

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.04

Соискатель: Азанов Валентин Михайлович

Тема диссертации: Алгоритмы динамического программирования решения задач оптимального управления дискретной стохастической системой с терминальным вероятностным критерием

Специальность: 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)

Решение диссертационного совета по результатам защиты: На заседании 9 ноября 2018 года (протокол № 66) диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Азанова В. М. «Алгоритмы динамического программирования решения задач оптимального управления дискретной стохастической системой с терминальным вероятностным критерием» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Азанову Валентину Михайловичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

Присутствовали: Наумов А. В. – *председатель*, Кибзун А. И. – *зам. председателя*, Северина Н. С. – *ученый секретарь*, а также члены диссертационного совета: Бардин Б. С., Битюков Ю. И., Борисов А. В., Бортакровский А. С., Босов А. В., Грумондз В. Т., Денисова И. П., Кан Ю. С., Колесник С. А., Короткова Т. И., Красильников П. С., Красинский А. Я., Кузнецов Е. Б., Кузнецова Е. Л., Кулагин Н. Е., Пантелеев А. В., Ревизников Д. Л., Сиротин А. Н., Формалев В. Ф., Ципенко А. В.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.125.04, к.ф.-м.н., доцент


Н. С. Северина

И.о. начальника отдела УДС МАИ
Т.А. Аникина

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.04,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело №

решение диссертационного совета от 09.11.2018
№ 66

О присуждении Азанову Валентину Михайловичу, гражданину РФ,
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Алгоритмы динамического программирования решения задач оптимального управления дискретной стохастической системой с терминальным вероятностным критерием» по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)» принята к защите «07» сентября 2018 года, протокол № 61, диссертационным советом Д 212.125.04, созданного на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказы Минобрнауки РФ: о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012, об изменении состава диссертационного совета № 628/нк от 07.10.2013, 574/нк от 15.10.2014, № 1339/нк от 29.10.2015, № 710/нк от 21.06.2016, № 1403/нк от 01.11.2016, № 1017/нк от 20.10.2017.

Соискатель Азанов Валентин Михайлович, 1993 года рождения, в 2016 году окончил Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) по специальности «Прикладная математика», с 2016 года по н/в обучается в аспирантуре Московского авиационного института на кафедре 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование».

Диссертация выполнена на кафедре 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» факультета «Информационные технологии и прикладная математика» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ.

Научный руководитель – профессор кафедры 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», доктор физико-математических наук, профессор Кан Юрий Сергеевич.

Официальные оппоненты:

1. Болотин Юрий Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры Прикладной механики и управления механико-математического факультета отделения механики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»
2. Кожевников Александр Сергеевич, кандидат физико-математических наук, ведущий инженер филиала Филиала Федерального государственного унитарного предприятия

«Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем «Центр обработки документов».

Оппоненты дали положительный отзыв на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем передачи информации имени А.А. Харкевича Российской академии наук» (ФГБУН ИППИ РАН имени А.А. Харкевича).

В положительном отзыве ведущей организации указано, что диссертационная работа представляет собой завершённую и целостную научно-исследовательскую работу, выполненную на высоком научном уровне. Полученные в работе результаты новы и представляют как теоретический, так и практический интерес.

Диссертация удовлетворяет всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Отзыв на диссертацию официального оппонента, д.ф.-м.н., доц. Болотина Юрия Владимировича.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1. В главе 1 при общей постановке задачи максимизации вероятности прихода в заданную область накладывается ограничение, чтобы управление лежало в классе марковских измеримых стратегий, между тем как ниже дается ссылка на теорему Кибзуна и Игнатова, где доказано, что марковские измеримые стратегии безусловно оптимальны. Здесь требуются по меньшей мере комментарии.

2. Одним из основных результатов первой главы является нижняя оценка функции Беллмана. Однако вопрос о существовании субоптимальной стратегии, соответствующей данной нижней оценке, не

исследован, и разобран в последующих главах лишь для частных примеров.

