имеет место равенство $\rho(A) = h_i$ для $i = 0$ или $i = 1$.

Так же в этом разделе приведён алгоритм решения задачи и продемонстрировано его представление – блок-схема.

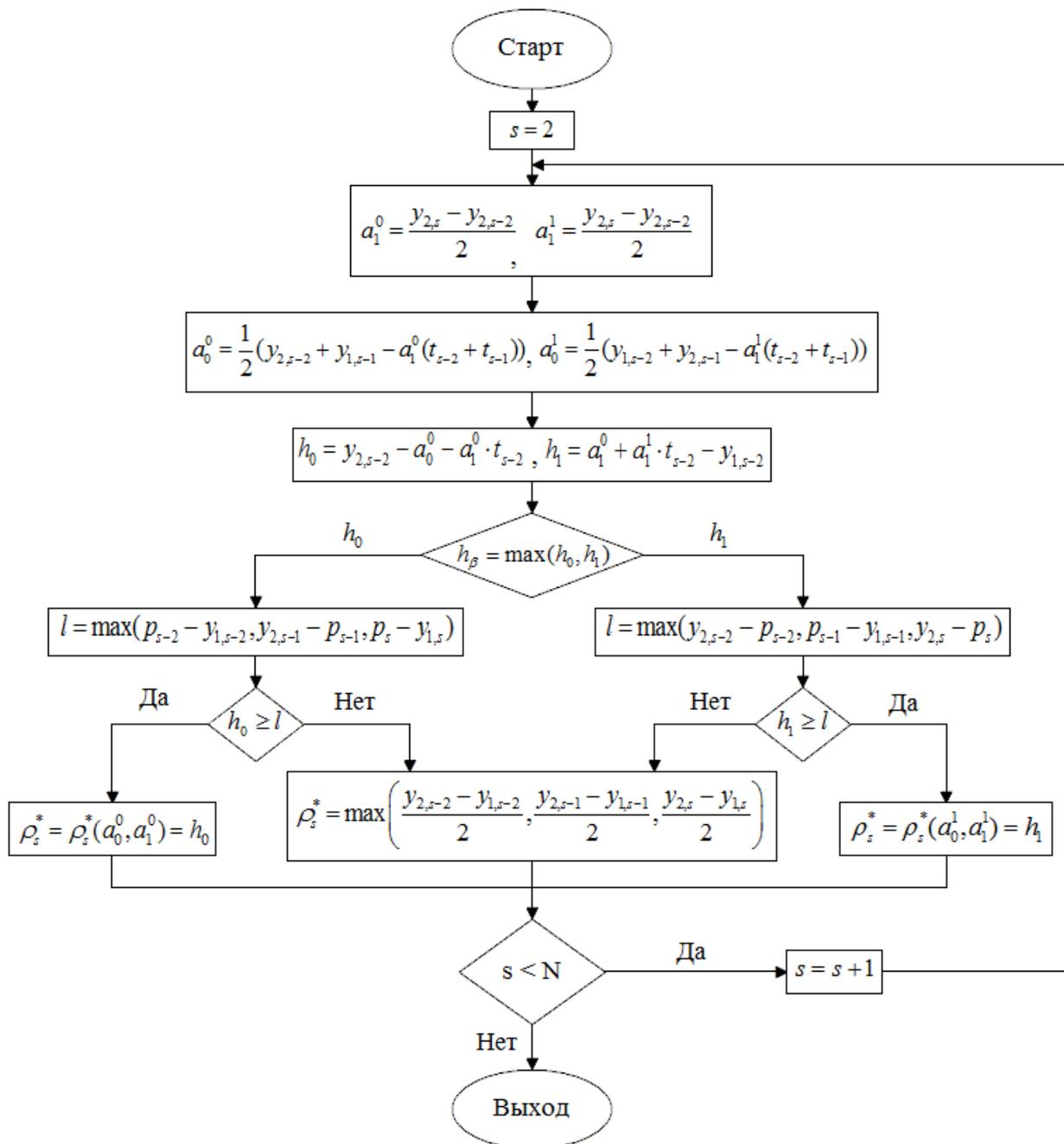


Рисунок 2.1 — Блок-схема вычислительного процесса

В третьем разделе магистерской работы «Программная реализация инвестиционного решения» проводится вычислительный эксперимент по покупке-продаже акций ПАО «Сбербанк» и ООО «Лента», сравниваются результаты различных стратегий, делаются выводы.

