

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной и инновационной деятельности
Национального исследовательского Томского
государственного университета, доктор физико-
математических наук, профессор



Ворожцов Александр Борисович

« 20 » апреля 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Булгаковой Татьяны Евгеньевны
«Оптимизация функциональных вычислительных статистических оценок и алгоритмов»
по специальности 01.01.07 – Вычислительная математика
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Актуальность исследований и степень разработанности темы

Вычислительное стохастические (вероятностное) моделирование применяется во многих областях естествознания и экономики. Как правило, в соответствующих расчетах приближаются отдельные усредненные характеристики моделируемых процессов и явлений. Однако в целом ряде случаев требуется приближать решения уравнений (функции) в целом, и здесь применяются функциональные вычислительные статистические оценки и алгоритмы, разработанные в научных трудах Г. А. Михайлова, А. В. Войтишека, С. М. Пригарина и их учеников. В теории этих оценок и алгоритмов особое место занимают подходы к условной оптимизации (выбору условно-оптимальных параметров используемых вычислительных схем). Замечательным оказывается то обстоятельство (по сути, впервые четко сформулированное в рецензируемой диссертации), что подходы теории условной оптимизации могут быть применены не только и не столько для приближения решений интегральных уравнений Фредгольма второго рода (как в работах Г. А. Михайлова, А. В. Войтишека, Е. В. Шкарупа и др.), но и для приближения вероятностных плотностей, а также для исследования итерационных, многоуровневых и геометрических рандомизированных алгоритмов. Это определяет актуальность тематики рецензируемой диссертации.

В диссертационной работе Т. Е. Булгаковой предложены новые конструкции и методы условной оптимизации, проведен сравнительный анализ и продемонстрированы новые приложения некоторых классов функциональных вычислительных статистических алгоритмов.

Характеристика диссертационной работы

Диссертация включает в себя введение, две главы, заключение, список литературы из 161 наименований и приложения. Общий объем диссертации 170 страниц, включая 11 рисунков, 8 таблиц.

Во введении обоснована актуальность избранной темы, сформулирована цель исследований, перечислены задачи, которые необходимо решить для ее достижения. Важным здесь является наличие описания подхода к условной оптимизации рассматриваемых численных схем (метод В.1).

В **первой главе** диссертационной работы проведен детальный сравнительный анализ различных видов (сеточных, проекционных, ядерных) алгоритмов приближения решений интегральных уравнений Фредгольма второго рода, интегралов, зависящих от параметра, и вероятностных плотностей, который подкреплен содержательными и оригинальными (с точки зрения подходов к оценке результатов расчетов) экспериментами для тестового одномерного интегрального уравнения. Особое место занимает здесь основательный обзор приложений, рассматриваемых функциональных вычислительных схем, для решения важных прикладных задач. Подчеркнуты преимущества использования ядерных функциональных статистических алгоритмов. Основные теоретические результаты главы 1 заключаются в применении метода В.1 для ядерного функционального алгоритма приближения вероятностной плотности. Показана целесообразность применения многомерного аналога полигона частот и получены соответствующие выражения для условно-оптимальных параметров.

Во **второй главе** рассматриваются перспективные подходы к рандомизации итерационных численных схем, включающих действия с большими матрицами. При оптимизации этих схем по необходимости применен метод приравнивания компонент погрешности (применение более точного метода В.1 здесь затруднительно). Следует отметить, что в диссертации представлено подробное численное исследование перспективного алгоритма «рандомизации по столбцам» и соображения по выбору количества ненулевых столбцов в этом алгоритме. Для задачи приближения интеграла,

зависящего от параметра, в случае, когда вычисление подынтегральной функции является трудоемким, предложена условная оптимизация функциональной версии двустороннего геометрического метода.