3. Не совсем понятно, насколько раздел второй главы, посвященный модели оптимального капиталовложения, соответствует специальности, отражает реальный процесс вложений, и могут ли полученные результаты быть использованы на практике.

4. В ряде примеров физическая постановка задачи недостаточно обоснована. Так, в главе 3 в задаче импульсной коррекции орбит ИСЗ накладывается ограничение на управляющие импульсы. Однако моменты приложения импульсов коррекции ИСЗ выбираются обычно из решения задачи минимизации энергозатрат. Если данные импульсы не реализуемы, следует не решать задачу оптимизации с ограничениями, а изменить план приложения импульсов коррекции, то есть, по сути, уравнения дискретной системы. Также неясен смысл введения аддитивной ошибки реализации импульсов коррекции. Представляется, что эту ошибку следует скорее рассматривать как внешние возмущения.

5. Имеется ряд редакционных замечаний

a. Стр. 23 – вместо ссылки на (1.10) должна быть ссылка на (1.9).

b. Стр. 27 – неоконченная фраза.

c. На стр. 33 утверждается, что решение ищется на «более широком классе функций», хотя в действительности это в точности класс позиционных марковских стратегий.

d. На стр. 37 вместо ссылки на (1.6) должна быть ссылка на (1.5).

e. На стр. 57 утверждается, что задача импульсной коррекции является задачей малой тяги, хотя, вроде-бы, принято считать эту задачу задачей большой тяги.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента, к.ф.-м.н.,
Кожевникова Александра Сергеевича.**

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1. В диссертационной работе следовало бы рассмотреть более современную модель движения искусственного спутника Земли.

2. Предположение о независимости случайных возмущений, представляющих собой доходности рискованных активов, в постановке задачи оптимального капиталовложения представляется некорректным.

3. В третьей и четвертой главах следовало указать, можно ли обобщить полученные в задаче оптимизации импульсной коррекции с гауссовскими ошибками управления результаты на случай ограниченного управления с детерминированными возмущениями.

4. В диссертации имело бы смысл не повторять основные положения, полученные в работе (или главе), в начале и конце каждой главы, так как они присутствуют во введении и заключении. Данное обстоятельство делает текст диссертации громоздким.

Отзыв на диссертацию ведущей организации.

Ведущая организация дала положительный отзыв на диссертацию. Отзыв подписан главным научным сотрудником лаборатории №2 ИППИ РАН, доктором физико-математических наук, профессором, Миллером Борисом Михайловичем. Отзыв утвержден директором Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук», доктором физико-математических наук, профессором РАН Соболевским Андреем Николаевичем. Замечания по диссертации:

1. Автор не исследует вопрос о непустоте множеств множеств уровня 0 и 1 функции Беллмана. Для многих для простейших управляемых систем эти множества пусты, а значит и дальнейшие рассуждения бессмысленны, так как оценки функции Беллмана становятся тривиальными.

2. В задаче управления портфелем ценных бумаг предположение независимости доходностей рискованных активов в портфеле между собой является весьма грубым и снижает практическую составляющую задачи.

3. Модель управления движением искусственного спутника Земли в окрестности геостационарной орбиты представляется слишком упрощенной, поскольку рассматриваемая модель представляет собой лишь кинематическую связь между координатами, скоростью и ускорением. При этом внешние детерминированные возмущения в модели отсутствуют, а в реальности именно они обуславливают необходимость коррекции орбиты.

4. В целом остается ощущение, что задачи с вероятностным критерием допускают эффективное решение лишь для достаточно простых моделей, а распространение на более или менее общий случай вызывает серьезные трудности прежде всего вычислительного характера.

5. Тем не менее, отмеченные недостатки не влияют на общую высокую оценку работы.

На автореферат диссертации поступило 4 отзыва.

