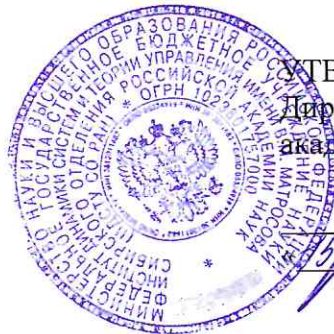




СВЕРЖДАЮ
Директор ИДСТУ СО РАН
академик РАН

И.В. Бычков
2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ
на диссертационную работу Лутошкина Игоря Викторовича
«Разработка, анализ и применение оптимизационных
динамических моделей экономических систем с запаздыванием»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ

Диссертационная работа И.В. Лутошкина посвящена развитию метода параметризации для численного решения задач оптимального управления с запаздыванием, его применению к качественному и численному анализу разработанных моделей производственно-экономических и медико-экологических систем с реализацией на проблемно-ориентированном комплексе.

1. Актуальность темы исследования

В последние полвека развитие методов адекватного математического моделирования социо-экономических и эколого-экономических систем естественным образом привели к необходимости использовать различные динамические модели и методы оптимального управления. В частности, к ним относятся рассматриваемые в диссертации модели управления с запаздыванием, которые формально описываются обыкновенными дифференциальными или интегро-дифференциальными уравнениями.

Для качественного и численного анализа подобных моделей (в том числе – предлагаемых автором) в диссертации развивается так называемый *метод параметризации*, начало которому положил научный руководитель диссертации. В диссертации этот метод получил существенное развитие: в моменты квантования времени управления являются не векторами из множества допустимых значений управления, а не зависящими от времени *функциями конечного числа параметров* (например, сплайнами), различающимися (в общем случае) по моментам квантования. Для эффективного использования данной модификации метода параметризации диссертант развил технику вычисления производных первого и второго порядков по параметрам квантованных управлений от функционалов, входящих в постановку исследуемой задачи (целевого, подлежащего оптимизации, и прочих, задающих необходимые экономические, или желательные ограничения). Эта техника, использующая векторные и матричные импульсы, позволила определить первые и вторые вариации упомянутых функционалов исходной задачи, конструктивно задающие её конечномерную аппроксимацию в форме специальной задачи нелинейного программирования (задачи НП). В развитой версии метод параметризации обладает рядом достоинств: а) для линейных и квадратичных по состоянию (фазам) задач аппроксимация исходной задачи оказывается точной (приращения функционалов совпадают с линейно-квадратичными аппроксимациями); б) охватываются некоторые случаи особых режимов (управлений), появление которых ведет к известным трудностям при реализации численных методов; в) допускается поиск приближенно-оптимальных режимов с разрывными траекториями.

В итоге метод аппроксимации оказался полезным математическим инструментом качественного и численного анализа разнообразных моделей с запаздыванием, предложенных в диссертации, и относящихся к макроэкономике (неоклассические двухсекторные модели типа Рамсея-Шелла-Свана), к микроэкономике (инвестиционные модели производственного менеджмента с условиями «точно в срок», «с учетом рисков» и т.п.), к моделям рекламы типа Видала-Вульфа, к социально-экономическим моделям массового заболевания.

Практическое применение метода параметризации к прикладным моделям динамической оптимизации базируется на его численной реализации, для которой диссертант предложил концепцию построения программных средств, реализованную в виде программно-ориентированного комплекса.

Актуальность теоретических и прикладных результатов диссертации подтверждена грантами РФФИ, внедрением в деятельность ПАО «Ил»-Авиастар, администрации Губернатора Ульяновской области, в технологических разработках и учебном процессе Ульяновского государственного университета, пятью свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ.

2. Степень обоснованности положений, выводов и рекомендаций диссертации

Представленные в диссертации И.В. Лутошкина научные заключения имеют высокую степень обоснованности. Автор дает детальный обзор научных работ отечественных и зарубежных авторов по аналогичной проблематике, ссылается на них и получает заключения, согласующиеся с известными. Математические результаты по обоснованию метода аппроксимации корректно доказаны в 13 теоремах, идентификация моделей и вычислительные эксперименты с ними подтверждены статистическими данными и регрессионно-корреляционным анализом. Работа прошла апробацию на многих международном и российских конференциях, её результаты опубликованы в 67 статьях, 25 из которых в изданиях, рекомендованных ВАК для публикаций по докторским диссертациям, 17 – во входящих в международные базы цитирования WoS и Scopus, а также в трех монографиях.