В разделе «Заключение» представлены и описаны: научная новизна результатов диссертации; положения и результаты, выносимые на защиту; методология и методы диссертационного исследования; теоретическая и практическая значимость диссертационной работы; достоверность и обоснованность результатов; личное участие автора в получении результатов; соответствие паспорту специальности; представление результатов работы на семинарах и конференциях; публикации по теме диссертации; благодарности.

Важные и содержательные результаты представлены в приложении диссертации. Здесь исследуются специальные многоуровневые алгоритмы, построенные немецким математиком С. Хайнрихом в рамках доказательства оптимизационных теорем теории сложности для классов рандомизированных алгоритмов приближения интегралов, зависящих от параметра, и решений интегральных уравнений Фредгольма. Показано, что по практичному и естественному критерию «тот алгоритм эффективнее, который дает заданный уровень погрешности за меньшее время» многоуровневые схемы, как правило, проигрывают «одноуровневым» локальным алгоритмам метода зависимых испытаний.

Научная новизна и теоретическая значимость результатов

Диссертация содержит новые научные результаты в области разработки рандомизированных вычислительных функциональных алгоритмов и их условной оптимизации, определяющие теоретическую ценность проведенного исследования:

- проведен подробный сравнительный анализ всего спектра функциональных вычислительных статистических алгоритмов приближения решения интегрального уравнения Фредгольма второго рода с точки зрения возможностей их применения для решения практически значимых задач математической физики и получения условно-оптимальных параметров;
- предложен функциональный ядерный вычислительный алгоритм приближения вероятностных плотностей и построена теория условной оптимизации этого алгоритма;
- проведены условная оптимизация и численное исследование итерационного вычислительного статистического алгоритма, связанного с рандомизацией «больших» матриц на основе случайного выбора относительно малого числа столбцов;

- предложены новые конструктивные модификации геометрического вычислительного статистического метода, а именно, новый функциональный двусторонний геометрический вычислительный статистический алгоритм для приближения интеграла, зависящего от параметра, и построена теория условной оптимизации этого алгоритма.

Практическая ценность полученных результатов

Практическая ценность результатов определяется задачами, решаемыми в диссертации, и обусловлена их практической значимостью. А именно:

- разработаны конструкции и построена теория условной оптимизации функционального «быстрого» ядерного вычислительного алгоритма приближения вероятностных плотностей и геометрического функционального вычислительного статистического алгоритма приближения интеграла, зависящего от параметра;

- разработаны подходы к численному исследованию алгоритмов с рандомизацией матриц, функционального геометрического двустороннего вычислительного статистического алгоритма, функциональных многоуровневых вычислительных статистических алгоритмов для сравнительного тестирования сеточных, проекционных и ядерных функциональных вычислительных статистических алгоритмов приближения решения интегрального уравнения Фредгольма второго рода.

Полагаем, что результаты диссертационной работы Булгаковой Т.Е. могут быть рекомендованы для решения задач обработки больших данных, где требуется высокая скорость решения.

Результаты работы могут быть практически использованы в приложениях для построения, анализа и оптимизации показателей эффективности высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных систем, а также на этапах их разработки и проектирования профильными научными организациями.

Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы для внедрения в учебный процесс для направлений в области прикладной математики и компьютерных наук в профильных университетах.

Степень обоснованности и достоверности полученных результатов

Достоверность основных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным использованием конструкций, постановок задач, результатов и методологии теории методов Монте-Карло, теории условной оптимизации, теории численного

приближения функций и вероятностных плотностей, теории вероятностей и математической статистики, функционального анализа. Достоверность также подтверждается фактом реализации объемных численных экспериментов, а также корректным применением классических и новых методик тестирования и анализа полученных данных.

Полнота опубликованных научных результатов и апробация

Отражение в работе обширного списка публикаций и апробации результатов диссертационного исследования свидетельствует о весомом вкладе диссертанта в российскую науку.

