

Отзыв
официального оппонента 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

Актуальность темы. Актуальность данного исследования обусловлена отсутствием и недостаточной исследованностью моделей анализа аномальных процессов переноса как в теоретическом плане, так и в прикладных аспектах. Для субдиффузионного случая аномального переноса существуют достаточно проработанные модели, которые отражают качественное поведение соответствующих процессов, в частности, реализующие концепцию пространственно-временных нелокальностей. Такими моделями являются известные модели блуждания в непрерывном времени (CTRW-модели) и связанные с ними уравнения дробной кинетики. Значительные трудности возникают при описании супердиффузионного переноса. Для упомянутых моделей здесь возникает проблема, связанная с бесконечностью дисперсии приращений в фазовом пространстве для соответствующих случайных процессов. Но в прикладных исследованиях, как правило, используется предположение об ограниченности влияния случайных факторов на регистрируемый процесс. В связи с этим возникает необходимость создания единой модели аномальной диффузии при условии конечности момента второго порядка, с последующей верификацией предложенных алгоритмов на реальных данных. Другой важной проблемой является структурный анализ физических процессов аномального переноса на фрактальных и аналогичных им структурах с целью определения и построения расширенного формата процессов переноса, исходя из наличия зон длинных полетов, сингулярных зон и их свойств масштабной инвариантности.

Целью диссертационной работы автор определяет построение и исследование технологий анализа структурных данных аномальных процессов переноса. В качестве таких данных диссертант выделяет, во-первых, класс известных физических моделей аномальных процессов переноса со степенным поведением дисперсии по времени, во-вторых, временные ряды, полученные в результате наблюдения аномальных процессов переноса. В первой части работы автор строит

информационную модель блуждания по множествам с самоподобной структурой. Причем термин «информационная модель» здесь возникает не случайно. Дело в том, что полученная модель позволяет перейти к реализации прогноза динамики изменения режима рассматриваемых аномальных процессов переноса. Во второй части работы автор в рамках феноменологии потока памяти строит модель аномальной диффузии и применяет построенную модель для анализа временного ряда плотности плазмы термоядерной установки Токамак.

Научная значимость и новизна результатов, выносимых на защиту. В качестве выносимых на защиту основных результатов, несомненно обладающих новизной и значимостью, диссертант заявляет следующие:

1. Предложен метод кодирования геометрических структур, моделирующих фазовые пространства аномальных процессов переноса. Он базируется на использовании пространств последовательностей из конечного алфавита (символьного пространства).
2. Проведенный структурный анализ математических моделей физических процессов аномального переноса на фрактальных структурах, в частности, исследования значений параметра степенной зависимости дисперсии от времени, а также свойств сингулярных зон этих процессов, позволили построить универсальную модель случайного блуждания по множествам с самоподобной структурой.
3. Создана информационная модель для реализации супер- и субдиффузионного режима переноса. На основе информационной модели предложена динамическая модель деформации процесса классической диффузии в аномальный процесс. С привлечением квантово - механических представлений получены динамические соотношения и условия формирования таких режимов.
4. На основе динамических законов с распределенной по времени функцией памяти среды построен класс случайных процессов, для элементов которого при условии конечности дисперсии возможны оба режима: как суб- так и супердиффузионный. Получена физическая интерпретация основных параметров процессов из этого класса, имеющих смысл нелокального воздействия среды и памяти частиц. Дан конструктивный метод

вычисления этих параметров на основе предельных теорем для случайных процессов.

5. Предложена теоретически обоснованная модель нестационарного шума, адекватная исследуемому явлению распределения по времени плотности плазмы в термоядерной установке. Методология анализа базируется на феноменологии потока памяти, она позволила разработать статистический тест проверки соответствия модели экспериментальным данным. Представлен метод имитационного моделирования временного ряда значений плотности плазмы, основанный на методе обратной функции моделирования негауссовских процессов

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка использованной литературы из 83 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, перечислены методы исследования, указаны область, объект и предмет исследования, сформулирована научная новизна, выделены основные результаты, которые выносятся на защиту, отмечаются практическая и теоретическая ценность полученных результатов, приводится информация об апробации (на международных конференциях) данной работы.

В первой главе изложены основы анализа, на которые опираются представленные диссертантом результаты. В частности, это позволило в последующих главах эффективно формализовать движение по случайным траекториям, включающим зоны длинных полетов и сингулярные зоны.

Во второй главе на основе анализа условий, предполагаемых выполненными для частицы, блуждающей по самоподобному множеству, строится соответствующая модель случайного блуждания. Теорема 2.1 устанавливает зависимость нелинейного роста по времени среднего квадрата случайных перемещений от параметра степенного изменения дисперсии. Во второй главе обосновываются пункты 1 и 2 из основных результатов.

