

В диссертационный совет 24.2.422.04
при ФГБОУ ВО «Ульяновский
государственный университет»

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

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.

Актуальность диссертационной работы

Развитие современных информационных систем направлено на решение задач, традиционно решаемых человеком. Задачи управления механическими, социальными, экономическими системами являются одними из самых сложных, особенно, когда нужно учитывать динамику, запаздывание в реакции системы, а также находить оптимальное управление. Для внедрения функций управления в информационные системы требуется продвинутый аппарат методов и моделей автоматического или автоматизированного управления.

В настоящее время при моделировании динамических процессов в экономике практиками в основном используется аппарат регрессионно-корреляционного анализа, который недостаточен для решения сложных задач управления. Таким образом, диссертационное исследование И.В. Лутошкина, направленное на создание моделей управления в экономических системах и методов анализа этих моделей, является актуальным.

В диссертации предлагается несколько новых моделей для анализа экономических систем на микро-, мезо- и макроуровнях. К микроуровню можно отнести модели управления рекламными воздействиями, модель инвестиционной стратегии фирмы, модели управления предприятием с учетом принципов менеджмента. Модель двухсекторной экономики может использоваться на макроуровне. Модель управления экономической системой в условиях массового заболевания может быть использована на мезо- и макроуровнях. Предлагаемые модели формулируются в терминах задач теории оптимального управления, учитывается эффект запаздывания по фазовым и управляющим переменным.

Актуальность предлагаемых моделей подтверждается публикациями результатов разработки и апробации этих моделей в рецензируемых научных журналах, участием в российских и международных научных программах. Так, модели управления рекламными воздействиями, модель инвестиционной стратегии фирмы, модели управления предприятием с учетом принципов менеджмента ("точно в срок", "под заданную себестоимость", "с учетом рисков") разрабатывались в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ № 2.1816.2017/4.6 по теме «Исследование и разработка интегрированной автоматизированной системы управления производственно-технологическим планированием авиастроительного предприятия на базе цифровых технологий», модель управления экономической системой в условиях массового заболевания разрабатывается в рамках гранта РНФ № 24-28-00542 «Разработка информационно-аналитического инструмента моделирования и оптимизации управления социально-экономическими системами в условиях массового заболевания».

Для анализа моделей, сформулированных в терминах задач теории оптимального управления, в диссертации предлагается метод параметризации. Метод параметризации представляет собой совокупность численных методов решения задач теории оптимального управления, учитывающий разные виды уравнений динамики: обыкновенные дифференциальные уравнения, дифференциальные-разностные уравнения, интегро-дифференциальные уравнения. Методологическая основа метода параметризации состоит в представлении управления в некотором классе функций с подвижными моментами переключения. Таким образом, исходная задача оптимального управления может быть сведена к конечномерной задаче нелинейного программирования относительно параметров функций управления и моментов переключения управления. Вычисление производных в получаемой задаче нелинейного программирования сводится к решению задач Коши для исходной и сопряженной систем. Если в исходной задаче структура оптимального управления ясна (например, из принципа максимума), то такой подход позволяет получить задачу нелинейного программирования небольшой размерности.

Общий подход в методе параметризации не зависит от вида дифференциальных уравнений (обыкновенные дифференциальные уравнения, дифференциальные-разностные уравнения, интегро-дифференциальные

уравнения), тем самым можно утверждать о сформировавшемся едином подходе к решению задач оптимального управления достаточно разного вида. Эффективность данного подхода подтверждается результатами вычислительных экспериментов, публикациями в научных рецензируемых журналах, участием в российских и международных научных программах: грант РФФИ № 01-01-00731 «Вариационные методы регуляризации и решения вырожденных уравнений и неравенств», грант РФФИ № 07-01-90000 Вьет/а «Разработка качественной теории и методов приближенного решения дифференциально-алгебраических уравнений (ДАУ)». В диссертации метод параметризации достаточно успешно применяется к предлагаемым автором моделям.

Научная новизна диссертационного исследования состоит в разработке новых оптимизационных динамических моделей, учитывающих запаздывание в фазовых и управляющих переменных: модели управления производственным предприятием с учетом принципов менеджмента, модель инвестиционной стратегии фирмы, модели рекламных воздействий, модели управления экономической системой в условиях массового заболевания, модификация модели двухсекторной экономики на случай с запаздыванием. Научной новизной обладает предлагаемый подход к численному решению задач оптимального управления с точечным и распределенным запаздыванием.

Содержание диссертационной работы

Текст диссертации включает введение, пять глав, заключение, список литературы и пять приложений. Общий объем диссертации составляет 320 страниц, основной текст 279 страниц. Результаты диссертационного исследования опубликованы в 25 работах в журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов докторских диссертаций, из них 17 в изданиях, реферируемых в WOS и Scopus. По результатам исследования опубликованы 3 монографии, получены 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Введение содержит: обоснование актуальности темы исследования; обзор научной литературы по математическому моделированию экономических процессов, рассматриваемых в диссертации: модели рекламных воздействий, модели массовых заболеваний, инвестиционные модели, модели управления производственным предприятием; обзор литературы по численным методам

решения задач оптимального управления и программным пакетам, содержащим функции решения таких задач. Также во введении формулируются цель и задачи исследования, положения, выносимые на защиту. Определяются объект и предмет исследования, приводятся сведения об апробации работы, представлен личный вклад диссертанта в исследование.

В первой главе описывается общая методология метода параметризации задач оптимального управления: представление управления в некотором классе функций, определяемых конечным числом параметров, и последующее сведение исходной оптимизационной динамической задачи к задаче нелинейного программирования. Для каждого вида системы уравнений (обыкновенные дифференциальные уравнения, дифференциально-разностные уравнения, интегро-дифференциальные уравнения) обосновываются формулы вычисления производных полученной задачи нелинейного программирования посредством вычисления задач Коши для исходной и сопряженной систем, а также матричного импульса для вычисления производных второго порядка. В конце главы обосновывается сходимость метода параметризации.