Основные результаты диссертационной работы достаточно полно отражены в известных российских и международных печатных изданиях, в том числе в 6 статьях, опубликованных в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, 2 статьях, опубликованными в трудах конференций, индексируемых Web of Science и Scopus. Также результаты в полном объеме апробированы на профильных международных и всероссийских конференциях и семинарах, что подтверждается более 20 публикациями в сборниках материалов конференций.

Все эти показатели свидетельствуют о том, что работа хорошо воспринята научной общественностью.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат логически выстроен, хорошо структурирован, правильно и в достаточной мере отражает содержание диссертационной работы. Как часть выполненной научной работы автореферат отражает компетентность автора в области проводимых исследований и хорошее владение используемыми математическими методами.

Замечания по содержанию диссертации

По содержанию работы можно высказать следующие замечания:

1. Литературный обзор по теме диссертационного исследования выполнен в объеме, достаточном для обоснования актуальности темы и новизны полученных результатов. Однако нет примеров применения рассматриваемых методов для реальных задач в современных вычислительных системах.

2. В первой главе в п. 1.4.2, 1.4.3 проводятся тестовые расчеты на примере приближения плотности усеченного экспоненциального распределения. Чем обусловлен выбор и проводились ли тестовые расчеты на других распределениях?

3. Во второй главе функциональный двусторонний геометрический вычислительный статистический алгоритм предполагает его использование для случая, когда в интеграле, зависящем от параметра, подынтегральная функция является трудно вычислимой, но тестовый пример приведен для функции, таковой не являющейся.

4. Как следует из результатов тестирования, автором реализован программный комплекс для реализации всех предлагаемых алгоритмов. В диссертации или приложении следовало бы дать характеристику разработанного программного обеспечения.

Указанные замечания не уменьшают общее благоприятное впечатление от работы и ее значимость.

Следует отметить широкую эрудицию Т. Е. Булгаковой в области исследования, незаурядную математическую квалификацию и умение проводить содержательные исследовательские вычислительные эксперименты.

Общее заключение по диссертации

Представленная на отзыв диссертация Булгаковой Татьяны Евгеньевны на тему «Оптимизация функциональных вычислительных статистических оценок и алгоритмов» имеет внутреннее единство, обладает новизной, является завершенной научно-квалификационной работой, в которой построена теория условной оптимизации функционального «быстрого» ядерного вычислительного алгоритма приближения вероятностных плотностей, геометрического функционального вычислительного статистического алгоритма приближения интеграла, зависящего от параметра, и итерационного алгоритма с рандомизацией «больших» матриц для решения интегрального уравнения Фредгольма второго рода».

Таким образом, считаем, что совокупность представленных в диссертации результатов можно квалифицировать как комплексное решение актуальной научной задачи.

На основании вышеизложенного можно заключить, что диссертационная работа Булгаковой Татьяны Евгеньевны на тему «Оптимизация функциональных вычислительных статистических оценок и алгоритмов» соответствует критериям, предъявляемым в отношении кандидатских диссертаций, которые установлены пп. 9–11, 13, 14 действующего

Положения о присуждении ученых степеней, а Булгакова Татьяна Евгеньевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.07 – Вычислительная математика.

Отзыв составила профессор кафедры теории вероятностей и математической статистики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», доктор физико-математических наук, профессор Моисеева Светлана Петровна.

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на заседании кафедры теории вероятностей и математической статистики Национального исследовательского Томского государственного университета, 07 апреля 2021 г., протокол № 4.

Профессор кафедры теории вероятностей и математической статистики Национального исследовательского Томского государственного университета, доктор физико-математических наук, (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), профессор



Моисеева Светлана Петровна

Заведующий кафедрой теории вероятностей и математической статистики Национального исследовательского Томского государственного университета, доктор технических наук (05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации), профессор



Назаров Анатолий Андреевич

20.04.2021

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Адрес: 634050, Российская Федерация, г. Томск, пр. Ленина, 36.

Тел.: +7 (3822) 529 585. E-mail: rector@tsu.ru. Страница в интернете: <http://www.tsu.ru>.