

Отзыв научного консультанта
на докторскую диссертацию Т.А. Авериной
«Алгоритмы статистического моделирования решений
стохастических
дифференциальных уравнений и систем со случайной структурой»

Докторская диссертация Т.А. Авериной посвящена разработке алгоритмов решения стохастических дифференциальных уравнений (СДУ), т.е. численного статистического моделирования сложных векторных диффузионных процессов.

Исходная задача формулируется в теоретико-вероятностных терминах, т.е. дано описание соответствующего вероятностного пространства. Это введение практически важно, так как соответствует приведенным в литературе доказательствам существования и единственности решения СДУ.

Особо важным и сложным является вариант «диффузионно-скачкообразного» процесса с пуассоновским распределением разрывов решения СДУ. В связи с этим Т.А. Авериной разработаны оригинальные алгоритмы моделирования пуассоновских точечных ансамблей со сложной интенсивностью, в частности, на основе замечательного свойства сохранения «пуассоновости» при «прореживании».

Для уменьшения высокой трудоемкости таких алгоритмов, как и стандартных приближенных алгоритмов, основанных на «ординарности» пуассоновских потоков, в диссертации предложено использовать специальные экономичные способы построения последовательностей независимых дискретных случайных величин, В связи с этим проведено дополнительное исследование слабой сходимости (применительно к первому и второму вероятностных моментов решения).

Далее рассмотрены положения, выносимые на защиту, с дополнительными комментариями.

1) Построено семейство численных методов решения стохастических дифференциальных уравнений в смысле Стратоновича, исследованы их устойчивость (асимптотическая несмещенность), среднеквадратическая и слабая сходимости.

Здесь главную роль играет разработанный в диссертации аппарат разложения точного и численного решений СДУ в обобщенный ряд Тейлора со специальными операторами дифференцирования.

2) Построены модифицированные алгоритмы решения СДУ, сохраняющие первый интеграл. Предложенная методика обеспечивает принадлежность моделируемых траекторий решения СДУ заданному гладкому многообразию.

Как и отмечено в диссертации, этот вариант СДУ дает возможность эффективного сравнительного анализа различных численных алгоритмов.

3) Построены эффективные алгоритмы моделирования пуассоновских точечных ансамблей со сложной интенсивностью, на основе экономических методов моделирования распределений.

Здесь были построены алгоритмы на основе «прореживания» и с помощью стандартного метода исключения для моделирования условного «пуассоновского множества» точек, проведен их сравнительный анализ.

4) Построен алгоритм приближенного «цифрового» моделирования неоднородных пуассоновских точечных ансамблей и доказана соответствующая слабая сходимость.

Для обоснования этой сходимости использована методика, изложенная в монографии А.В. Белинский, А.Н. Ширяев «Теория случайных процессов».

5) Построены экономичные алгоритмы моделирования пуассоновских точечных потоков.

При этом существенную роль сыграл экономичный способ моделирования дискретных случайных величин, это можно рассматривать как модификацию метода максимального сечения.

6) Построены эффективные алгоритмы моделирования систем со случайной структурой с распределенными, зависимыми от фазовых координат, переходами на основе модифицированного метода максимального сечения. Доказана соответствующая теорема сходимости.

Как и отмечено в диссертации, «зависимость» здесь следует понимать по отношению к искомому решению.

7) Построены и теоретически обоснованы эффективные методы, использующие разработанные алгоритмы моделирования пуассоновских ансамблей, для численного решения СДУ с пуассоновской составляющей в случае, когда пуассоновская мера зависит от времени и от фазовых координат.

Следует отметить особую эффективность метода максимального сечения, т.е. прореживания в случае, когда пуассоновская мера зависит от решения.

8) Разработанные алгоритмы и их обоснование продемонстрированы на примере решения тестовых и ряда модельных задач, имеющих прикладное значение. Решены задачи фильтрации диффузионно-скачкообразных процессов и непрерывных систем с марковскими переключениями, а также задачи, связанные с вопросами фазовых переходов.

Кроме необходимых тестовых расчетов здесь представлено решение большого набора модельных задач, имеющих явное прикладное значение. Эти примеры, как и указанные далее автором перспективы, демонстрируют

высокую, с точки зрения консультанта, реальную значимость результатов работы.

Т.А. Аверина проявила несомненные способности и большой интерес к работе в области вычислительной математики. Она также активно занимается научно-организационной и образовательной деятельностью. Она читает для студентов и магистрантов кафедры вычислительной математики НГУ специальный курс «Численные методы решения обыкновенных и стохастических дифференциальных уравнений». Долгое время Т.А. Аверина была секретарем этой кафедры. В настоящее время она является ученым секретарем секции вычислительной математики Ученого Совета и семинара по методам Монте-Карло ИВМиМГ СО РАН.

С точки зрения научного консультанта, рассматриваемая докторская диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, а Т.А. Аверина вполне заслуживает присвоения ей степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.07 – Вычислительная математика.

Научный консультант

Михайлов Геннадий Алексеевич

Советник РАН

лаборатория методов Монте-Карло

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

630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 6,

мобильный телефон +7-909-533-63-30

электронный адрес: gam@sscc.ru, gam@osmf.sccc.ru

<https://icmmg.nsc.ru/ru/content/employees/mihaylov-gennadiy-alekseevich>

д.ф.-м.н. (01.01.07 – Вычислительная математика), профессор, член-корреспондент РАН



Михайлов Геннадий Алексеевич

25 февраля 2022 года