

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

ЮФУ801.01.09,

созданного на базе Института математики, механики и компьютерных наук им.И.И.Воровича Южного федерального университета, по диссертации на соискание учёной степени доктора наук

*аттестационное дело №\_8\_*

*решение диссертационного совета от 24.04.2025 г. №\_26\_*

О присуждении Даниловой Наталье Викторовне (гражданство РФ) учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Методы решения задач оптимального управления для робастных бинарных моделей финансовой математики» по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 22.12.2024 (протокол заседания №20) диссертационным советом ЮФУ801.01.09, созданным на базе Института математики, механики и компьютерных наук им.И.И.Воровича Южного федерального университета (приказ №368-ОД от 22.12.2022).

Соискатель Данилова Наталья Викторовна, 1986 года рождения.

В 2007 году окончила с отличием Южный федеральный университет, бакалавриат по направлению подготовки 01.03.02. Прикладная математика и информатика.

В 2009 году окончила с отличием Южный федеральный университет, магистратуру по направлению подготовки 01.04.02. Прикладная математика и информатика.

Диссертацию на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук «Диффузионные модели со случайным переключением параметров. Расчёты и приложения» защитила в 2011 году в диссертационном совете, созданном на базе Таганрогского технологического института Южного федерального университета.

Соискатель работает в должности доцента кафедры методов оптимизации и машинного обучения Института математики, механики и компьютерных наук им.И.И.Воровича Южного федерального университета.

Диссертация выполнена на кафедре методов оптимизации и машинного обучения Института математики, механики и компьютерных наук им.И.И.Воровича Южного федерального университета.

Научный консультант – доктор технических наук, Белявский Григорий Исаакович, профессор, профессор кафедры методов оптимизации и машинного обучения Института математики, механики и компьютерных наук им.И.И.Воровича Южного федерального университета.

Официальные оппоненты:

-Гликлик Юрий Евгеньевич, доктор физико-математических наук (01.01.03. Математическая физика), профессор, профессор кафедры

математического и прикладного анализа Воронежского государственного университета;

-Насыров Фарит Сагитович, доктор физико-математических наук (01.01.05. Теория вероятностей и математическая статистика), профессор, профессор кафедры искусственного интеллекта и перспективных математических исследований Уфимского университета науки и технологий;

-Чупрунов Алексей Николаевич, доктор физико-математических наук (01.01.05. Теория вероятностей и математическая статистика), профессор, профессор кафедры дискретной математики и информатики Чувашского государственного университета им.И.Н.Ульянова;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 59 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 59 работ, из них в научных изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук, представленных для защиты в диссертационные советы Южного федерального университета, опубликовано 5 работ; в научных изданиях, входящих в базы данных международных индексов научного цитирования Scopus и/или Web of Science, опубликовано 18 работ. Все публикации соответствуют научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки). Общий объём публикаций составил 22 п.л. Опубликованные работы соискателя в полном объёме отражают материал, изложенный в диссертации.

#### **Список научных публикаций, в которых изложены основные научные результаты диссертации**

##### **Статьи в научных изданиях, входящих в Перечень ВАК**

1.Белявский, Г. И. Расчёт справедливой цены Европейского опциона в модели (B,S)-рынка с барьером, основанной на случайном блуждании / Г. И. Белявский, Н. В. Данилова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2015. – № 4(188). – С. 25-28.

2.Белявский, Г. И. Расчёт справедливой цены барьерного опциона в модели (B,S)-рынка с переключением параметров / Г. И. Белявский, Н. В. Данилова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2016. – № 1(189). – С. 11-16.

3.Данилова, Н. В. Расчёт интервала справедливых цен для бинарной модели (B,S)-рынка с волатильностью, являющейся марковской цепью / Н. В. Данилова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2016. – № 4(192). – С. 17-20.

4.Беляева, М. С. Расчёт справедливой цены для диффузионной модели со стохастической процентной ставкой / М. С. Беляева, Н. В. Данилова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2017. – № 3-1(195-1). – С. 4-7.

5. Данилова, Н. В. Прогнозирование ожидаемых значений финансовых индексов / Н. В. Данилова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2018. – № 1(197). – С. 15-19.

