

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Каранэ Марии Магдалины Сергеевны «Мультиагентные методы оптимизации динамических систем управления», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Каранэ М. М. С. с отличием окончила бакалавриат института №8 «Компьютерные науки и прикладная математика» Московского авиационного института (национального исследовательского университета) по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика», в 2020 г. с отличием окончила магистратуру института №8 МАИ по направлению подготовки 01.04.04 «Прикладная математика». В 2024 г. завершила обучение в аспирантуре МАИ на кафедре №805 «Математическая кибернетика» по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника». Во время обучения в аспирантуре начала работать на кафедре №805 в должности инженера и ассистента, и продолжает работу в должности ассистента (полная ставка) по настоящее время. Проводила практические занятия по курсам «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Методы оптимизации», «Теория управления».

Актуальность диссертационной работы обусловлена необходимостью решения задач синтеза оптимального управления с неполной обратной связью по доступным координатам вектора состояния динамических систем в условиях неопределенности задания начальных условий. Подобные проблемы часто возникают в авиационной и ракетно-космической областях при проектировании сложных управляющих комплексов. Применение существующих численных методов, основанных на необходимых и (или) достаточных условиях оптимальности управления, ограничено задачами сравнительно невысокой размерности. В диссертационной работе для решения поставленной задачи предлагается использовать подходы, основанные на переходе от задачи поиска оптимального управления с неполной обратной связью к соответствующей задаче параметрической оптимизации, а также на доказательстве и применении достаточных условий ϵ -оптимальности с подбором вспомогательных функций в параметрической форме. Для решения возникающих задач параметрической оптимизации разработаны новые мультиагентные метаэвристические методы поиска экстремума функций многих переменных при интервальных ограничениях, а в качестве аппарата параметрического

представления неизвестных функций использовались разложения по различным базисным системам.

Мультиагентные методы оптимизации являются перспективной современной областью исследования. Подобные алгоритмы применяются в оптимизации, оптимальном управлении, машинном обучении и во многих других областях. Мультиагентные алгоритмы довольно просты в применении и позволяют получать приемлемые результаты за разумное вычислительное время.

В диссертации Каранэ М.М.С. получено четыре новых мультиагентных алгоритма оптимизации, которые применены для поиска оптимальных законов управления непрерывными динамическими системами в условиях неполной информации о состоянии. Предложены общие принципы формирования мультиагентных алгоритмов оптимизации, новые математические модели описания движения агентов и различные методы управления агентами. Сформулированы и доказаны достаточные условия эpsilon-оптимальности законов управления детерминированными динамическими системами с неполной обратной связью, на основе которых разработаны алгоритмы получения верхних оценок близости приближенных решений к оптимальным. Создано алгоритмическое и программное обеспечение, позволяющее находить решения задач условной оптимизации и синтеза оптимального управления.

Практическая значимость полученных результатов состоит в разработанном математическом, алгоритмическом и программном обеспечении для решения оптимизационных задач и задач оптимального управления в авиационной и космической отраслях. Автором получено два свидетельства о государственной регистрации программ.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, приложения, заключения и списка литературы. Во введении обосновывается актуальность темы, приводится обзор известных результатов в области диссертационного исследования, а также описывается содержание работы по главам.

В первой главе разработано четыре мультиагентных метода оптимизации: гибридный мультиагентный алгоритм интерполяционного поиска, мультиагентный алгоритм, основанный на применении линейных регуляторов управления движением агентов, мультиагентный алгоритм, основанный на применении ПИД-регуляторов управления движением агентов, и последовательно-параллельный гибридный мультиагентный метод, основанный на алгоритмах, имитирующих империалистическую конкуренцию, поведение стай рыб и криля. Сформированы стратегии этих методов, их пошаговые алгоритмы и соответствующее программное обеспечение. Исследована

эффективность алгоритмов на стандартных тестовых функциях двух переменных и на прикладных задачах определения параметров технических систем: сварной балки, сосуда высокого давления, редуктора и натяжной пружины.

Во второй главе разработаны алгоритмы поиска оптимального управления динамическими системами на основе описанных мультиагентных методов оптимизации. Рассмотрены задачи поиска оптимального программного управления, оптимального управления с неполной обратной связью и с полной обратной связью для нелинейных детерминированных непрерывных и стохастических систем. Для численного решения задач предлагается задать структуру искомого закона управления, зависящего от времени и от заданного набора координат вектора состояния, доступных измерению, содержащую набор неизвестных параметров. Таким образом, реализуется переход от поставленных вариационных задач к проблеме конечномерной оптимизации, т.е. проблеме поиска наилучших значений параметров, задающих структуру управления. Кроме того, описаны способы параметризации закона управления с применением: ортонормированных систем базисных функций; финитных базисных систем функций (кусочно-постоянных, кусочно-линейных, квадратичных, кубических сплайнов); радиально-базисных функций (функции Гаусса, мульти-квадратичной, обратной квадратичной, обратной мульти-квадратичной). Для представления искомого закона управления используются два общих подхода. Первый связан с применением разложений по базисным системам функций, применяемым в спектральном методе описания систем управления. Второй связан с использованием идей псевдоспектрального метода, в котором закон управления аппроксимируется глобальным многочленом, коллокация выполняется в специально выбранных точках (точках коллокации), а в качестве базисных функций применяются полиномы Чебышёва.

В третьей и четвертой главах сформулированы и доказаны достаточные условия ϵ -оптимальности в задаче приближенного синтеза оптимального управления детерминированными системами с неполной обратной связью и в задаче приближенного синтеза оптимального управления пучками траекторий непрерывных детерминированных систем с неполной обратной связью. Для обеих задач с использованием достаточных условий ϵ -оптимальности сформированы пошаговые алгоритмы, разработано программное обеспечение и решены модельные примеры, в которых найдены априорные оценки близости полученных решений к точным.

В пятой главе подробно описана структура разработанного программного обеспечения для решения задач поиска глобального экстремума функций

многих переменных и поиска оптимального управления непрерывными динамическими системами.

В приложении описан набор стандартных тестовых функций, используемых при анализе эффективности разработанных мультиагентных методов оптимизации.

Основные результаты диссертации получены автором самостоятельно. Результаты по теме диссертации полностью опубликованы в рецензируемых научных журналах и докладывались на различных международных и всероссийских научных конференциях. Полученные результаты изложены в 33 работах, из которых 6 работ опубликовано в журналах, входящих в перечень ВАК, 8 работ опубликовано в журналах, индексируемых международной базой Scopus, 16 работ опубликовано в сборниках тезисов докладов и проиндексировано в РИНЦ, получено 2 государственных свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Диссертация Каранэ М.М.С. на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук представляет собой законченную научно-квалификационную работу, удовлетворяющую всем требованиям ВАК РФ. Полученные новые результаты имеют научную и практическую значимость в области решения задач оптимизации управления нелинейными динамическими непрерывными и стохастическими системами. Работа соответствует паспорту специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика». Автореферат диссертации точно отражает содержание диссертации.

Считаю, что Каранэ Мария Магдалина Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., профессор,
заведующий кафедрой 805
«Математическая кибернетика» МАИ

А.В. Пантелеев

17.09.24

Подпись Пантелеева А.В. удостоверяю.

Заместитель начальника
Управления по работе с персоналом



М.А. Иванов