

## ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации Федорова Сергея Леонидовича «Моделирование нестационарных временных рядов и построение оператора эволюции их выборочных распределений непараметрическими методами», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 -- математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертация С.Л. Федорова посвящена разработке метода построения уравнений эволюции выборочных функций распределения нестационарных временных рядов, решению задачи размножения выборок из таких рядов и созданию соответствующего программного комплекса. Соискатель исследует временные ряды, выборочные распределения которых удовлетворяют уравнению Фоккера-Планка со сносом. Эмпирически определяемые функции сноса и диффузии в этом уравнении, зависящие от времени, находятся по выборке наблюдаемой реализации случайного процесса. Численное решение этого кинетического уравнения на некотором временном промежутке позволяет автору считать известной нестационарную функцию распределения, из которой в каждый момент времени может быть сгенерирован ансамбль траекторий изучаемого процесса. Наличие же таких траекторий позволяет, в свою очередь, проводить статистические исследования в рамках задачи стохастического управления не на одной траектории, данной в виде наблюдаемого ряда, а на ансамбле траекторий. Такой подход к анализу временных рядов является новым и востребованным во многих практических областях деятельности.

Остановлюсь на конкретизации основных результатов соискателя по главам.

В первой главе строится прогнозная модель временного ряда на основе кинетического уравнения Фоккера-Планка эволюции его выборочных распределений и формулируется метод генерации траекторий случайного процесса, одной из реализаций которого является изучаемый временной ряд. Описываемая конструкция впервые строится для нестационарных случайных процессов, что является несомненным достижением автора.

Во второй главе проводится теоретический анализ предложенной модели. Соискателем введены и изучены некоторые новые статистики, так называемые индикаторы нестационарности временного ряда: согласованный уровень стационарности и индекс нестационарности в норме непрерывных функций, а также в норме суммируемых функций. Эти индикаторы зависят от длины выборки и показывают, насколько статистические свойства выборочных распределений отличаются от стационарного распределения. Основных результатов в этой главе два: это табулирование согласованного уровня стационарности в норме непрерывных функций и обоснование корректности использования уравнения Фоккера-Планка с эмпирически определяемыми коэффициентами диффузии и сноса в качестве модели эволюции выборочной функции распределения. Также автором сформулированы условия, проверка которых доказывает корректность

моделирования ансамбля нестационарных траекторий, которые близки в смысле распределений к наблюдаемой реализации.

В третьей главе приведены вычислительные алгоритмы, применяемые для нахождения индикаторов нестационарности, для решения уравнения Фоккера-Планка, а также для генерации ансамбля траекторий и тестирования заданных на этих траекториях функционалов. Описана структура программного комплекса, реализующего разработанные алгоритмы. Даны описания основных функций, доступных пользователю, которые применяются для довольно большого набора практически важных задач прикладной математической статистики.

В четвертой главе приведены результаты вычислительных экспериментов, полученных с применением разработанного автором программного комплекса. Эти результаты относятся к моделированию временных рядов, имитирующих траектории цен на финансовые инструменты, построению распределений управляющих функционалов, заданных на этих траекториях (такие функционалы представляют собой, в частности, торговые системы), а также к определению оптимальных параметров таких функционалов. Им было показано, что оптимальное по времени значение параметра, получаемое при исследовании управляющего функционала на одной достаточно длинной траектории, существенно не совпадает для нестационарных процессов с оптимальным значением того же параметра, но полученным на ансамбле выборочных распределений на горизонте квазистационарности процесса. Также автором были приведены примеры применения алгоритма к задаче определения однородности текста и языка написания применительно к математической лингвистике, и к определению уровня значимости оценки региональной сейсмической активности.

В целом диссертация С.Л. Федорова дает достаточно полное представление о кинетическом методе моделирования нестационарных временных рядов, который может быть использован в актуальных задачах прикладной математической статистики. Она содержит обоснованные теоретические результаты и примеры практического применения разработанных численных алгоритмов. Однако в части представления полученных результатов в ней имеются два недостатка.

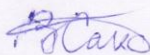
Во-первых, недостаточно подробно проведено численное сравнение с традиционными методами статистического анализа – такими, как линейная регрессия или авторегрессия. В первой главе автор проводит обзор имеющихся методов и указывает на определенные недостатки стационарных подходов, но было бы интересно увидеть эти различия и в статистическом эксперименте.

Во-вторых, что касается программного комплекса, то его описание желательно было бы выполнить более подробно. Хотя из текста диссертации видно, что объем решаемых задач весьма большой, все же было бы желательно наряду с подробными блок-схемами комплекса и отдельных алгоритмов предоставить также и описание вычислительных функций и их комбинаций.

Указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертация выполнена на высоком научном уровне и содержит решение важной и сложной задачи, связанной с изучением статистических свойств выборочных распределений нестационарных временных рядов. Результаты диссертации С.Л. Федорова полно представлены в его публикациях и правильно отражены в автореферате.

Считаю, что диссертационная работа «Моделирование нестационарных временных рядов и построение оператора эволюции их выборочных распределений непараметрическими методами» удовлетворяет требованиям Положения ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а ее автор – Федоров Сергей Леонидович – достоин присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по этой специальности.

Отзыв составил официальный оппонент: доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры высшей математики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)»



/Сакбаев Всеволод Жанович/

Дата 04.05.2017.

Почтовый адрес: 141700, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский переулок, д. 9.  
Тел. +7 (495)-408-81-72,  
E-mail: fumi2003@mail.ru

Подпись В.Ж. Сакбаева удостоверяю

Ученый секретарь МФТИ  
к.ф.-м.н.



Ю.И. Скалько