В качестве программного средства вычислений было использовано приложение для работы с электронными таблицами - Microsoft Excel 2013.

Для начала были собраны и проанализированы данные торгов акциями за несколько месяцев. Выполнен расчёт аппроксимаций и продемонстрировано решение (сплайн-профиль торговли и совокупность сигналов).

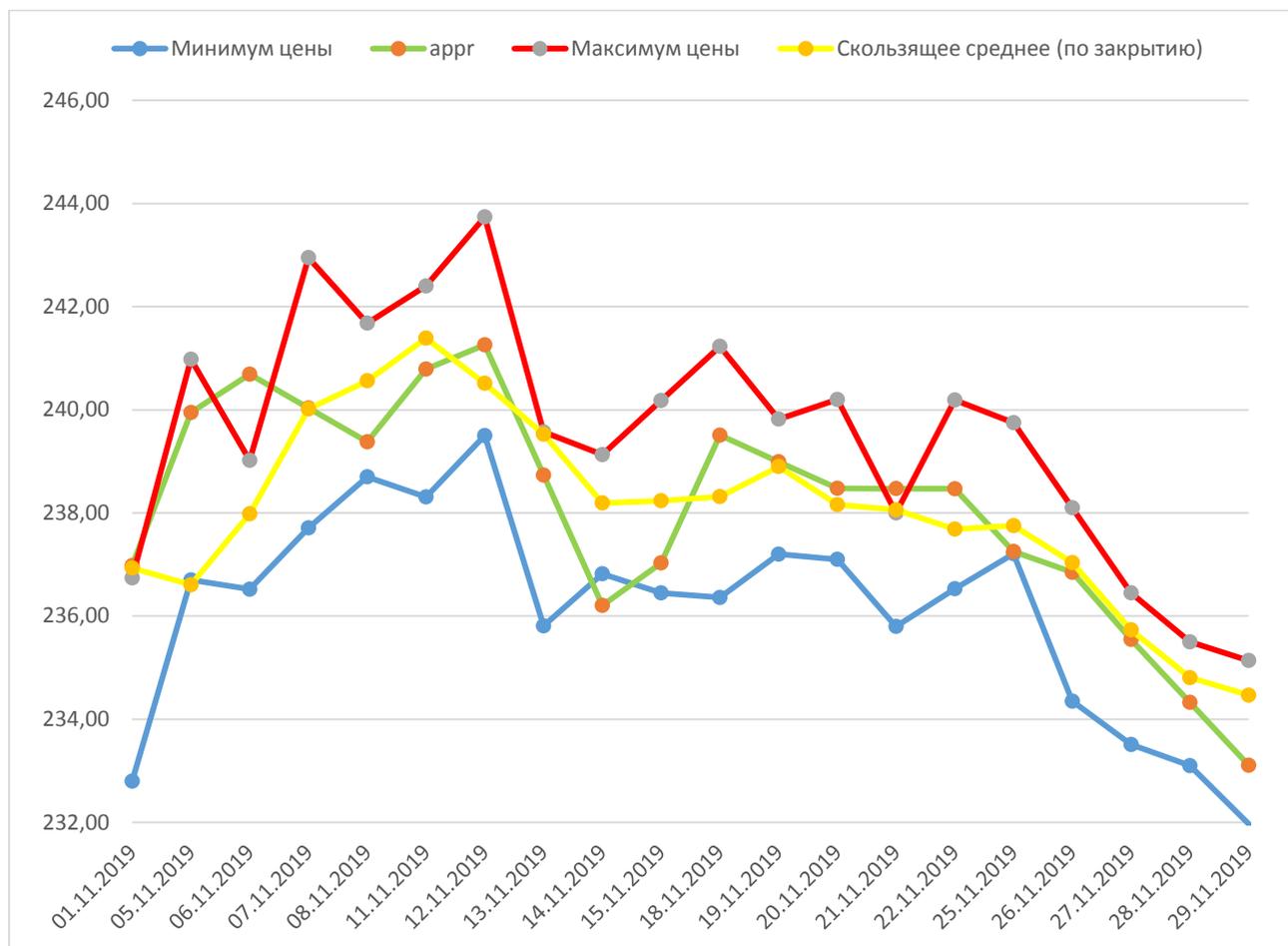


Рисунок 2 - Динамика цен акции «Сбербанка» в рублях за ноябрь 2019 г.

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 5 представлены результаты анализа.