- 1. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт математики и механики имени Н.Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук» (ФГБУН Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН).**

Отзыв подписан кандидатом физико-математических наук, ведущим научным сотрудником Отдела динамических систем Института математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН, Пацко Валерием Семеновичем. Отзыв положительный. Замечание к автореферату:

- 1) В пункте 3 леммы 1.1 (стр. 7-8 автореферата, стр. 22-23 диссертации) говорится, что «Уравнение Беллмана допускает одно из двух представлений» (приводятся формулы (1.4) и (1.5)).

Эту фразу можно истолковать следующим образом: в некоторых случаях справедливо соотношения (1.4), но не выполнено соотношение (1.5), и наоборот. Насколько я смог понять из текста доказательства леммы 1.1 (стр. 23-25 диссертации), всегда справедливы оба представления. Так ли это?

- 2) В основных выкладках автореферата, посвященных главе 1, присутствует верхний индекс ϕ , характеризующий множество Лебега терминальной функции платы. В то же время в пунктах 1 и 2 следствия 1.1 такой индекс отсутствует у множеств I_k и O_k . Формально указанные множества (без индекса ϕ) не определены. В пункте 1 у символа P отсутствует нижний индекс k .
- 3) При рассмотрении точной верхней грани по управлению иногда пишется \max , иногда \sup . Верно ли, что в случае \sup точная верхняя грань не обязательно достигается? Исследовал ли такой вопрос автор?
- 4) Обычно, когда употребляют термин «поверхность», подразумевают многообразие размерности $n-1$, где n – размерность общего пространства. В автореферате и диссертации слова «поверхность уровня» применяются (см., например, стр. 7 автореферата) к множествам I_k и O_k , которые могут иметь непустую внутренность. Лучше писать «множество уровня» вместо «поверхность уровня».
- 5) Автор очень часто ошибочно использует символ «дефис» вместо символа «тире».

2. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ)

Отзыв подписан доктором технических наук, профессором Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», Афанасьевым Валерием Николаевичем. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

- 1) Следовало бы сделать предположение об управляемости системы;
- 2) Отсутствует предположение относительно множества начальных условий;
- 3) Как связаны «множество геометрических ограничений U_k » и класс допустимых управлений U ?
- 4) Предполагается, что оптимальное управление есть функция состояния объекта (1.1). Для систем высокого порядка такое управление практически нереализуемо в силу того, что в распоряжении исследователей имеется вектор измерений, размерность которого ниже размерности объекта, да еще измерения производятся на фоне помех;
- 5) К сожалению результаты полученных оценок и их сравнений (третья и четвертая главы) в автореферате не приведены.

3. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова Российской академии наук» (ФГБУН ИПУ РАН).

Отзыв подписан кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником Румянцевым Дмитрием Станиславовичем. Отзыв положительный. Замечание к автореферату:

- 1) В первом разделе второй главы рассматривается задача с неограниченным управлением, что не совсем соответствует условиям существования решения метода динамического программирования.
- 2) То же самое относится к задаче из третьей главы.

4. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО УрГУПС).

Отзыв подписан доктором физико-математических наук, заведующей кафедрой «Естественнонаучные дисциплины» ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» Тимофеевой Галиной Адольфовной. Отзыв положительный. Замечание к автореферату:

- 1) В автореферате не приведено сравнение качества работы различных алгоритмов управления.
- 2) Формулы перегружены фигурными скобками, что в некоторых случаях затрудняет чтение автореферата (см. (2.3), (2.4), (2.11) и далее).

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в области тем, затрагиваемых в диссертационном исследовании.

Официальный оппонент, д.ф.-м.н., Болотин Юрий Владимирович работает профессором кафедры Прикладной механики и управления Механико-математического факультета Отделения механики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Область научных интересов – общая теория управления, инерциальная навигация, аэрогравиметрия, магнитометрия, топопривязка. Автор порядка 60 научных работ.

