

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук, профессора Г.М. Кошкина на диссертационную работу Аркашова Николая Сергеевича «**Анализ структурных данных аномальных процессов переноса**», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.17 – **Теоретические основы информатики**

1. Актуальность темы диссертации

В данной диссертационной работе объектом исследования являются аномальные процессы переноса. Следует выделить два направления исследования: структурный анализ физических моделей аномальных процессов переноса и вероятностно-статистический анализ временных рядов, реализующих информацию об аномальных процессах переноса.

Актуальным является подход автора к построению и верификации динамических соотношений, лежащих в основе моделирования аномальных процессов переноса. Изучение упомянутых динамических соотношений позволяет установить связь между динамикой процесса и мерой аномальности, определяемой соотношением пространственно-временных нелокальностей. Другое приложение разработанных и изученных в диссертации моделей – анализ временных рядов, а также построение имитационных моделей переноса с использованием информации о сингулярных зонах. Кроме того, алгоритмизация таких моделей позволяет, в частности, получить методологию анализа временного ряда плотности плазмы термоядерной установки.

В связи с вышесказанным, исследования в области анализа аномальных процессов переноса и, что особенно важно для приложений, разработка методологии анализа плотности плазмы термоядерной установки, являются весьма актуальными.

2. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Все полученные в диссертации научные результаты, выводы и рекомендации опираются на корректное применение теории случайных процессов, методов геометрической теории функций, классических методов доказательства предельных теорем теории вероятностей в функциональных пространствах и методов прикладной математической статистики, а также подтверждаются решением тестовых задач с использованием методов численного статистического моделирования. Важно отметить, что результаты, касающиеся анализа аномальных процессов переноса, согласуются, в частности, с результатами исследований В.П. Будаева, Л.М. Зеленого, А.В. Милованова.

3. Оценка проведенного исследования и полученных результатов

Диссертация, объемом 277 страницы, включает введение, шесть глав основного содержания, заключение, 6 рисунков, список использованных источников из 83 наименований.

Во введении Н.С. Аркашов обосновывает актуальность темы диссертации, перечисляет основные результаты работы и раскрывает их новизну.

В первой главе излагаются теоретические основы структурного анализа. Проводится математический анализ случайных блужданий на самоподобных структурах. С помощью преобразования сдвига на символьном пространстве определены стационарные процессы с траекториями всюду плотными на самоподобных континуумах с нормированной мерой Хаусдорфа. Исследуются свойства преобразований самоподобного континуума, когда эти преобразования полусопряжены преобразованию сдвига, кодирующему самоподобный континуум. Устанавливается, что последовательность композиций преобразования является стационарным процессом на самоподобном континууме с нормированной мерой Хаусдорфа.

В следующих главах с помощью стационарных процессов строятся энергетические характеристики аномальных процессов переноса, а также формируется информация о воздействии внешней среды на диффундирующую среду в аномальных процессах переноса.

В главе 2 автор изучает модель блуждания по самоподобным структурам, которые порождаются аномальным процессом переноса. На основании анализа известных моделей блуждания по самоподобным множествам, в частности анализа параметра степенного изменения дисперсии блужданий, построена

информационная модель случайного блуждания на самоподобных множествах, параметризуемых числовой прямой.

В главе 3 в результате анализа сингулярных зон случайных процессов, построенных во второй главе, реализована модель деформации процесса классической диффузии в процесс аномальной диффузии. Теоремы 3.1 и 3.2 оценивают вторые моменты расстояния от блуждающей по самоподобным множествам частицы до начальной точки. Объясняется нелинейность по времени среднего квадрата процесса аномальной диффузии переходом к неэквивалентной, по отношению к топологии исходного фазового пространства, топологии наблюдателя.

В четвертой главе диссертации Н.С. Аркашов изучает деформацию процесса классической диффузии в процесс аномальной диффузии и строит ее динамическую модель. Соответствующее уравнение динамики возникает в виде взаимодействия введенных автором квазичастиц и является аналогом уравнения динамики взаимодействия фотона и электрона.

В пятой главе строится модель блуждания с памятью на основе известной феноменологии потока памяти. Устанавливается, что для построенной модели возможен, в рамках условия конечности дисперсии, как суб- так и супердиффузионный режим переноса. Кроме того, эта модель реализует так называемую конкуренцию пространственно-временных нелокальностей.

В шестой главе применяются разработанные в главе 5 методы к анализу временного ряда плотности плазмы термоядерной установки.

