

УТВЕРЖДАЮ

Директор федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Институт вычислительной математики
и математической геофизики Сибирского
отделения Российской академии наук,

д.ф.-м.н., профессор РАН

М.А. Марченко

«14» апреля 2025 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт
вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения
Российской академии наук на диссертационную работу Аботалёб Мостафа Салахелдин
Абделсалам «Алгоритмы прогнозирования временных рядов на основе взвешенного
метода наименьших модулей», представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика,
кибернетика».

Актуальность темы работы. Анализ временных рядов является активно
используемым инструментом в различных областях, например, в метеорологии,
финансовой математике, эпидемиологии. Результаты этого анализа используются, в том
числе, для прогнозирования реальных процессов. В этой области можно выделить
несколько важных задач. Первая задача – разработать алгоритмы анализа, которые
позволяют получить максимальный объем информации из имеющегося объема данных.
Вторая – разработать эффективные (т.е. быстрые и требующие малого количества
компьютерной памяти) алгоритмы анализа временных рядов в тех случаях, когда объем
обрабатываемых данных очень велик. Еще одной важной задачей является задача
построения различных типов прогнозов (кратко-, средне- и долгосрочных). Из сказанного
следует безусловная актуальность темы диссертации, посвященной разработке нового
алгоритма прогнозирования временных рядов и созданию комплекса программ,
позволяющего выбрать оптимальный метод анализа и прогнозирования в зависимости от
типа данных и их объема.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав,
заклЮчения и списка литературы. Объем работы составляет 182 страницы, из которых
22 страницы занимает библиография.

Содержание диссертации. Во введении обоснована актуальность темы исследования и описана степень ее разработанности, изложены цели и задачи работы, указаны используемые методы исследования, сформулированы выносимые на защиту положения, приведены сведения об апробации результатов, их теоретической и практической значимости, представлена информация о публикациях соискателя.

В первой главе приведены обзор и результаты анализа различных типов существующих методов прогнозирования временных рядов. Во второй главе представлен новый метод определения коэффициентов разностного квазилинейного уравнения по временному ряду, основанный на методе наименьших модулей с подбором весов. В третьей главе рассмотрен разработанный соискателем комплекс программ для прогнозирования временных рядов, включающий в себя реализацию как известных статистических и нейросетевых подходов, так и реализацию метода, предложенного в первой главе. В четвертой главе описаны результаты вычислительных экспериментов, связанных с применением предложенного метода для решения различных практических задач. Заключение содержит результаты исследования и рекомендации по их применению.

Степень обоснованности и достоверности результатов определяется корректным использованием современного математического аппарата, существенным объемом вычислительных экспериментов и публикацией результатов в специализированных научных рецензируемых изданиях.

Научная новизна. В диссертации предложен и апробирован новый, основанный на методе наименьших модулей, метод определения коэффициентов разностного квазилинейного уравнения по временному ряду для прогнозирования развивающихся процессов. Представленный метод позволяет эффективно минимизировать функцию потерь. Кроме этого, в работе представлены результаты программной реализации подхода к детальному исследованию свойств и прогнозированию временного ряда на основе статистических, нейросетевых и квазилинейных моделей.

Научная значимость. Теоретическая значимость работы базируется на том, что в ней представлен и обоснован новый метод нахождения коэффициентов разностного квазилинейного стохастического уравнения по заданному временному ряду. Прикладная ценность диссертации заключается в том, что рассмотренные методы и подходы к исследованию и прогнозированию временных рядов реализованы в виде официально зарегистрированных программных комплексов, которые могут использоваться сторонними специалистами.

Рекомендации по использованию результатов и выводов. Полученные теоретические результаты и созданные программные комплексы могут быть использованы специалистами, занимающимися обработкой и анализом временных рядов. В частности, предложенный подход может применяться сотрудниками Гидрометцентра России и РГГМУ при анализе временных рядов метеорологических параметров, сотрудниками Воронежского ГАУ и других аграрных ВУЗов в образовательных и научных целях для исследования продуктивности (урожайности) сельскохозяйственных культур.

Публикации и апробация. Основные результаты работы были представлены на 17 международных и всероссийских научных конференциях, а также опубликованы в 7 статьях, 3 из которых – в журналах, входящих в список ВАК, и еще 4 – в изданиях, индексируемых в Web of Science и/или Scopus. Четыре работы подготовлены Аботалевым М.С.А. без соавторов. Соискателем получено 5 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Тематика, содержание и полученные результаты диссертационного исследования М.С.А. Аботалева соответствуют п. 9. «Математическая теория исследования операций» направлений исследований паспорта специальности 1.2.3. – Теоретическая информатика, кибернетика.

Замечания по диссертационной работе. Все замечания по диссертации можно условно разделить на технические и содержательные/смысловые.