**Статьи в научных изданиях, входящих в Scopus, Web of Science, RSCI**

6. Белявский, Г. И. Случайные блуждания с пропущенными слагаемыми / Г. И. Белявский, Н. В. Данилова, Н. Д. Никоненко // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2013. – Т. 16, № 4(56). – С. 21-28.

7. Белявский, Г. И. Вычисление капитала оптимального портфеля с помощью комбинированного метода Монте-Карло в нелинейных моделях финансовых индексов / Г. И. Белявский, Н. В. Данилова // Сибирские электронные математические известия. – 2014. – № 11. – С. 1021-1034.

8. Белявский, Г. И. Эволюционное моделирование в задачах управления устойчивым развитием активных систем / Г. И. Белявский, Н. В. Данилова, Г. А. Угольницкий // Математическая теория игр и её приложения. – 2016. – Т. 8, № 4. – С. 14-29.

9. Belyavsky, G. A Markovian mechanism of proportional resource allocation in the incentive model as a dynamic stochastic inverse Stackelberg game / G. Belyavsky, N. Danilova, G. Ougolnitsky // Mathematics. – 2018. – Vol. 6, No. 8. – P. 131-140. – DOI 10.3390/math6080131.

10. Belyavsky, G. I. Evolutionary methods for solving dynamic resource allocation problems / G. I. Belyavsky, N. V. Danilova, G. A. Ougolnitsky // Automation and Remote Control. – 2019. – Vol. 80, No. 7. – P. 1335-1346. – DOI 10.1134/S0005117919070105.

11. Belyavskii, G. I. Optimal control problems with disorder / G. I. Belyavskii, N. V. Danilova, I. A. Zemlyakova // Automation and Remote Control. – 2019. – Vol. 80, No. 8. – P. 1419-1427. – DOI 10.1134/S0005117919080046.

12. Данилова, Н. В. Квантильное хеджирование на неполном рынке / Н. В. Данилова, И. А. Землякова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2019. – № 2(202). – С. 4-9. – DOI 10.23683/0321-3005-2019-2-4-9.

13. Belyavsky, G. Calculation of probability of the exit of a stochastic process from a band by Monte-Carlo method: a Wiener-Hopf factorization / G. Belyavsky, N. Danilova, G. Ougolnitsky // Mathematics. – 2019. – Vol. 7, No. 7. – P. 581-588. – DOI 10.3390/math7070581.

14. Belyavsky, G. I. Random search methods for the solution of a Stackelberg game of recourse allocation / G. I. Belyavsky, N. V. Danilova // Contributions to game theory and management. – 2019. – Vol. 12. – P. 37-48.

15. Белявский, Г. И. Обучение без учителя и робастная оптимизация в задаче о портфеле / Г. И. Белявский, Н. В. Данилова, А. Д. Логунов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2020. – № 4(208). – С. 4-9. – DOI 10.18522/1026-2237-2020-4-4-9.

16. Danilova, N. Optimal control in binary models with the disorder / N. Danilova, G. Beliavsky, I. Zemlyakova // *Engineering Letters*. – 2021. – Vol. 29, No. 4. – P. 1359-1364.

17. Beliavsky, G. Optimal portfolio and confidence set / Beliavsky G., Danilova N. // *Journal of Mathematical Sciences*. – 2022. – Vol. 266, No. 2. – P. 251-257.

18. Данилова, Н. В. Метод дихотомической кластеризации и оптимальный портфель / Н. В. Данилова, Д. И. Житников // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки*. – 2022. – № 2(214). – С. 15-20. – DOI 10.18522/1026-2237-2022-2-15-20.

19. Белявский, Г. И. Управление в бинарных моделях с разладкой / Г. И. Белявский, Н. В. Данилова // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование*. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 67-82. – DOI 10.14529/mmp220305.

20. Белявский, Г. И. Аппроксимация супремумных и инфимумных процессов как стохастический подход к выполнению требований гомеостаза / Г. И. Белявский, Н. В. Данилова, Г. А. Угольницкий // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления*. – 2022. – Т. 18, № 1. – С. 5-17. – DOI 10.21638/11701/spbu10.2022.101.

