

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Даниловой Натальи Викторовны
**«Методы решения задач оптимального управления для робастных
бинарных моделей финансовой математики»**

представленную на соискание учёной степени доктора
физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы.

Диссертация посвящена методам решения задач оптимального управления для робастных бинарных моделей финансовой математики. В первой главе рассматриваются модели с разладкой и модели с неопределённой волатильностью. Изучение процессов с разладкой относится к актуальным задачам стохастического анализа. В научной литературе в основном изучаются методы обнаружения разладки. Задачам управления уделяется значительно меньше внимания, потому что управление такими процессами – сложная с аналитической точки зрения задача. В частности, формул, аналогичным формулам Блэка-Шоулса или Кокса-Росса-Рубинштейна для процессов с разладкой пока не существует, поэтому задача управления такими процессами является актуальной задачей. Модели с неопределённой волатильностью являются реалистичной заменой известной в литературе модели Хестона, особенно в случаях, когда необходимо вычислить интервал справедливых цен. Проблемы, возникающие для этих моделей, связаны с отсутствием классических решений в уравнениях Беллмана, которые необходимо заменять на вязкостные решения, что вызывает необходимость разработки новых методов для их вычисления. В моделях, предлагаемых во второй главе, рассматривается доверительное множество сценариев, которому параметры моделей принадлежат с определённой доверительной вероятностью. Задача управления рассматривается в минимаксной постановке, и цели управления достигаются

с доверительной вероятностью. Если целью управления является хеджирование, то исследование, проведённое во второй главе, ближе к квантильному хеджированию, рассмотренному в первой главе. Доверительные множества определяются по выборке с использованием робастного оценивания. Предлагаемая технология объединяет методы непараметрической математической статистики с оптимальным управлением. Поэтому управление является оптимальным только по отношению к выборке, и не требует каких либо предположений о свойствах данных. Работ, выполненных в этом направлении, крайне мало, поэтому результаты второй главы являются своевременными. Ключевым элементом в третьей главе является случайное разбиение оси времени пассажирами винеровского процесса, а также винеровского процесса со сносом, которое порождает новые методы численного решения стохастических дифференциальных уравнений. Поскольку теоретически доказано преимущество данных методов, например, при вычислении вероятности выхода случайного процесса из полосы, над известными методами, численные методы со случайным разбиением оси времени будут востребованы. Важно и то, что в ряде случаев методы требуют меньше вычислительных усилий по сравнению с известными методами одинакового порядка.

Общая характеристика работы и анализ её содержания.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы.

Во **введении** рассмотрена актуальность темы исследования; приведены цели и задачи диссертационной работы; представлена методология исследования; сформулирована научная новизна; обоснованы теоретическая и практическая значимость; установлена степень достоверности результатов; перечислены публикации; описаны личный вклад автора, а также структура и объём диссертации; сделан обзор литературы.

В первой главе диссертации рассматриваются стохастические модели эволюции стоимости рискового актива, а именно, модели с наблюдаемой и ненаблюдаемой разладкой и модели с неопределённой волатильностью. Сформулирована задача оптимального управления на конечном временном интервале, причём на левом конце задаётся ограничение на начальное значение допустимой траектории, а на правом конце определяется цель управления для конечного значения допустимой траектории. Такая формулировка позволила предложить общую схему решения задачи управления, что позволило впоследствии решить разные задачи финансовой математики единым способом, устанавливая тем самым связь между ними. В случае моделей с наблюдаемой разладкой рассматривается модель с двумя барьерами, и приводится решение задачи оптимального управления для симметричного и несимметричного критериев. В случае моделей с ненаблюдаемой разладкой сформулирована и решена задача обнаружения разладки; в основе алгоритма лежит бинарная аппроксимация базового процесса и последующая классификация вершин бинарного дерева с использованием двух классов. Рассматриваются варианты чёткой и нечёткой классификации. В случае моделей с неопределённой волатильностью для разных вариантов неопределённости выводятся непрерывные уравнения Гамильтона-Якоби-Беллмана и их бинарные дискретные аналоги, доказывається, что решение дискретного уравнения сходится к вязкостному решению.

