

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу Амбоса Андрея Юрьевича «Разработка вычислительных моделей мозаичных случайных сред с приложением в теории переноса излучения», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.07 - вычислительная математика.

Актуальность темы исследования.

Диссертация, представленная Амбосом А.Ю., посвящена разработке и исследованию алгоритмов статистического моделирования для расчета переноса излучения через случайные среды.

Исследование закономерностей переноса солнечного излучения в атмосфере Земли имеет фундаментальное значение для широкого круга научных и прикладных задач. Проблема определения радиационного баланса системы «атмосфера - подстилающая поверхность» требует учета пространственно-временных вариаций потоков солнечной радиации для создания надежных схем параметризации радиационных процессов в моделях прогноза погоды и предсказания климата. Методы статистического моделирования широко используются для расчета переноса излучения. Дополнительными стимулами к их использованию на современном этапе служат необходимость учета стохастической природы среды, через которую происходит перенос излучения, а также возможность эффективного распараллеливания для решения задач с необходимой точностью. Таким образом актуальность представленной работы не вызывает сомнений.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций.

Автором разработаны новые подходы для решения задач радиационного переноса через случайные среды и проведено их теоретическое и численное исследование. Доказаны две теоремы. В ходе изучения рассматриваемых методов диссертантом реализован ряд сложных алгоритмов и проведен большой объем вычислительной работы. Также проведен большой объем работы по анализу достоинств и недостатков рассматриваемых алгоритмов. Проведена апробация рассматриваемых алгоритмов путем сравнения с имеющимися в литературе данными. Полученные в ходе численных экспериментов данные подтверждают теоретические выводы.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций.

Диссертация объемом 83 страницы включает введение, 3 главы основного содержания, заключение, список использованных источников из 35 наименований, включая публикации автора по теме диссертации. Результаты, полученные в диссертации, являются новыми, опубликованы в 5 журнальных статьях автора (журналы включены в список ВАК).

Первая глава посвящена построению и исследованию мозаичных случайных полей Пуассона. Для этой цели автором построен и исследован ансамбль базовых гиперплоскостей. Доказано, что построенный случайный ансамбль гиперплоскостей является однородным и изотропным точечным полем. На базе поля гиперплоскостей построено мозаичное поле Пуассона и доказано, что оно является однородным и изотропным с экспоненциальной корреляционной функцией. На его основе построены реалистические модели разорванных неотрицательных случайных полей с приближенно гауссовскими одномерными распределениями и заданной степенью заполненности пространства, исследованы их свойства. Также в этой главе для сравнения рассмотрено мозаичное случайное поле Вороного и приведен ряд его свойств.

Вторая глава посвящена разработке алгоритмов метода Монте-Карло для моделирования переноса излучения через случайную среду. В частности, разработаны новые геометрические алгоритмы «метода максимального сечения» для моделирования траекторий в мозаичных случайных средах Пуассона и Вороного. Предложен ряд приближенных формул для коэффициентов рассеяния и поглощения для случая односкоростного процесса переноса частиц через плоский слой вещества, построена оценка параметра экспоненциальной (асимптотической по площади протяжённого нормированного детектора) формулы для соответствующей корреляционной функции; построены статистические оценки коэффициентов экспоненциальной (асимптотической по толщине слоя) формулы для вероятности прохождения частицы. Доказана теорема о предельных значениях функционалов для задачи переноса излучения через плоский ограниченный слой.

В третьей главе представлены результаты моделирования переноса излучения через мозаичное поле Пуассона. Детально изучены вероятности прохождения частицы через рассмотренные стохастические среды на основе численного статистического моделирования процесса переноса частиц. Изучены оценки показаний протяжённого нормированного детектора, причём кроме оценки среднего значения впервые методом двойной рандомизации достаточно точно оценены дисперсии оценок; проверена соответствующая эргодическая гипотеза. Исследовано влияние

корреляционной длины на вероятность прохождения и трудоёмкость моделирования для базовых моделей случайной среды. Изучена возможность эффективного осреднения стохастической радиационной модели с использованием "пуассоновости" потока столкновений частицы.

В заключении формулируются основные результаты, полученные в работе.

Значимость для науки и практики полученных результатов.

Практическая значимость работы состоит в том, что разработанные в диссертации алгоритмы метода Монте-Карло обеспечивают эффективный расчет интегральных радиационных характеристик с учетом рассеяния и поглощения излучения в случайных средах. Показано, что квалифицированный подход к выбору рассматриваемых алгоритмов и их параметров, учет особенностей задачи позволяет существенно снизить трудоёмкость вычислений.

Представленные результаты интересны для специалистов по моделированию переноса излучения через случайные среды. В частности, для сотрудников ИВМиМГ СО РАН, ИТ СО РАН, ИТПМ СО РАН, ИОА СО РАН, ИМКЭС СО РАН, ИФА РАН и в других научных учреждениях, исследования которых связаны с моделированием случайных полей и изучением переноса излучения в различных средах.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации.

К недостаткам диссертации следует отнести недостаточную структурированность текста: это затрудняет восприятие материала, использование терминов из различных областей науки без указания первоисточников, что требует дополнительных усилий по поиску точных формулировок и области их применимости. Хотя диссертация посвящена развитию численных алгоритмов, более развернутый обзор литературы, относящейся к области применимости рассматриваемых алгоритмов, безусловно, улучшил бы представление материала. Изложение анализа свойств алгоритмов и объяснение выбора параметров алгоритмов, используемых в численных экспериментах, представляется в ряде случаев слишком сжатым. Имеются случаи неудачного выбора обозначений, например, символ «D» используется для обозначения, как дисперсии, так и диаметра ячеек. Не избежал автор диссертации и некоторого количества опечаток в тексте, в частности, в списке литературы дважды приведена одна ссылка.

Тем не менее, указанные замечания не снижают уровень диссертации. Оценивая диссертацию в целом, можно констатировать, что ее результаты

являются реальным вкладом в развитие теории метода Монте-Карло. Полученные диссертантом результаты позволяют сделать вывод о возможности эффективного использования методов статистического моделирования для решения рассматриваемого класса задач.

Заключение.

Представленная работа является завершенной научно-квалификационной работой и выполнена на высоком научном уровне. Представленные в работе исследования обладают научной новизной и достоверностью, все полученные выводы научно обоснованы. Основные положения диссертации достаточно полно освещены в научных публикациях автора, прошли апробацию на ряде конференций. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Считаю, что диссертация Амбоса А.Ю. соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.07 - вычислительная математика.

Официальный оппонент
старший научный сотрудник лаборатории
разреженных газов ИТ СО РАН
к.ф.-м.н.

08.09.2016

М.Ю. Плотников

Подпись к.ф.-м.н. Плотникова М.Ю. заверяю

Ученый секретарь ИТ СО РАН к.ф.-м.н.

01.01.07 - Физика



П.А. Куйбин

Плотников Михаил Юрьевич
старший научный сотрудник лаборатории разреженных газов.
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт
теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской
академии наук (ИТ СО РАН)

адрес: проспект Академика Лаврентьева, 1, г. Новосибирск, 630090
р.т. 8(383)3356245 E-mail: plotnikov@itp.nsc.ru