

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ФГБУН Институт программных систем им. А.К. Айламазяна РАН

чл.-корр. РАН Абрамов С.М.



(Handwritten signature)

2016 г.

Отзыв ведущей организации

на диссертацию Хишектуевой Ишин-Хорло Дамбадоржиевны «Модели и методы неподвижных точек в задачах оптимизации параметров динамических систем», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

При исследовании многих математических моделей динамических систем, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями, часто рассматриваются задачи оптимизации моделируемых процессов по управляющим параметрам. Поэтому разработка вычислительно эффективных методов оптимизации параметров динамических систем является вполне актуальной темой исследования. Такие задачи обычно рассматриваются как задачи конечномерной оптимизации с неявно заданными функциями от параметров, и для их решения используются методы нелинейного программирования. В диссертации Хишектуевой И.-Х.Д. развивается известный альтернативный подход к решению указанных задач, основанный на применении теории и методов оптимального управления. Новым является разработка и реализация специальных нелокальных условий улучшения управления в форме операторных уравнений в пространстве управлений, которые интерпретируются как задачи о неподвижных точках конструируемых операторов. Предлагаемые оптимизационные методы неподвижных точек основываются на последовательном решении конструируемых задач нелокального улучшения управления.

В работе дается характеристика новизны полученных результатов.

1. Разработанные методы неподвижных точек для решения классов задач параметрической оптимизации динамических систем, представляющие собой специальные задачи о неподвижной точке конструируемых операторов управления, обладают свойствами нелокальности и возможности улучшения неоптимальных управлений, удовлетворяющих дифференциальному принципу максимума.
2. Новое необходимое условие оптимальности усиливает известный дифференциальный принцип максимума в классе линейных по управлению задач параметрической оптимизации.
3. Доказанные теоремы о сходимости обосновывают принципиальную сходимость предлагаемых итерационных алгоритмов решения моделируемых задач о неподвижной точке.
4. Построенные методы решения задач о неподвижной точке имеют повышенную вычислительную эффективность, подтвержденную результатами сравнительного анализа предложенных методов с известными в вычислительных экспериментах.

Полученные в работе результаты определяют перспективное направление развития теории и методов оптимизации параметров нелинейных управляемых систем. Практическая значимость полученных автором результатов обосновывается разработкой и созданием программно-вычислительного комплекса для эффективного решения актуальных прикладных задач управления динамическими системами, а также использованием в учебном процессе и в подготовке профильных специалистов.

Результаты диссертации могут быть использованы в ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет», ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», ФГБУН Институт программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, ФГБУН Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, ФГБУН Институт динамики систем и теории управления

СО РАН и других организациях, занимающихся разработкой теории и методов решения задач оптимального управления.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Во введении дается обзор основных подходов и методов оптимального управления, формулируются цели и задачи исследования, указываются научная новизна, практическая и теоретическая значимость результатов работы.

В первой главе рассматриваются классы задач оптимизации параметров динамических систем, в том числе, с параметрами в начальных условиях. На основе определения модифицированной дифференциально-алгебраической сопряженной системы строится нестандартная формула приращения целевой функции, не содержащая остаточных членов разложений. Формула позволяет сконструировать нелокальные условия улучшения допустимого управления в рассматриваемых классах задач, которые представляются в форме специальных задач о неподвижной точке определяемых операторов в пространстве управлений. На основе указанного подхода в линейном по управлению классе задач оптимизации динамических систем по управляющим параметрам получены новые условия оптимальности управления, усиливающие известный дифференциальный принцип максимума. В конце главы приведены примеры, иллюстрирующие основные свойства конструируемых задач улучшения управления. В частности, показывается возможность строгого улучшения управления, удовлетворяющего дифференциальному принципу максимума.

Во второй главе предлагаются методы оптимизации параметров динамических систем на основе решения моделируемых задач о неподвижной точке. Для решения задач о неподвижной точке строятся итерационные алгоритмы, аналогичные известному методу простой итерации. Обосновываются теоремы о сходимости рассматриваемых итерационных алгоритмов с помощью известного принципа сжимающих отображений. Формулируется принципиальная схема методов неподвижных

точек и вычислительные особенности их реализации. Предлагаемые методы неподвижных точек образуют целое семейство методов, конкретная модификация которых определяется построением оператора управления, способом решения алгебраических уравнений дифференциально-алгебраической сопряженной системы, выбором итерационного алгоритма решения задачи о неподвижной точке и другими особенностями.

