

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Корнева Дмитрия Васильевича “Численные методы решения дифференциальных игр с нетерминальной платой”, представленной к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности « 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ » в диссертационный совет Д.212.285.25 на базе ФГАОУ ВПО “Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина”

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Дмитрия Васильевича Корнева посвящена математическому моделированию игровых ситуаций, возникающих в науках по окружающей среде, в экономических моделях, в задачах управления механическими системами при наличии ограничений на имеющиеся ресурсы и других областях знаний.

В работе рассматривается управляемая динамическая система, подверженная воздействию со стороны неконтролируемой помехи. Возможные значения как управления, так и помехи стеснены геометрическими ограничениями. Отдельно изучается случай наличия дополнительных интегральных ограничений на управление. Движение системы описывается линейными по фазовому вектору дифференциальными уравнениями. Процесс управления протекает на заданном промежутке времени. Показатель качества этого процесса представляет собой некоторую норму, оценивающую совокупность фазовых состояний системы, реализовавшихся в заданные моменты времени из этого промежутка. Предполагается, что показатель является позиционным в смысле Н.Н. Красовского и А.Н. Красовского. Задачи с такими показателями качества возникают при управлении техническими системами и, в частности, летательными аппаратами. Они могут возникать в многофункциональных задачах космической навигации, а также в других приложениях. В реальных процессах зачастую управление имеет ограниченные ресурсы, такие как топливо, расход которого требуется учитывать. В работе получены и программно реализованы универсальные численные методы построения таких законов управления по принципу обратной связи, которые, с учетом всех отмеченных особенностей обеспечивают достижение оптимального гарантированного результата. Сказанное выше позволяет считать тему диссертации актуальной.

В диссертации рассматриваются три задачи об управлении с оптимальным гарантированным результатом. Следуя теоретико-игровому подходу Н.Н. Красовского и А.И. Субботина, задачи формализуются как антагонистические дифференциальные игры.

Исследуемые задачи связаны между собой. Первую задачу от второй отличает наличие дополнительного требования выполнения условия седловой точки в маленькой игре, в результате чего вспомогательная дифференциальная игра имеет цену в классе чистых стратегий. Во второй задаче цена ищется в классе смешанных стратегий. Третья задача имеет в отличие от первой дополнительные ресурсные ограничения на управление и предполагает линейность управляемой системы не только по фазовому вектору, но и по управлению и по помехе. Во всех случаях управление осуществляется в дискретной по времени схеме.

Разработанные в диссертации численные методы решения задач

опираются на попятные конструкции выпуклых сверху оболочек Н.Н. Красовского и их редукцию, предложенную в работах научного руководителя диссертанта Н.Ю. Лукоянова. Полученные численные методы являются сеточными: компактные множества аппроксимируются конечными наборами «пикселей», функции задаются таблично, выпуклая сверху оболочка функции вычисляется как нижняя огибающая конечного семейства опорных гиперплоскостей к ее подграфику. Выполненные программные реализации объединены в программный комплекс, оформленный в виде библиотеки, которая зарегистрирована в Роспатенте.

Основные результаты диссертации

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и включает 18 рисунков.

Введение содержит обзор основных целей и задач, рассматриваемых в диссертации, а также краткое описание основных результатов, полученных автором.

В первых трех главах последовательно рассматриваются перечисленные выше задачи, для каждой из которых приводится формализованная постановка, дается и обосновывается численный метод, исследуются его характеристики и отмечаются особенности программной реализации, корректность которой подтверждается результатами численных экспериментов на модельных примерах.

В первой главе строится численный метод для решения вспомогательной дифференциальной игры, который заключается в приближенном вычислении цены игры и построении оптимальных законов управления по правилу экстремального сдвига на сопутствующие точки. Для полученного метода приводятся оценки времени его работы. Особое внимание уделяется деталям программной реализации, направленной на эффективное использование современных вычислительных средств с применением распараллеливания.

Во второй главе при помощи введения вспомогательной модели-поводыря обосновывается применимость метода из первой главы для вычисления цены игры в классе смешанных стратегий. На основе построений, которые с одной стороны обеспечивают близость движений исходной системы и модели, а с другой осуществляют экстремальный сдвиг модели на сопутствующие точки, строятся оптимальные законы управления.