21. Kudryavtsev, O. Applications of artificial neural networks to simulating Levy processes / O. Kudryavtsev, N. Danilova // *Journal of Mathematical Sciences*. – 2023. – Vol. 271, No. 4. – P. 421-433. – DOI 10.1007/s10958-023-06580-1.

22. Белявский, Г. И. Модели с неопределённой волатильностью / Г. И. Белявский, Н. В. Данилова // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование*. – 2023. – Т. 16, № 3. – С. 5-19. – DOI 10.14529/mmp230301.

23. Belyavsky, G. I. A model to coordinate interests in investment management / G. I. Belyavsky, N. V. Danilova, G. A. Ougolnitsky // *International Game Theory Review*. – 2023. – Vol. 25, No. 1. – Art No 2350002 (p. 1-12). – DOI 10.1142/s0219198923500020.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Гликлик Ю.Е., официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор кафедры математического и прикладного анализа Воронежского государственного университета. Замечания: в первой главе следовало бы более подробно описать верификацию по Перрону вязкостных решений уравнений Гамильтона-Якоби-Беллмана как решений задач стохастического оптимального управления; во второй главе можно было бы более чётко обосновать выбор критерия для нахождения оптимального вектора  $I$  в проективном методе  $k$ -средних; третью главу можно было бы дополнить описанием классического метода Монте-Карло и оценкой его погрешности.

2.Насыров Ф.С., официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор кафедры искусственного интеллекта и перспективных математических исследований Уфимского университета науки и технологий. Замечания: в первой главе имеет смысл привести пример, когда редукция не применима, и добавить параграф, связанный с параллельными вычислениями; во второй главе следует рассмотреть больше примеров, когда при изменении доверительной вероятности ситуация на финансовом рынке может измениться от безарбитражной к арбитражной; в третьей главе стоит рассмотреть больше примеров применения случайного разбиения времени пассажирами винеровского процесса со сносом, кроме примера вычисления справедливой цены для модели Блэка-Шоулса с дивидендами.

3.Чупрунов А.Н., официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор кафедры дискретной математики и информатики Чувашского государственного университета им.И.Н.Ульянова. Замечания: первую главу следует дополнить параграфом, связанным с описанием разностного метода, используемого для решения уравнений Гамильтона-Якоби-Беллмана; во второй главе следовало бы рассмотреть больше примеров, использующих реальные данные; в третью главу имеет смысл добавить вычислительные примеры, связанные с семимартингальной моделью Блэка-Шоулса и моделью со случайным блужданием с пропущенными слагаемыми.

4.Бутакова М.А., доктор технических наук, главный научный сотрудник Ростовского филиала АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте». Замечание: следует вычислить асимптотику и привести пример вычисления справедливой цены для модели Кокса-Росса-Рубинштейна с пропущенными слагаемыми в случае, когда случайный процесс, определяющий число скачков, является однородной марковской цепью с двумя состояниями.

5.Еремеев А.П., доктор технических наук, профессор кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта Московского энергетического института. Замечания: отсутствие в автореферате оценок сложности предложенных методов и алгоритмов; отсутствие ссылки или описания на известный статистически обоснованный способ оценки параметров в модели Хестона и неопределённой волатильности.

6.Жилякова Л.Ю., доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Института проблем управления им.В.А.Трапезникова Российской академии наук. Замечания: отсутствие описания переменных в формулах (1), (2) автореферата; отсутствие описания реального прототипа модели с двумя барьерами.

7.Кузнецов Д.Ф., доктор физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Замечания: отсутствие случая в модели с двумя барьерами, когда устойчивыми состояниями являются две траектории;

отсутствие случая, когда при определении субординатора используются две траектории вместо двух констант.

8.Павлов И.В., доктор физико-математических наук, профессор кафедры теории вероятностей механико-математического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Замечание: отсутствие в автореферате хотя бы 2-3 теорем, отражающих основные математические результаты диссертации.

9.Пресман Э.Л., доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Центрального экономико-математического института Российской академии наук. Замечаний нет.

