

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Поздьева Владимира Васильевича «Полиномиальные матричные неравенства в задачах анализа систем управления», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.01 — «Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и промышленности)» по физико-математическим наукам

Актуальность избранной темы

Диссертация В.В. Поздьева посвящена разработке методов невыпуклой оптимизации для решения задач теории управления, для которых трудно получить аналитическое решение и трудно предложить вычислительную процедуру, гарантированно приводящую к решению. Достаточно широкий круг задач теории управления представим в форме задач оптимизации с ограничениями в виде нелинейных матричных неравенств. К ним относятся задачи вычисления H_2 нормы и H_∞ нормы системы, которые имеют ясный физический смысл и характеризуют качество системы при действии возмущений из различных классов, а также ее грубость по отношению к различным неопределенностям в математической модели. Эти вопросы касаются и так называемых $2D$ -систем, которые эффективно применяются для синтеза управления с итеративным обучением в робототехнике. Методы невыпуклой оптимизации и способы их эффективного применения представляют собой важную область исследований, в которой продолжается активная работа. Таким образом, разработка новых методов анализа сложных систем является проблемой, которая имеет важное значение в развитии науки, технологий и техники. Это позволяет утверждать, что тема представленной к защите диссертации является актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность представленных соискателем научных положений обусловлена строгими доказательствами теорем и корректным применением известных методов. Выводы и рекомендации диссертации основаны как на анализе полученных теоретических положений, так и на численных экспериментах, в которых реализации новых методов сравниваются с достаточно близкими ранее известными результатами.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В диссертации представлены следующие новые научные результаты:

- предложена концепция решения параметризованных матричных неравенств путем систематической поэтапной трансформации исходных задач и пространства поиска к форме, позволяющей решать их с достаточной степенью эффективности;
- в рамках данной концепции сформулирован метод оптимизации, предназначенный для эффективного решения задач оптимизации с ограничениями в виде полиномиальных матричных неравенств, возникающих в теории управления;
- предложено семейство методов, предназначенных для приведения ряда задач анализа динамических систем (анализ устойчивости и вычисление норм $2D$ -систем и систем с неопределенностью) к виду, совместимому с данным методом оптимизации;
- представлены дополнительные результаты, связанные с темой исследования, основанные на других методах решения (вычисление H_2 -нормы $2D$ -системы, критерии разрешимости задачи о существовании общей квадратичной функции Ляпунова множества линейных систем).

Достоверность новых научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается как их строгими математическими доказательствами, так и проверкой в численных экспериментах. Практическая реализация результатов в виде программного обеспечения имеет государственную регистрацию. Копии соответствующих документов приведены в приложении к диссертации.

Значимость для науки и практики результатов диссертации

Результаты исследования существенно расширяют возможности численных методов в решении ряда открытых задач теории управления и в связи с этим имеют высокую теоретическую и практическую значимость.

Характеристика содержания работы

В первой главе представлен обзор текущего состояния основных проблем, рассмотренных в диссертации: решения оптимизационных задач с участием полиномиальных матричных неравенств и анализа $2D$ -систем посредством решения задач данного вида. Сделаны выводы о недостатках известных подходов и представлена концепция формирования методов решения, основанная на иных принципах.

Во второй главе описаны методы оптимизации, предназначенные для решения задач с участием полиномиальных матричных неравенств. Подробно рассмотрен существующий базовый метод построения так называемых иерархий релаксаций, и на его основе в соответствии с общей концепцией построено семейство трансформаций, значительно снижающих размерность вспомогательных пространств поиска и повышающих эффективность. Подход к построению новых форм задач применен к задачам одномерной оптимизации, многомерной оптимизации, а также к задачам в прямой и прямой-двойственной форме. Представлены как фундаментальные математические результаты, так и итоговые формы и алгоритмы.

В третьей главе описаны методы трансформации ряда прикладных задач с использованием перехода к двойственным формам с целью решения или установления разрешимости. Данные трансформации также являются частью концептуального подхода и в большинстве случаев предназначены для приведения задач к виду, совместимому с методами, представленными во второй главе. Рассмотрены задачи анализа устойчивости и вычисления норм 2D-систем и систем с параметрической неопределенностью. Здесь же представлены дополнительные результаты, связанные с вычислением H₂-норм 2D-систем и задачей о существовании общей квадратичной функции Ляпунова множества линейных систем.

В четвертой главе рассмотрена серия численных экспериментов, иллюстрирующих работу предложенных в диссертации методов и алгоритмов, а также сравнение новых методов с уже известными. Указаны преимущества и ограничения новых методов, а также возможности использования их в сочетании с существующими аналогами.

Представленные результаты опубликованы в 25 работах, в том числе 16 публикациях в изданиях из перечня ВАК, 14 из них — в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus.

Замечания

1. В главе 2 при изложении атомной оптимизации стоило бы более подробно описать метод моментов, на который опираются предлагаемые в диссертации новые методы.
2. В одном из численных примеров продемонстрировано, что предлагаемые методы применимы для построения обратной связи при неполном измерении состояния объекта управления (раздел 4.1.2.2). В связи с этим примером кажется, что в диссертацию можно было

включить раздел, показывающий, что предлагаемые методы применимы не только к анализу, но и к синтезу систем управления.

3. Автор употребляет термин «масштабируемость» в определенном контексте (например, «слабая масштабируемость существующих методов решения задач указанного вида» на стр. 7). Хотелось бы уточнить, что под этим понимается?

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

Диссертация Поздяева В.В. является законченной научно-квалификационной работой, направленной на формирование методологии решения задач оптимизации с ограничениями в виде полиномиальных матричных неравенств, существенно расширяющей круг разрешимых с практической точки зрения задач теории управления, а совокупность разработанных теоретических положений можно считать существенным вкладом в теорию управления. Отмеченные недостатки работы не снижают ее научную и практическую ценность. Работа написана на высоком научном уровне, ее оформление соответствует требованиям ВАК РФ. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Считаю, что диссертация удовлетворяет требованиям положения ВАК о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям. Представленные в диссертации результаты соответствуют пунктам специальности 05.13.01 — «Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и промышленности)», а ее автор, Поздяев Владимир Васильевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по данной специальности.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой математики

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный
архитектурно-строительный университет»

Коган Марк Михайлович

« 25 » 10 2018 г.

Адрес: 603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д.65

Тел.: (831) 430-69-84

Email: mkogan@nngasu.ru

Подпись Когана М.М. заверяю:

Ученый секретарь ученого совета НИГАСУ



А.Л. Васильев