В третьей главе на основе анализа сингулярных зон случайных процессов построена модель деформации процесса классической диффузии в процесс аномальной диффузии, при этом обосновывается пункт 3 основных результатов. Результатом третьей главы являются теоремы, устанавливающие оценки на вторые моменты расстояния от блуждающей точки до начальной. Нелинейность оценок объясняется

неэквивалентностью параметризующих преобразований евклидовой топологии.

В четвертой главе на основе информационной модели случайного блуждания представлена динамическая модель деформации классической диффузии в аномальную. Результатом ее является следующая гипотеза о подобии. Динамическое описание деформации классической диффузии определяется динамическим описанием той же деформации, примененной к стационарным процессам, сосредоточенным на том же континууме.

В пятой главе автор строит модель случайного блуждания, основанную на феноменологии потока памяти. На основе этой модели автор представляет методы, позволяющие вычислять параметры нелокальности воздействия среды и памяти частицы. В пятой главе обосновывается пункт 4 основных результатов.

В шестой главе результаты пятой главы используются для анализа плотностей плазмы термоядерной установки, при этом обосновывается пункт 5 основных результатов. Получен и обоснован метод имитационного моделирования временного ряда значений плотности плазмы.

В заключении автор приводит основные результаты работы, составляющие научную новизну, теоретическую и практическую значимость.

Достоверность полученных в работе результатов не вызывает сомнений. Результаты, полученные автором, являются новым научным знанием. В диссертации используется строгий математический аппарат, предлагаемые методы и алгоритмы апробированы на практике.

Выполненный цикл исследований показывает, что их автор, с одной стороны, является высококвалифицированным специалистом в области вероятностно-статистического моделирования, что позволило ему предложить принципиально новые подходы к анализу физических процессов аномального переноса на фрактальных структурах и временных рядах, соответствующих аномальным процессам переноса. С другой стороны, им продемонстрировано понимание особенностей прикладных задач, а также умение строить адекватные математические модели и разрабатывать эффективные вычислительные алгоритмы.

Публикации. По теме представленной диссертации автором опубликовано 22 печатные работы, в том числе 16 научных статей 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 Web of Science. Автореферат отражает основные положения диссертационной работы, материалы диссертации достаточно полно освещены в публикациях автора. Диссертация написана хорошим литературным языком.

В качестве замечаний отметим.

1. Во второй и третьей главе отсутствуют иллюстративные материалы, отражающие геометрические особенности процессов блуждания по множествам с самоподобной структурой.
2. При построении модели аномальной диффузии в пятой главе следует отметить, какие сложности возникают при распространении этой модели на многомерные явления.
3. Известные дифференциальные модели дробной кинетики получены для плотностей вероятностей распределения частиц в некоторый момент времени. Было бы желательно указать подходы, позволяющие на основе построенных автором моделей блуждания получить соответствующие плотности распределений.
4. Список литературы диссертанта содержит всего 61 ссылку на внешние источники. Очевидно, что для столь объемной исследовательской тематики данный список можно расширить.

Отмеченные недостатки, конечно, не снижают общую высокую оценку работы. Она выполнена на высоком научном уровне и является завершенным научным исследованием.

Заключение. Диссертационная работа Н. С. Аркашова «Анализ структурных данных аномальных процессов переноса» является завершенной и целостной научной работой, в которой автором самостоятельно на высоком научном уровне разработаны теоретические основы, методы и алгоритмы решения всех поставленных задач. Таким образом, в работе приведены результаты, позволяющие квалифицировать их как крупное научное достижение в виде решения сложной научной проблемы построения и реализации стохастических моделей анализа процессов аномального переноса, имеющие важное научное и практическое значение. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа базируется на достаточном числе исходных данных и расчетов. Она написана грамотно и аккуратно оформлена. По каждой главе и работе в целом сделаны четкие, исчерпывающие выводы.

Считаю, что диссертационная работа Н. С. Аркашова «Анализ структурных данных аномальных процессов переноса» соответствует требованиям, предъявляемым нормативными актами Российской Федерации к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук. Автор работы Аркашов Николай Сергеевич достоин присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики.

Официальный оппонент:

д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры физики и химии
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет» (НГАСУ (Сибстрин))

Михаил Сергеевич Соппа

Дата 10.03.2020г.

Подпись д.ф.-м.н., профессора М.С. Соппа заверяю

Ученый секретарь Ученого
совета НГАСУ (Сибстрин), к. т. н.



Т. А. Купницкая

Соппа Михаил Сергеевич, доктор физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, профессор, профессор по кафедре физики и химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет» (НГАСУ (Сибстрин)), 630008, Новосибирск-8, ул. Ленинградская, 113, телефон: (+7-383) 266-41-25 факс: (+7-383) 266-40-83 адрес электронной почты: rector@sibstrin.ru веб-сайт: <http://www.sibstrin.ru/>

Контактные данные:

телефон: (+7-383) 266-33-35

адрес электронной почты: soppa@ngs.ru