10.Чикрин Д.Е., доктор технических наук, директор Института искусственного интеллекта, робототехники и системной инженерии Казанского федерального университета. Замечания: отсутствие анализа применимости исследований к стабильным криптовалютным активам, как наиболее значимого класса волатильных активов на современном рынке; отсутствие сравнения проективного метода кластеризации выборки с другими методами, кроме метода k-средних, например, методом c-средних или алгоритмом DB-SCAN.

11.Кудрявцев О.Е., доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой информатики и информационных таможенных технологий Российской таможенной академии. Замечания: отсутствие в автореферате объяснения термина «робастные бинарные модели»; отсутствие в автореферате конкретных результатов, полученных в п.1.4.1 диссертации, связанных с моделью Хестона; отсутствие в автореферате анализа эффективности генератора acceptance-rejection-sampling-algorithm.

Сделанные замечания носят рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку работы.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой квалификацией в области научного исследования, а также рекомендацией экспертной комиссии, в целях полноценного анализа качества работы в области стохастических моделей, решения прикладных задач при наличии неопределённостей и использования численных методов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований разработан метод решения задач управления случайными процессами в случайных средах; предложен метод решения задач минимаксного робастного управления случайными процессами, параметры которых принадлежат доверительным множествам, возникающим в результате применения методов непараметрической статистики; доказана эффективность полученных методов; введён новый случайный процесс, потраекторно близкий к броуновскому движению, существенно упрощающий моделирование супремумных и инфимумных процессов, играющих ключевую роль в анализе устойчивого развития широкого класса динамических систем.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что в диссертации доказаны новые теоремы, обосновывающие полученные новые

численные методы; применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы известные методы, а также их модификации; изложены новые математические модели; раскрыты области их применения; изучены свойства этих моделей; проведена модернизация существующих математических моделей, а именно, моделей Блэка-Шоулса, Кокса-Росса-Рубинштейна и Марковица.

Полученные соискателем результаты исследования внедрены:

-в финансовой математике;

-при чтении курсов («Методы оптимизации и исследование операций», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Стохастическая финансовая математика», «Задачи оптимального управления», «Анализ временных рядов», «Эконометрика») в Институте математики, механики и компьютерных наук им.И.И.Воровича Южного федерального университета.

Определены перспективы практического использования теории на практике; создана модель оптимального управления, позволяющая сформулировать широкий класс задач финансовой математики; представлены предложения для дальнейшего внедрения результатов исследования.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что теория построена на полностью обоснованных или известных фактах; идея базируется на анализе практики, использовано сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике; установлено совпадение авторских результатов для некоторых предельных случаев с результатами, представленными в независимых источниках; использованы современные методы анализа данных.

Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы. Подготовка к публикации некоторых результатов проводилась совместно с соавторами. В совместных публикациях с Белявским Г.И. постановки задач сформулированы совместно; разработка численных методов, программных комплексов, получение, обработка и анализ численных результатов принадлежит соискателю. В совместных работах с Угольницким Г.А., Угольницкому Г.А., как руководителю гранта, принадлежит формулировка направления исследования; остальное принадлежит Белявскому Г.И. и Даниловой Н.В. в пропорциях, описанных ранее. В совместной работе с аспиранткой Земляковой И.А. выполнялись стандартные для руководителя функции: постановка задачи, выбор численного метода и контроль за правильным исполнением. В совместных работах со студентами, кроме перечисленных выше функций, проводилось обучение по тематике исследования на примере конкретной задачи.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:

-замечание, связанное с принципом работы программного комплекса;

-замечание, связанное с использованием термина «нечёткая классификация» применительно к вершинам бинарного дерева при описании алгоритма редукции NP-полной задачи к P-полной задаче.

Соискатель Данилова Н.В. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

На заседании 24 апреля 2025 года диссертационный совет отметил, что рассматриваемая диссертация соответствует критериям раздела 2 «Положения о присуждении учёных степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет»», и принял решение за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, присудить Даниловой Н.В. учёную степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 8 докторов наук по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, 5 докторов наук по научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 13, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета



Наседкин А.В.

Учёный секретарь диссертационного совета



Говорухин В.Н.