Сначала перечислим содержательные:

1. Рассмотрим формулировку утверждения 4 на стр. 92: «Пусть $\{Y_t\}_{t=1}^T$ – временной ряд, смоделированный с помощью квазилинейной регрессии с параметрами $a \in R^n$. Пусть алгоритм итеративной оптимизации обновляет параметры с a до a' на каждой итерации таким образом, что $|a' - a| \leq \epsilon$, где ϵ – это малый положительный скаляр. Эти обновления предназначены для обеспечения сходимости оценок параметров, согласованности параметров модели от $T \rightarrow \infty$ и устойчивости выходных прогнозов на каждой итерации». Где в этой формулировке утвердительная часть? Скорее всего, соискатель имел в виду, что если $|a' - a| \leq \epsilon$, то оценки параметров сходятся, параметры модели согласованы при $T \rightarrow \infty$ и выходные прогнозы на каждой итерации устойчивы. Кроме того, вместо доказательства этого утверждения размещены лишь комментарии, касающиеся этого доказательства. Так, например, в комментариях написано «В доказательстве описываются условия...», «В этой части доказательства

рассматриваются условия, при которых модель устойчива». Где это доказательство и каковы условия?

2. В п. 2.3 приведено описание алгоритма PredictorEstimator, однако в экспериментальной части работы отсутствует пример его применения.

3. Хотелось бы, чтобы у диссертации было указано, какой датчик псевдослучайных чисел использован при создании представленного в работе программного комплекса. Качество датчика (а именно, величина его периода) могут оказать существенное влияние при работе ряда запрограммированных методов в условиях большого объема данных.

4. Присутствует погрешность в доказательстве теоремы 4 на стр. 91. После слов «Для этого используем разложение Тейлора до второго порядка:» приведена не формула Тейлора, а лишь значение второй производной функции потерь.

К техническим замечаниям можно отнести следующие:

5. В п. 4.1.1 речь идет о нормализованном разностном индексе растительности и приведено его определение. При этом, отсутствуют ссылки на литературу, где дано это определение.

6. В диссертации использована странная система ссылок на формулы, которые до этого не появлялись. Так, например, на стр. 73 при выводе формулы 2.16 используются формулы 2.17 и 2.18, которые появляются много позднее (на стр. 77). Во введении, на стр. 25, фигурируют величины x_t и функция $f(a, x_t)$, которые определяются только через несколько десятков страниц.

7. В тексте есть ряд предложений, неграмотное (с точки зрения русского языка) написание которых затрудняет понимание материала. Так, например, на стр. 103 написано следующее: «Вычислительный эксперимент показал, что задание веса, равного 0.9, для лучшей модели временного ряда и нейронных сетей и равномерное распределение (0.0–0.9) по остальным моделям позволяет получить точные результаты с меньшими значениями ошибок». Что значит «точные результаты с меньшими значениями ошибок»? Если результаты точные, то ошибок быть не должно, а если ошибки присутствуют, то результаты приближенные.

8. В диссертации присутствует значительное количество опечаток (например, ссылка на формулы вида «(2.2)-» на стр. 70, «квазидинейного» на стр. 96, «можуль» на стр. 97) и небрежностей в оформлении. К примеру:

- подпись к рис. 3.2 на стр. 99 частично сделана на русском языке, частично – на английском;

- на стр. 123 один раз аббревиатура NDVI расшифрована как «нормализованный разностный индекс растительности», а другой – как «нормированный разностный вегетационный индекс»;
- на стр. 138 часть текста выделена курсивом.

Высказанные замечания имеют, в основном, рекомендательный и технический характер, и не умоляют общую положительную оценку проделанной соискателем работы.

Заключение

Диссертационная работа М.С.А. Аботалёб является самостоятельно завершённой научно-исследовательской работой, выполненной автором на высоком научно-технологическом уровне. В рамках исследования М.С.А. Аботалёб предложил новый алгоритм прогнозирования временных рядов и разработал комплекс программ, позволяющий выбрать оптимальный метод анализа и прогнозирования рядов в зависимости от типа данных и их объема, который имеет существенное значение при решении прикладных задач, связанных с обработкой и анализом временных рядов. Диссертационная работа содержит достаточное количество исходных данных, имеет пояснения, рисунки, графики, примеры и подробные расчеты. В автореферате представлены основные этапы работы, выводы и результаты. Автореферат диссертации отражает основное содержание диссертации. Диссертация в полной мере соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, включая п. 9, а ее автор, Мостафа Салахелдин Абделсалам Аботалёб, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 – теоретическая информатика, кибернетика.

Диссертация и отзыв обсуждены и одобрены на заседании лаборатории стохастических задач Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, протокол № 1 от 8 апреля 2025 г.

Отзыв подготовили:

Каргаполова Нина Александровна

Ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией стохастических задач
ФГБУН Институт вычислительной математики и математической геофизики СО
РАН, доктор физико-математических наук, специальность 01.01.07 –
Вычислительная математика

Огородников Василий Александрович

Главный научный сотрудник лаборатории стохастических задач ФГБУН Институт
вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, доктор

Наименование организации, предоставившей отзыв:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук

Адрес: 630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, д. 6

Телефон: +7 (383) 330-83-53

E-mail: director@sscc.ru

WWW: <https://icmmg.nsc.ru/ru>

Подписи Каргаполовой Н.А., Огородникова В.А. заверяю.

Личную подпись <u>Каргаполовой Н.А.</u>	заверяю.
<u>Трофимкина Е.Ю.</u>	Зав. отделом кадров
<u>«19» 04</u>	20 <u>25</u> г.



Личную подпись <u>Огородникова В.А.</u>	заверяю.
<u>Трофимкина Е.Ю.</u>	Зав. отделом кадров
<u>«19» 04</u>	20 <u>25</u> г.

