

оптимальных очередей воздушных судов на посадку. Ч. 1. Методы точного решения // Проблемы управления. 2018. № 4. С. 2–13.

4. Вересников Г.С., Егоров Н.А., Кулида Е.Л., Лебедев В.Г. Методы построения оптимальных очередей воздушных судов на посадку. Ч. 2. Методы приближенного решения // Проблемы управления. 2018. № 5. С. 2–13.

ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ НА ПОДМНОЖЕСТВАХ ДОПУСТИМЫХ УПРАВЛЕНИЙ

В.А. Срочко

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
srochko@math.isu.ru

Различные технологии преобразования задач оптимального управления к конечномерным моделям имеют давнюю историю. Такой априорный переход от вариационных проблем к задачам математического программирования, весьма популярный в зарубежных публикациях, встречал определенную критику и неприятие со стороны ряда отечественных специалистов по численным методам оптимального управления.

Однако ситуация в этой области несколько модифицируется в последние годы, когда новые методы дискретизации (параметризации) управления приобретают практическую актуальность и конкурентность в сравнении с традиционными алгоритмами решения задач оптимального управления [1].

В отношении разнообразных редукций вариационных задач к конечномерным необходимо отметить следующее.

С одной стороны такие преобразования снижают качество получаемых результатов, поскольку экстремальные решения конечномерных задач (удовлетворяющие необходимым условиям экстремума) не приводят, вообще говоря, к экстремальным управлениям вариационных задач (удовлетворяющим принципу максимума). Конечно, качество конечномерных решений можно повысить за счет уменьшения шага параметризации, однако определенный разрыв между вариационным и конечномерным решениями всегда сохраняется (поточечные неравенства, интегральные неравенства).

Кроме того, вариационные методы имеют определенные преимущества, поскольку используют незаурядные результаты теории оптимального управления. Это, прежде всего, необходимые и достаточные

условия оптимальности, не имеющие аналогий в конечномерных задачах.

С другой стороны, современные методы конечномерной оптимизации в совокупности с мощным программным обеспечением в немалой степени превосходят уровень соответствующих методов оптимального управления, особенно в рамках решения невыпуклых задач.

Не случайно, достаточно эффективные методы программного и позиционного решения линейных задач оптимального управления связаны с дискретизацией (параметризацией) управления и переходом к специальным задачам линейного программирования [2, 3].

В общем плане можно утверждать, что приемлемая редукция к конечномерным задачам специальной структуры повышает возможности приближенного решения избранных задач оптимального управления.

В докладе рассматривается ряд задач оптимального управления (квадратичный и билинейный функционалы) относительно линейной фазовой системы. Аппроксимация управления проводится в классе кусочно-постоянных и кусочно-линейных функций и оформляется как линейная комбинация специального набора опорных функций.

Получены явные выражения для избранных функционалов через параметры аппроксимаций. В результате сформулирована в явном виде серия квадратичных задач математического программирования с простейшими ограничениями на переменные. Важно отметить, что используемая параметризация сохраняет свойство выпуклости исходной задачи оптимального управления.

При этом популярная задача на максимум нормы конечного состояния после параметризации допускает глобальное решение в результате конечного перебора угловых точек в сочетании с процедурами линеаризации целевой функции и улучшения экстремальных точек. Кроме того, невыпуклая линейно-квадратичная задача оптимального управления с параметром при квадрате управления в функционале при определенном условии на параметр (оценка снизу) аппроксимируется в конечномерном варианте выпуклой квадратичной задачей, которая допускает решение за конечное число итераций.

Библиографические ссылки

1. *Срочко В.А.* Итерационные методы решения задач оптимального управления. М.: Физматлит, 2000.
2. *Балашевич Н.В., Габасов Р., Кириллова Ф.М.* Численные методы программной и позиционной оптимизации линейных систем управления // Журн. вычисл. математики и мат. физики. 2000. Т. 40. № 6. С. 838–859.

3. *Габасов Р., Дмитрук Н.М., Кириллова Ф.М.* О некоторых проблемах оптимального управления динамическими системами в реальном времени // Динамические системы, оптимальное управление и математическое моделирование. Материалы международного симпозиума. Иркутск: Изд-во ИГУ. 2019. С. 19–22.

ВАРИАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ

Н.Н. Субботина, Е.А. Крупенников

ИММ УрО РАН, Екатеринбург, Россия

УРФУ, Екатеринбург, Россия

subbb@uran.ru, krupennikov@imm.uran.ru

Введение. Доклад посвящен решению задачи реконструкции управления (ЗРУ) для динамической системы по неточным дискретным замерам наблюдаемой траектории движения, порождаемой этим управлением.

Рассматриваются детерминированные динамические системы, аффинные по управлениям. Допустимые управления — измеримые функции со значениями из выпуклого компакта. Эта задача в общем случае некорректна. Вводится понятие нормального управления — допустимого управления, порождающего наблюдаемую траекторию и имеющего минимальную норму в пространстве $\mathbb{L}^2$. Показано [1], что, при достаточно общих предположениях, для любой траектории, порожденной допустимым управлением, существует единственное нормальное управление. Под ЗРУ подразумевается задача реконструкции именно нормального управления.

Среди подходов к решению ЗРУ отметим подход, предложенный Ю.С. Осиповым и А.В. Кряжимским [2], базирующийся на процедуре оптимального прицеливания.

Предлагаемый авторами доклада подход [1] основан на вспомогательных вариационных задачах на минимум регуляризованного [3] интегрального функционала невязки. Особенность подхода — использование выпукло-вогнутых функционалов. Показано, что предлагаемые реконструкции управлений обеспечивают колебательный характер движения системы около наблюдаемого движения.

В докладе обосновывается использование выпукло-вогнутых функционалов. Обсуждаемый подход сравнивается с его вариацией, использующей классические (выпуклые) функционалы.