В третьей главе строится модификация разрешающих конструкций из первой главы, чтобы учесть фактор ограниченности ресурсов и произвести соответствующие оптимизации по их расходу. Полученная процедура строго обосновывается, для чего автору потребовалось установить факт наличия цены во вспомогательной дифференциальной игре. Используемая для этого техника доказательства достаточно нетривиальна и представляет самостоятельный интерес.

Четвертая глава описывает программный комплекс для решения позиционных игр с нетерминальной платой, полученный в результате работы над диссертацией.

Комплекс отличает возможность применения вычислений на нескольких ядрах как центрального процессора, так и графических ускорителей, что позволяет с приемлемой точностью решать более ресурсоемкие задачи с большим числом оценочных точек в показателе качества и большей размерностью фазового вектора. Кроме того, в архитектуре комплекса заложена достаточная гибкость и расширяемость, что позволит в

будущем адаптировать его к другим задачам схожего типа, и учесть такие эффекты, как, например, запаздывание в управлении.

Оценивая диссертацию в целом, нужно отметить, что в ней получены новые важные результаты в области математического моделирования и численных методов по решению задач математической теории управления, дифференциальных игр и их приложений. В диссертации представлены оригинальные численные методы для построения оптимальных законов управления и моделирования соответствующих им движений в конфликтно управляемых системах, качество движения в которых оценивается нетерминальными показателями качества. Данные методы строго обоснованы и протестированы на модельных примерах. Создан комплекс программ для проведения соответствующих вычислительных экспериментов, отвечающий современному уровню развития компьютерных технологий и вычислительной техники.

Критический анализ диссертации

Диссертация Д.В.Корнева лишена серьезных недостатков, а высказанные ниже замечания можно рассматривать как пожелания для дальнейших исследований.

1. Во введении на стр. 5 не совсем понятно, в каком смысле законы управления могут аппроксимировать оптимальные стратегии управления.

2. В общей постановке, движения, рассматриваемых в диссертации управляемых систем, описываются линейными по фазовому вектору дифференциальными уравнениями с непрерывными по времени коэффициентами. Однако, в примере 6.1 на стр. 32 функция $c(t)$ имеет разрывы. На взгляд рецензента от условия непрерывности коэффициентов можно освободиться, хотя это может привести к более громоздкому изложению материала.

3. В третьей главе на стр. 78 при выводе необходимых соотношений из включения (16.2) в качестве пояснения выкладок идет отсылка к параграфу 4, однако в аналогичном включении (4.2) имеет место аддитивное регуляризирующее слагаемое, которое в (16.2) отсутствует.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Выводы

Подводя итог, можно сказать, что в диссертационной работе Д.В.Корнева «Численные методы решения дифференциальных игр с нетерминальной платой» получены новые важные результаты в области математического моделирования в задачах управления с помехами и дифференциальных игр.

Диссертация представляет собой законченное научное исследование, лежащее в русле работ свердловской школы академика Н.Н.Красовского по теории управления и дифференциальным играм. Результаты диссертации в должной степени опубликованы (включая 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК) и докладывались на признанных научных конференциях.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертация соответствует специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и содержит новые результаты по трем её компонентам: математическому моделированию, численным методам и комплексам программ.

Диссертация соответствует пунктам паспорта специальности:

1. «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений»;
2. «Развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей»;
4. «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента»;
5. «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента».

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Д.В.Корнева «Численные методы решения дифференциальных игр с нетерминальной платой» удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а ее автор Д.В.Корнев заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по упомянутой специальности.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук по специальности
05.13.18 – Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ,
профессор,
заведующий кафедрой теории управления и оптимизации
ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет»,
454001, Россия, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, д. 129.

Ухоботов Виктор Иванович

02 сентября 2015 г.

E-mail: ukh@csu.ru

Подпись В.И. Ухоботова заверяю


Начальник отдела кадров
Т.Б. Смашникова

02.09.2015