3. Научная новизна полученных результатов их теоретическая и практическая значимость

Научная новизна полученных результатов состоит в разработке и обосновании модифицированного метода параметризации для решения задач оптимального управления с точечным и распределенным запаздыванием, а также концепции его программной реализации. Разработан новый класс оптимизационных моделей управления производственными, организационно-техническими и экономическими динамическими системами.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов указана выше, в п. 1 данного отзыва. Полученные результаты могут быть использованы в научных организациях для решения динамических оптимизационных задач (ИПМех РАН, ИДСТУ СО РАН и др.), в органах управления регионом (внедрено в администрации Губернатора Ульяновской области), на производственных предприятиях, выпускающих высокотехнологичную продукцию (внедрено в ПАО «Ил»-Авиастар), в торговых компаниях для оценки и формирования спроса (внедрено в деятельность Ульяновской областной торгово-промышленной палаты).

4. Оценка содержания диссертации и автореферата

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и пяти приложений. Общий объем диссертации 320 страниц, включая 13 теорем, 15 рисунков и 22 таблицы. Список литературы состоит из 271 наименования. Результаты диссертации

прошли серьезную апробацию через конференции и статьи высокого уровня (см. п. 2). Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа И.В. Лутошкина является завершенным научным исследованием, обладающим актуальностью, научной новизной и практической значимостью.

5. Соответствие диссертации паспорту специальности

Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ:

1. Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений.
2. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий.
3. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.
4. Разработка новых математических методов и алгоритмов интерпретации натурного эксперимента на основе его математической модели.

6. Замечания

1) Постановка задачи оптимального управления (с. 30) содержит предположение о её разрешимости в классе кусочно-непрерывных управлений (т.е. существования оптимального процесса с таким свойством). Но в действительности это предположение для метода параметризации излишне: его численная реализация в приложениях нацелена на достижение сколь угодно точно нижней грани целевого функционала рассматриваемой задачи, если *терминальные ограничения отсутствуют*, а при их наличии – на достижение нижней грани функционала в расширенной (возмущенной) задаче с *ослабленными терминальными ограничениями*. Этот факт автор подробно разбирает в § 1.4, где введено условие аппроксимации (УА).

2) Качественный анализ двухсекторных моделей с запаздыванием в § 3.1 ограничивается принципом максимума Понтрягина для неособых (релейных) управлений. Между тем хорошо известно, что в прототипах этих моделей без запаздывания, с достаточно большим временным горизонтом планирования оптимальное решение обладает магистральным свойством (его траектория подавляющую часть времени проходит по множеству особо благоприятному для оптимума, или в его окрестности). Однако в анализе диссертации это интересное свойство даже не упоминается. Между тем, вопрос о его наличии в какой-то форме в моделях с запаздыванием представляется весьма важным.

3) При интерпретации результатов численных расчетов по моделям оптимизации в главе 5 автор употребляет термин «оптимальное решение (процесс)». Но в действительности речь идет о приближенно оптимальном решении (квазиоптимали) – см. замечание 1). Эта неточность достаточно распространена в литературе.

Сделанные замечания, однако, не влияют на общую положительную оценку работы.

7. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Исходя из вышеизложенного, заключаем, что докторская диссертация И.В. Лутошкина является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной проблемы по разработке новых математических методов моделирования и алгоритмов решения оптимизационных задач с запаздыванием в производственных и социально-экономических системах. Работу можно квалифицировать как новое достаточно крупное научное достижение.

Представленная работа по форме и содержанию соответствует требованиям пп. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание

ученой степени доктора наук, а её автор, Лутошкин Игорь Викторович, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отзыв на диссертацию подготовлен в отделении Эволюционных уравнений и управляемых динамических систем и заслушан, обсужден и одобрен на заседании Объединенного семинара ИДСТУ СО РАН, протокол № 1 от 15 апреля 2025 г.

Заведующий отделением Эволюционных
уравнений и управляемых динамических систем
чл.-к. РАН, доктор физ.-мат. наук



А.А. Толстоногов

15.04.2025

Наименование организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук (ИДСТУ СО РАН)

Адрес: 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 134, а/я 292

Телефон: (3952) 42-71-00, факс: (3952) 51-16-16, e-mail: idstu@icc.ru



Подпись заверяю
Нач. отдела делопроизводства
и организационного обеспечения
ИДСТУ СО РАН

 Г.Б. Кононенко

15.04.2025