

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор Московского государственного
университета имени М.В. Ломоносова, доктор
физико-математических наук, профессор



А.А. Федянин

«04» 09 2015 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» факультет вычислительной математики и кибернетики

кафедра оптимального управления

на диссертацию Корнева Дмитрия Васильевича

«Численные методы решения дифференциальных игр с нетерминальной платой»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

- 1. Актуальность темы диссертации.** В диссертации Д.В.Корнева рассматриваются задачи управления на конечном промежутке времени движением динамических систем в условиях помех. Цель управления заключается в том, чтобы доставить как можно меньшее значение заданному показателю качества процесса. Задачи такого типа исследуются в рамках теории дифференциальных игр, которая возникла в середине XX века как ответ на требования практики и составляет сейчас активно развивающийся раздел современной математической теории управления. Эта теория содержит много нерешенных проблем, а постоянное расширение области ее применения приводит к появлению новых задач. Так, во многих реальных процессах движение системы требуется оценивать не только в терминальный, но и в промежуточные моменты времени, также на практике часто необходимо учитывать ресурсные ограничения на управление. Найти аналитическое решение в таких задачах даже без указанных особенностей удается крайне редко, что обуславливает актуальность проведенного в диссертации исследования, направленного на разработку численных методов. Нацеленность на получение программно реализуемых процедур решения объясняет также сужение класса рассматриваемых задач до линейно-выпуклого случая. Разрешающие процедуры базируются на так называемом методе выпуклых сверху оболочек, разработанном Н.Н.Красовским и А.Н.Красовским, и редукции этого метода, предложенной Н.Ю.Лукояновым. В основе разработанных автором численных методов лежит «пиксельное» представление компактных множеств. Выполненные программные реализации ориентированы на современную вычислительную технику и позволяют использовать параллельные вычисления с общей памятью, что повышает быстродействие программного комплекса.

2. Научная новизна и основные результаты

Диссертация состоит из введения, четырех глав, объединяющих 21 параграф,

заклучения и списка литературы, насчитывающего 148 наименований. Общий объем диссертации — 118 страниц.

Во введении освещается предыстория вопроса, обосновывается актуальность темы, определяются цели и задачи работы, излагаются ее научная и практическая значимость, описываются методы исследования, приводятся сведения об апробации работы.

В первой главе рассматривается линейно-выпуклая позиционная дифференциальная игра с геометрическими ограничениями на управляющие воздействия игроков и нетерминальной платой в виде нормы совокупности отклонений движения в заданные моменты времени от заданных целевых точек. Изучается случай, когда выполнено условие седловой точки в маленькой игре. Приводится строгая постановка задачи и производится ее формализация в рамках теории позиционных дифференциальных игр. На основе процедуры, данной Н.Ю. Лукояновым, строится оригинальный численный метод решения в классах чистых стратегий управления, позволяющий приближенно вычислить цену игры и при помощи экстремального сдвига на сопутствующие точки построить ζ -оптимальные законы управления для обоих игроков. Оценивается алгоритмическая сложность метода, описываются детали его программной реализации, приводятся результаты численных экспериментов на модельных примерах, иллюстрирующие работоспособность метода.

Вторая глава посвящена задаче из первой главы с тем отличием, что условие седловой точки в маленькой игре не предполагается выполненным. Для этого случая вводится вспомогательная модель-поводырь, к которой применяются результаты, полученные в первой главе, на основе чего строится численный метод решения рассматриваемой дифференциальной игры в классах смешанных стратегий управления. Даются детали программной реализации метода. Для ряда задач приводятся результаты моделирования движений систем под воздействием оптимальных законов управления.

В третьей главе рассматривается линейно-выпуклая задача динамической оптимизации гарантии с нетерминальным показателем качества, в которой на воздействия управления наложены дополнительные интегральные ограничения, характеризующие ресурсные запасы. Доказано, что в подходящих классах стратегий оптимальные гарантированные результаты игроков совпадают и образуют цену вспомогательной дифференциальной игры. Дана и обоснована процедура для ее приближенного вычисления и построения соответствующих ζ -оптимальных законов управления по принципу обратной связи. Процедура базируется на попятных конструкциях выпуклых сверху оболочек. На основе этой процедуры разработан и программно реализован численный метод, результаты применения которого продемонстрированы на примерах.

В главе 4 описывается созданный программный комплекс, объединяющий данные в предыдущих главах программные реализации. Комплекс отличается гибкая структура, допускающая дальнейшее его расширение.

В заключение кратко перечислены основные результаты работы. Научную новизну составляют полученные универсальные численные методы решения для рассмотренных в диссертации задач. На основе этих методов был реализован оригинальный программный комплекс для построения и моделирования решений линейно-выпуклых дифференциальных игр с нетерминальной платой.