Вторая глава содержит авторские математические модели экономических систем, сформулированные в терминах задач оптимального управления с точечным или распределенным запаздыванием. Для управления производственным предприятием предложена обобщенная модель, учитывающая принципы менеджмента: "точно в срок", "под заданную себестоимость", "с учетом рисков". Также рассматриваются частные случаи обобщенной модели: инвестиционная стратегия фирмы, выбор оснастки, модификация производственного плана, управление потребностью в режущем инструменте. Последние две модели сформулированы в терминах дискретных задач оптимального управления. Предлагаются одноканальная и многоканальная модели рекламных воздействий, использующие кумулятивный эффект рекламных воздействий и гудвил (оценивается через кумулятивный эффект продаж) для оценки спроса. Для управления на макроуровне предлагаются модели двухсекторной экономики и управления экономической системой в условиях массового заболевания. В обоих случаях учитывается запаздывание по фазовым и управляющим переменным.

Третья глава посвящена качественному анализу моделей, представленных во второй главе. Используя необходимые условия оптимальности (принцип

максимума Понтрягина) проводится анализ моделей: двухсекторная экономика, инвестиционная стратегия фирмы, управление рекламными расходами. На основе этого анализа делается вывод о структуре оптимального управления в данных моделях. Доказаны теоремы существования решений задач оптимального управления, порождаемые моделями инвестиционной стратегии фирмы и управления рекламными расходами. В модели управления экономической системой в условиях массового заболевания дается обоснование выбора целевого функционала – сочетание двух разных показателей: социальный (минимизация количества заболевших) и экономический (максимизация дохода).

В четвертой главе дано описание программного комплекса, реализующего единый подход к решению задач оптимального управления. Сформулирована общая концепция построения программного комплекса. Дано описание используемых алгоритмов конечномерной оптимизации как безусловной, так и условной. Описан алгоритм идентификации параметров модели на основе метода параметризации.

Пятая глава содержит описание вычислительных экспериментов с моделями, предложенными в диссертации. На основе разработанного программного комплекса численное решение находилось методом параметризации. Оценка параметров модели инвестиционной стратегии фирмы проводилась на основе данных ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация», модели управления рекламой на основе данных компании ОАО «Мегафон», а также фирмы по производству и продаже одежды, модели управления экономической системой в условиях массового заболевания на основе данных о пандемии COVID-19 в 2020 году в России и Ульяновском регионе. Оценка параметров модели двухсекторной экономики проведена по условным данным. Для указанных моделей проводился поиск оптимального решения, численный анализ восприимчивости оптимального решения на изменение параметров.

В Заключении сформулированы основные результаты, полученные в диссертационном исследовании, положения, выносимые на защиту.

Основные результаты диссертационного исследования

1. Развитие метода параметризации для решения задач оптимального управления, содержащих дифференциальные связи с точечным запаздыванием.

2. Развитие метода параметризации для решения задач оптимального управления, содержащих интегро-дифференциальные связи.

3. Разработка новых оптимизационных динамических моделей с запаздыванием: модели управления организационно-техническими системами; модели управления экономической системой в условиях массового заболевания; двухсекторная модель экономики; модель инвестиционной стратегии фирмы; обобщенная модель рекламы.

4. Концепция построения программных средств для реализации единого подхода, ориентированного на решение задач оптимального управления как с запаздыванием, так и без запаздывания.

5. Проблемно-ориентированный программный комплекс, предназначенный для решения задач оптимального управления с точечным и распределенным запаздыванием как в фазовых, так и в управляющих переменных.

Замечания по диссертационному исследованию

1. Частные случаи модели принципов управления предприятием (модификация производственного плана, управление потребностью в режущем инструменте) представляют собой отдельный практический и научный интерес, выходящий за рамки применения единого подхода в диссертации. Данные модели являются конечномерными задачами оптимизации, что не позволяет применять к ним метод параметризации. Для более цельного изложения диссертации эти модели можно исключить, тем более они не выносятся в положения на защиту.
2. Модель выбора оснастки не верифицируется на основе экспериментальных или реальных данных и рассматривается только в теоретическом аспекте.

Заключение

Результаты диссертационного исследования опубликованы в ведущих российских и зарубежных журналах, апробированы на научных конференциях и семинарах российского и международного уровня. Автореферат диссертации соответствует результатам диссертации, характеризует проведенные исследования.

Диссертационная работа Лутошкина И. В. представляет собой законченное исследование: разработаны новые оптимизационные динамические модели, численные методы решения задач оптимального управления с запаздыванием, проблемно-ориентированный программный комплекс для численного решения таких задач. Работа представляет интерес для специалистов математического моделирования, вносит вклад в развитие методов математического моделирования и может быть квалифицирована как решение научной проблемы моделирования динамических оптимизационных проблем, имеющей важное значение в области управления производственными и непроизводственными компаниями, управления экономическими системами на мезо- и макроуровнях.

Диссертационная работа Лутошкина Игоря Викторовича отвечает всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 в действующей редакции, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Лутошкин Игорь Викторович, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук (01.02.04 –
Механика деформируемого твердого тела),
профессор, ФГАОУ ВО “Самарский
национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева”, кафедра
математики и бизнес-информатики, профессор
кафедры,
Леонид Александрович Сараев

 Л.А. Сараев

Адрес основного места работы: 443086, г. Самара,
Московское шоссе, д. 34, кафедра математики и
бизнес-информатики, e-m: saraev.la@ssau.ru тел. +7 (846) 337-99-15