Таблица 1 – Результат торгового решения для акций «Сбербанк»

Дата	y_1	y_2	y	MA(9)	$y - MA(9)$	Сигнал (стандартный подход)	Капитал (стандартный подход)	p	Сигнал (с коррекцией)	Капитал (после коррекции)
22.10.2019	235	239,77	239,77					2,89		
23.10.2019	237,76	240,18	239,57					2,63		
24.10.2019	239,06	242,78	242,78					2,63		
25.10.2019	237,85	242,77	240					2,60		
28.10.2019	235,25	242,33	237,03					3,54		
29.10.2019	236	240,2	240,11					3,54		
30.10.2019	237,85	242,2	239,51					3,54		
31.10.2019	234,01	242	234,89					4,18		
01.11.2019	232,8	236,74	236,4	238,86	-2,46		1 000 акций (236 400 руб.)	4,18		1 000 акций (236 400 руб.)
05.11.2019	236,7	240,98	238,53	238,78	-0,25			4,18		

06.11.2019	236,52	239,02	239,02	239,08	-0,06			4,18		
07.11.2019	237,71	242,95	242,5	238,82	3,684	продать	242 500 руб.	4,17	продать	242 500 руб.
08.11.2019	238,7	241,68	240,17	238,97	1,204			4,17		
11.11.2019	238,31	242,4	241,5	239,25	2,25			2,92		
12.11.2019	239,5	243,74	239,87	238,96	0,91			2,48		
13.11.2019	235,81	239,57	237,21	238,76	-1,55	купить	1 022 акции и 71,38 руб.	2,92	купить	1 022 акции и 71,38 руб.
14.11.2019	236,82	239,13	237,5	239,27	-1,77			2,92		
15.11.2019	236,45	240,18	240	239,38	0,625	продать	245 351,38 руб.	1,88	продать	245 351,38 руб.
18.11.2019	236,36	241,23	237,45	239,45	-2	купить	1 033 акции и 65,53 руб.	2,43	Ожидание (тренд не устойчив)	
19.11.2019	237,2	239,82	239,25	239,32	-0,07			2,43		
20.11.2019	237,1	240,2	237,78	238,79	-1,01			2,43		
21.11.2019	235,8	238	237,15	238,58	-1,43			1,85	купить	1 034 акций и 138,28 руб.
22.11.2019	236,53	240,19	238,13	238,23	-0,1			2,20		
25.11.2019	237,21	239,75	237,98	237,75	0,235	продать	245 898,87 руб.	2,02	продать	246 209,6 руб.
26.11.2019	234,35	238,1	235	237,45	-2,45	купить	1 046 акций и 88,87 руб.	2,43	Ожидание (тренд не устойчив)	
27.11.2019	233,51	236,45	234,22	237,22	-3			1,88	купить	1 051 акция и 44,38 руб.
28.11.2019	233,1	235,5	235,2	236,61	-1,41			1,88		
29.11.2019	231,97	235,14	233,98	236,52	-2,54			1,58		

Предложенный метод позволил менее чем за месяц повысить капитал (в акциях ПАО «Сбербанк») с 1000 до 1046 штук (на 4,6%), после коррекции капитал (в акциях) увеличился с 1000 до 1051 штук.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы был разработан инструментарий, основанный на использовании сплайн-аппроксимации и позволяющий учесть наличие дополнительных ограничений в точках склейки. Инструментарий позволяет предсказывать изменение цен на акции, а его скорость реагирования и эффективность повышаются по сравнению с индикатором «скользящее среднее» за счёт применения дополнительных сигналов о тренде и волатильности торговли, полученных по минимаксному критерию на основе интервальных данных.

При торговле на фондовом рынке необходимо более осторожно использовать торговые стратегии и отказаться от совершения сделок при росте

минимаксного критерия риска. Большое внимание следует уделить началу торговли, для получения первого сигнала нужно проанализировать предысторию торговли – сделка будет совершена только при сформированном тренде, по минимаксному критерию и учёте рекомендаций стандартных методов технического анализа.

Описан алгоритм принятия решения о сделках с акциями на фондовом рынке. Все шаги алгоритма математически обоснованы.

Проведены вычислительные эксперименты на примере исследований динамики цен на акции ПАО «Сбербанк» и компании «Лента» за сентябрь-ноябрь 2019г., в результате которых получена оптимальная аппроксимация ценового ряда с использованием полиномиальных сплайнов.

Полученный инструментарий помогает увеличить прибыль инвестора. Представленные результаты могут быть полезны для формирования и обоснования стратегии при принятии экономических решений.