Новизна задачи динамической оптимизации из главы 3 заключается в одновременном наличии следующих особенностей: неконтролируемые динамические помехи, дополнительные интегральные (ресурсные) ограничения на управление, оценка качества движения по совокупности отклонений в заданные моменты времени от заданных целевых точек.

3. Степень обоснованности

Основные теоретические результаты диссертации оформлены в виде теорем и снабжены доказательствами. Работоспособность разработанных методов проиллюстрирована на модельных примерах. Результаты диссертации прошли апробацию на международных и всероссийских научных конференциях и в полной мере опубликованы.

4. Практическая значимость работы

Представленные в диссертации универсальные численные методы реализованные в программном комплексе имеют практическую ценность, поскольку позволяют решать достаточно широкий класс позиционных дифференциальных игр на минимакс-максимин нетерминальных показателей качества. Техника обоснования существования цены вспомогательной дифференциальной игры для задач динамической оптимизации гарантии при дополнительных интегральных ограничениях на управление представляет независимый теоретический интерес.

5. Рекомендации по использованию результатов

Результаты диссертации Д.В.Корнева могут быть использованы в научных исследованиях, проводимых в Московском, Санкт-Петербургском, Удмуртском и Челябинском государственных университетах, в Уральском федеральном университете, в Математическом институте им. В.А.Стеклова РАН, Институте проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН, Институте проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, Институте математики и механики им. Н.Н.Красовского УрО РАН, Институте динамики систем и теории управления им. В.М.Матросова СО РАН.

6. Замечания

1. Во введении на стр. 5 отмечается, что позиционная структура показателя качества позволяет строить оптимальные стратегии управления по принципу обратной связи, опираясь лишь на информацию о текущем состоянии (позиции) системы. Однако, как описывается далее, в случае смешанных стратегий управления, этой информации не будет достаточно, используется еще текущее состояние поводрыя.
2. На стр. 20 приводятся факты относительно свойств множеств $G_j^\pm(t_*)$ и функций $\varphi_j^\pm(t_*, m)$, $m \in G_j^\pm(t_*)$, $j = 1, \dots, k+1$, которые в дальнейшем изложении не используются.
3. В диссертации не везде соблюдается единообразие в обозначениях при определении функций и указании областей их определения и значений, например, разночтения в обозначениях имеются при описании смешанных стратегий.
4. На стр. 13, 44 и 67 при определении множества K_χ стоило бы отметить, что на самом деле, это параметризованное по χ семейство. Тогда читателю было бы проще понять, как соотносятся множества K_0 , K_1 и K_2 , используемые без дополнительных пояснений далее в тексте.
5. В диссертации приведены лишь оценки времени вычисления цены дифференциальной игры, однако интерес представляют также аналогичные оценки для времени формирования управляющих воздействий при помощи построенных ζ -оптимальных законов управления U^e и V^e . Кроме того представляется целесообразным привести результаты сравнения времени работы программных реализаций в однопоточном и многопоточном режимах.

7. Заключение

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы в целом.

Диссертация Д.В.Корнева посвящена актуальным задачам современной математической теории управления и является законченным исследованием, содержащим ряд новых результатов по теории дифференциальных игр и ее приложениям. В ней разработаны и программно реализованы эффективные численные методы для построения и моделирования решений в линейно-выпуклых задачах оптимизации гарантии с учетом нетерминальной структуры показателя качества и возможным наличием дополнительных ресурсных ограничений на управление. Представленные численные методы теоретически обоснованы и протестированы на модельных примерах. С применением современных компьютерных технологий построен программный комплекс, который прошел процедуру государственной регистрации. Автореферат и опубликованные работы в достаточной мере отражают содержание диссертации.

Работа «Численные методы решения дифференциальных игр с нетерминальной платой», удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности «05.13.18 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и свидетельствует о том, что ее автор, Корнев Дмитрий Васильевич, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по этой специальности.

Отзыв одобрен и принят на заседании кафедры Оптимального управления факультета Вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова 01 сентября 2015 года, протокол № 2.

Отзыв на диссертационную работу подготовил доктор физико-математических наук, профессор Григоренко Николай Леонтьевич.

Зам.декана факультета ВМК МГУ,
д.ф.-м.н., профессор

Отзыв на диссертацию подготовил
профессор кафедры
оптимального управления
факультета ВМК МГУ,
д.ф.-м.н. по специальности 01.01.02

Тел. 8 (495)939-18-84
E.mail: grigor@cs.msu.su

119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1,
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова.

Л



С.А.Ложкин

Григоренко

Н.Л.Григоренко