В третьей главе исследуется сравнительная эффективность предлагаемого оптимизационного подхода в вычислительных экспериментах. Рассматриваются известные модельные задачи понижения порядка системы дифференциальных уравнений, приводящие к задачам оптимизации параметров динамической системы меньшего порядка. В модельной задаче «самолет с автопилотом» получены расчетные оптимальные значения параметров, при которых достигается меньшее значение целевой функции, характеризующей близость решений, по сравнению с известными результатами. В другой модели «кинетика ядерного реактора» на основе построения и исследования вспомогательной модельной задачи найдены расчетные значения параметров, которые также обеспечивают сравнительно лучшую точность приближения решений исходной и целевой систем. В этой же главе анализируется известная эколого-экономическая модель, описывающая выпуск продукции с учетом вредных выбросов. Рассматривается задача максимизации полезности (общего благосостояния) от выпускаемой продукции с учетом отрицательного влияния загрязнения. В качестве управляющих параметров выбираются доли выпуска на потребление и борьбу с загрязнением. В рамках модели проведен предварительный анализ выбора начальных условий управляемой системы, перехода к «безразмерным» переменным, определения временного интервала наблюдения, уточнение области допустимых значений параметров. Полученные в ходе численного анализа расчетные значения управляющих параметров в рассматриваемой модельной задаче по критерию благосостояния оказываются существенно лучшими по сравнению с

известными экстремальными параметрами. Таким образом, предлагаемый подход неподвижных точек при решении ряда известных модельных задач демонстрирует сравнительно лучшую вычислительную эффективность.

В заключении формулируются основные научные результаты.

Все основные научные результаты работы обоснованы и достоверны, что подтверждается доказательствами теорем и решениями прикладных и тестовых задач. По теме диссертации опубликованы 18 работ, включая свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, из них 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.18, в частности, следующим пунктам:

2. Развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей.
3. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий.
4. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.

Можно указать следующие недостатки работы:

1. В предлагаемых методах используется операция проектирования на допустимое множество значений управления. Как известно, задача проектирования в общем случае является не менее сложной по сравнению с исходной решаемой задачей. В работе не обсуждается данное обстоятельство.
2. В диссертации нет описания программного комплекса, упомянутого на стр. 9.
3. В примерах 1.1, 1.2, 1.3 на страницах 36, 38, 40 слишком подробно выписаны выкладки решения.
4. В третьей главе в таблицах с результатами вычислительных экспериментов имеются разные обозначения десятичных чисел: через запятую и через точку.

5. В формулировках теорем 1.1 и 1.2 на страницах 27, 29 перед словом «тогда» лишняя запятая.

Перечисленные недостатки не снижают ценности полученных в работе результатов. В целом, диссертация выполнена на требуемом к кандидатским диссертациям уровне, ее результаты достаточно полно отражены в публикациях, а автореферат правильно отражает содержание работы.

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение класса задач оптимизации параметров динамических систем, имеющего важное значение для развития теории и методов оптимального управления, что соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Хишектеуева Ишин-Хорло Дамбадоржиевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертация и отзыв обсуждены на семинаре исследовательского центра системного анализа ФГБУН Институт программных систем им. А.К. Айламазяна РАН «10» ноября 2016 г., протокол № 12.

Директор исследовательского центра
системного анализа ФГБУН
Институт программных систем им.
А.К. Айламазяна РАН,
кандидат технических наук

С.А. Амелькин

Адрес: 152021, Ярославская область, Переславский район,
с. Вельское, ул. Петра Первого, д. 4 «а»
Телефон: (48535)98028
E-mail: sam@sam.botik.ru

Подпись А.А. Мельникова С.А. заверяю
Качественный отдел кадров
Мельников Александр Владимирович
15.11.2016