Во второй главе диссертации рассматриваются нестохастические робастные модели эволюции стоимости рискового актива, а именно, робастная модель Кокса-Росса-Рубинштейна и эллипсоидная модель Марковица. В данных моделях предполагается, что возврат рискового актива принадлежит некоторому доверительному множеству, являющемуся объединением интервалов в одномерном случае и эллипсоидов в многомерном случае. Приводятся алгоритмы построения доверительных

множеств. Решены задачи оптимального управления с одним и несколькими рисковыми активами.

В **третьей главе** диссертации рассматривается случайное разбиение оси времени пассажирами винеровского процесса со сносом и без него, позволяющее разработать новые методы решения ряда важных задач. Кроме этого, описан и изучен кусочно-постоянный семимартингал, позволяющий аппроксимировать винеровский процесс по траекториям с любой точностью в равномерной топологии. Также рассмотрена модель случайного блуждания с пропущенными слагаемыми, которая хорошо согласуется с кусочно-постоянным семимартингалом.

В **четвёртой главе** диссертации приводится описание программного комплекса. Кроме этого, рассматриваются примеры, демонстрирующие эффективность предложенных методов и алгоритмов.

В **заключении** приведены основные результаты диссертационного исследования.

Обоснованность и достоверность полученных в диссертационном исследовании результатов основывается на строгих доказательствах представленных утверждений и теорем; верификации теоретических результатов с помощью численных расчётов; представлении результатов диссертационного исследования на научных конференциях, семинарах и симпозиумах различных уровней.

Научная новизна исследования. Представленные в диссертации и выносимые на защиту математические модели, численные методы и комплексы программ являются новыми.

По диссертационной работе Даниловой Н.В. имеются следующие замечания:

1. По первой главе. Автор упоминает о том, что редукция NP-полной задачи к P-полной задаче вполне может быть применима для сокращения объёма вычислений. В случае, если редукция не применима, можно

использовать параллельные вычисления. Имеет смысл привести пример, когда редукция не применима, и добавить параграф, связанный с параллельными вычислениями.

2. По второй главе. В одном из примеров автор демонстрирует, что при изменении доверительной вероятности ситуация на финансовом рынке может измениться от арбитражной к безарбитражной. Было бы интересно рассмотреть больше таких примеров.

3. По третьей главе. Было бы неплохо рассмотреть больше примеров применения случайного разбиения времени пассажирами винеровского процесса со сносом. В диссертации рассматривается только один пример, связанный с вычислением справедливой цены в модели Блэка-Шоулса с дивидендами.

Данные замечания не влияют на высокое качество работы.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 59 работах. Из них 5 статей опубликованы в научных журналах, входящих в Перечень ВАК; 18 статей опубликованы в научных изданиях, входящих в Scopus, Web of Science, RSCI; 13 статей опубликованы в журналах, индексируемых в РИНЦ. Все публикации соответствуют научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки). Результаты исследований доложены на научных конференциях, семинарах и симпозиумах.

Заключение.

Считаю, что диссертационная работа Даниловой Н.В. на тему «Методы решения задач оптимального управления для робастных бинарных моделей финансовой математики» отвечает всем основным требованиям Положения «О присуждении учёных степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный

федеральный университет», предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ему степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент

ФИО: Насыров Фарит Сагитович

Учёная степень, учёное звание (специальность, по которой была защищена научная работа): доктор физико-математических наук, профессор, 01.01.05. Теория вероятностей и математическая статистика (физико-математические науки)

Название университета: ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

Кафедра: искусственного интеллекта и перспективных математических исследований

Должность: профессор

Адрес университета: 450076, Приволжский федеральный округ, республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32

Телефон для связи с Насыровым Ф.С: 8(347)2299616

e-mail: farsagit@yandex.ru

Согласен на обработку персональных данных Насыров Ф.С.Насыров
«02» 04 2025 г.