Официальный оппонент, к. ф.-м. н., Кожевников Александр Сергеевич – ведущий инженер филиала ФГУП ГосНИИАС ЦОД. Область научных интересов – системный анализ, математическая теория управления, анализ стохастических систем. Автор порядка 5 научных работ.

Выбор ведущей организации – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем передачи информации

им. А.А. Харкевича Российской академии наук» – обусловлен широким кругом проводимых научных исследований в области стохастических систем, системного анализа и оптимального управления.

Соискатель имеет 12 опубликованных научных работ по теме диссертации, из которых 5 работ опубликованы в изданиях из Перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий (в том числе 4 работы опубликованы в журналах, реферируемых в международных базах Scopus и Web of Science).

Содержание данных работ в полной мере отражает содержание диссертационной работы, в которой отсутствуют некорректные и недостоверные ссылки.

Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:

1. Азанов В.М. Оптимальное управление линейной дискретной системой по критерию вероятности // Автоматика и Телемеханика. 2014. №10. С. 39-51.
2. Азанов В.М., Кан Ю.С. Оптимизация коррекции околокруговой орбиты искусственного спутника Земли по вероятностному критерию // Тр. ИСА РАН. 2015. №2. С. 18-26.
3. Азанов В.М., Кан Ю.С. Однопараметрическая задача оптимальной коррекции траектории летательного аппарата по критерию вероятности // Изв. РАН Теория и Системы Управления. 2016. №2. С. 115-128.
4. Азанов В.М., Кан Ю.С. Синтез оптимальных стратегий в задачах управления дискретными системами по вероятностному критерию // Автоматика и Телемеханика, 2017, № 6, 57-83.
5. Азанов В.М., Кан Ю.С. Двухсторонняя оценка функции Беллмана в задачах стохастического оптимального управления дискретными системами по вероятностному критерию качества // Автоматика и Телемеханика, 2018, № 2, С. 3-18.

Диссертационный совет отмечает, что в выполненном диссертационном исследовании получены следующие **новые научные результаты**:

- Предложено модифицированное уравнение Беллмана и выражения для оптимального управления для состояний, принадлежащих поверхностям уровня 1 и 0 функции Беллмана.
- Найдены выражения для двусторонних оценок функции Беллмана и функции оптимального значения вероятностного критерия.
- Получены аналитические выражения для приближенного определения оптимальных управлений.
- Найдено решение задач оптимизации импульсной коррекции с вероятностным критерием для однопараметрической и двухпараметрической постановок.
- Найдено решение семейства задач оптимального управления линейной дискретной стохастической системой с вероятностным критерием и нефиксированным, но ограниченным сверху моментом окончания.
- Получено обоснование асимптотической оптимальности рискованной стратегии в задаче оптимального управления портфелем ценных бумаг по вероятностному критерию.

Теоретическая значимость исследования определяется развитием метода динамического программирования для задач оптимального управления с вероятностным критерием и разработкой на его основе алгоритмов управления .

Практическая значимость работы заключается в том, что результаты исследования могут быть использованы при проектировании систем управления движением летательных аппаратов или другими объектами.

Достоверность результатов, полученных в диссертационной работе, подтверждена строгими математическими доказательствами, сравнением полученных результатов с уже существующими.

Личный вклад. Все излагаемые в диссертации результаты получены лично автором.

Диссертационный совет считает, что диссертационная работа Азанова Валентина Михайловича является самостоятельно выполненной, завершенной научно-квалификационной работой, в которой получены важные результаты в области оптимального управления стохастическими системами. **Диссертация удовлетворяет пункту 9 постановления Правительства РФ №842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней».**

На заседании «09» ноября 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Азанову В. М. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 23, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета
Д 212.125.04, д.ф.-м.н., доцент

А.В. Наумов

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.04, к.ф.-м.н., доцент

Н.С. Северина

И.о. начальника отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина



9 ноября 2018 г.