4. Научная новизна полученных результатов

В диссертационной работе Н.С. Аркашова получены следующие новые научные результаты, представляющие теоретический и практический интерес:

1. С использованием пространства последовательностей из конечного алфавита разработан метод кодирования геометрических структур, моделирующих фазовые пространства аномальных процессов переноса.
2. На основе структурного анализа математических моделей физических процессов аномального переноса на фрактальных структурах, в частности анализа параметра степенного изменения дисперсии и сингулярных зон этих процессов, построена модель случайного блуждания по множествам с самоподобной структурой.

3. Построена информационная модель, реализующая суб- и супердиффузионный режим переноса. На основе этой модели получена динамическая модель деформации процесса классической диффузии в процесс аномальной диффузии, в частности, получены динамические соотношения формирования суб- и супердиффузионных режимов.
4. В рамках феноменологии потока памяти построен класс случайных процессов, для представителей которого при условии конечности момента второго порядка возможен как суб- так и супердиффузионный режим. Получена физическая интерпретация управляющих параметров процессов из этого класса как параметров, характеризующих нелокальность воздействия среды и памяти частиц. Разработан метод вычисления таких параметров на основе предельных теорем для процессов обозначенного класса.
5. Разработана методология анализа плотности плазмы термоядерной установки, основанная на модели нестационарного шума, построенной в соответствии с феноменологией потока памяти. В рамках этой методологии проведено теоретическое обоснование адекватности используемой модели, кроме того, построен статистический тест проверки адекватности модели нестационарного шума по ее соответствию экспериментальным данным. Получен метод моделирования временного ряда значений плотности плазмы, основанный на методе обратной функции моделирования негауссовских процессов.

5. Значение выводов и рекомендаций, полученных в диссертации для науки и практики

Результаты, полученные автором, являются новым научным знанием. Даются ответы на вопросы по формализации аномальных процессов переноса и построению информационной модели блуждания на множествах с самоподобной структурой, реализующей прогноз динамики формирования аномальных режимов переноса. Также разработанные модели и алгоритмы анализа данных позволяют исследовать временные ряды, полученные в результате наблюдения за указанными процессами, в частности, временные ряды плотности плазмы термоядерного реактора (Токамак Т-10), что позволяет говорить об их практической значимости.

6. Замечания по диссертационной работе

1. В литературе представлено большое количество методов вычисления параметра Херста, в диссертации не объясняется, почему был выбран именно метод дисперсии.
2. В диссертации представлен критерий проверки стационарности. Следует отметить малую мощность этого критерия, поскольку по факту проверка стационарности сводится к проверке стационарности перемасштабированной выборки.
3. В диссертации отсутствует ссылка на известную работу Колмогорова 1941 года «Локальная структура турбулентности в несжимаемой вязкой жидкости при очень больших числах Рейнольдса». Вместе с тем в настоящей работе не помешало бы сравнить спектр колмогоровской турбулентности с неколмогоровской турбулентностью, соответствующей исследуемой в работе выборкой плотностей плазмы.

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации, носят, в основном, характер пожеланий и не влияют на общую положительную оценку результатов исследований.

Заключение

Диссертационная работа Н.С. Аркашова обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. Материалы диссертации достаточно полно изложены в 22 опубликованных работах, в том числе 16 научных статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК для публикаций материалов докторской диссертации, из которых 11 научных статей в авторитетных международных журналах, входящих в базы данных SCOPUS и WoS. Результаты неоднократно обсуждались на международных конференциях и семинарах и получили одобрение ведущих специалистов.

Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. В работе получены новые научные результаты, соответствующие цели и задачам исследования, позволяющие квалифицировать их как крупный вклад в решение важной научной проблемы построения моделей, реализующих анализ данных аномальных процессов переноса.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа написана понятно, грамотно и аккуратно оформлена. По каждой главе и работе в целом сделаны четкие выводы. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа Н.С. Аркашова «Анализ структурных данных аномальных процессов переноса» соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, Аркашов Николай Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики».

Официальный оппонент,

доктор физико-математических наук по специальности 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях, профессор, профессор по кафедре системного анализа и математического моделирования Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (Национальный исследовательский Томский государственный университет; Томский государственный университет; НИ ТГУ; ТГУ)



Геннадий Михайлович Кошкин

05.03.2020 г.

Сведения об организации:

634050, г. Томск, пр. Ленина, 36; Тел.: +7(382-2) 529-852

E-mail: rector@tsu.ru; <http://www.tsu.ru>

Подпись д.ф.-м.н., профессора Г. М. Кошкина заверяю



 **УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УЧЁНОГО СОВЕТА ТГУ**

Н.А. САЗОНОВА