

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу
Стрелковского Никиты Витальевича
«Об одном методе решения задач гарантирующего управления с неполной
информацией для линейных динамических систем»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.01.02 «Дифференциальные
уравнения, динамические системы и оптимальное управление».

Актуальность темы диссертации. Теория управления – активно развивающийся в настоящее время раздел современной математики. Класс вопросов, изучаемых в рамках этой теории, достаточно обширен и включает как вопросы, связанные с существованием решений, так и вопросы, связанные с конструктивными способами построения разрешающих процедур. Среди современных направлений теории управления – теория управления по принципу обратной связи, а также теория оценивания. Развитие этих теорий в первую очередь связаны с именами Н.Н. Красовского, Ю.С. Осипова, А.Б. Куржанского. На всестороннее изучение проблем управления с неполной информацией направлены усилия ряда научных школ как в России, так и за рубежом. Эти исследования активно ведутся в том числе в Институте математики и механики УрО РАН, на факультете Вычислительной математики и кибернетики МГУ, в Институте проблем механики РАН, Институте динамики систем и теории управления СО РАН.

Один из подходов к решению задач управления при неполной информации был предложен в основополагающей статье Ю.С.Осипова, опубликованной в журнале «Успехи мат. наук» в 2006 году. В дальнейшем этот подход, получивший название метода пакетов программ, развивался в работах Ю.С. Осипова и А.В. Кряжмского. Указанный подход основан на подходящей модификации известного в теории позиционных дифференциальных игр метода неупреждающих стратегий (квазистратегий) решения задач управления при неизвестном начальном состоянии. Как известно, квазистратегии, отражающие свойства вольтерровости программных реализаций управлений с обратной связью на соответствующие программные возмущения, ориентированы на исследование задач с известным начальным состоянием при наличии неизвестных динамических возмущений. В стандартных задачах управления с неполной информацией динамические возмущения, как правило, отсутствуют, а неполнота информации обусловлена дефицитом информации о начальном состоянии системы. Аналогом свойств неупреждаемости для задач с неизвестными начальными состояниями стали пакеты программ, общая идеология использования которых при исследовании соответствующих задач управления была описана в работах уже

упоминавшихся авторов. В этих работах, в частности, была установлена эквивалентность задач о гарантированном управлении в классе обратных связей аналогичным задачам в классе пакетов программ, которые являются более простыми (с точки зрения их решения). Таким образом, тема диссертации является актуальной.

Научная новизна диссертации. Диссертация состоит из введения и трех глав. Во введении автор обосновывает актуальность исследований, результаты которых приведены в диссертации, указывает цели и задачи работы, подчеркивает новизну и практическую значимость.

В главе 1 диссертации рассматривается задача управления линейной нестационарной системой в случае, когда неизвестны ее начальные состояния, а текущая информация о состояниях системы поступает в виде сигнала, представляющего линейную комбинацию фазовых координат. Предполагается, что задано некоторое целевое множество. Рассматривается задача гарантированного позиционного наведения, которая состоит в построении закона формирования управления, обеспечивающего попадание фазовой траектории в заданный момент времени на заданное целевое множество. Для решения этой задачи в первой главе применяется пакетный подход. При этом сначала вводится понятие пакета программ, затем устанавливается взаимосвязь пакетов программ со стандартными программными управлениями. После этого формулируется задача расширенного программного наведения, для которой вводится понятие расширенной программы. Здесь же доказывается утверждение о связи расширенных программ с пакетами программ и устанавливается эквивалентность расширенной задачи программного наведения соответствующей задаче пакетного наведения. В качестве основных результатов главы можно выделить два результата. Первый – это достаточные условия разрешимости расширенной задачи программного наведения. Второй – процедура построения наводящего пакета программ, основанная на доказанном автором диссертации (в этой же главе) принципом максимума. В заключительном параграфе первой главы приводится иллюстрирующий пример.

Вторая глава диссертационной работы посвящена анализу задачи пакетного наведения к моменту времени. Здесь получены результаты, аналогичные результатам из первой главы, но для более сложной задачи наведения на целевое множество к моменту времени, т.е. рассмотрен случай, когда момент окончания процесса управления не задан.

В последней, третьей, главе описываются численные алгоритмы решения задач гарантированного позиционного наведения в фиксированный момент окончания и к моменту окончания. При этом сначала автор указывает процедуры вычисления моментов расслоения однородных сигналов и соответствующих им кластеров начальных состояний. Затем описывает метод подсчета максимизирующих векторов из соответствующего условия разрешимости. (Последние играют важнейшую роль при определении

управлений из наводящего пакета программ.) В случае появления особых кластеров, т.е. кластеров, для которых условия максимума вырождаются, для вычисления управлений из наводящего пакета программ предлагается процедура, основанная на идеологии поиска особых управлений, развитой в рамках классической теории оптимального управления.

Достоверность результатов диссертации. Изложенные в работе теоретические результаты приводятся с полными доказательствами и с указанием, в случае необходимости, ссылок на источники используемых утверждений.

Научная и практическая значимость. Результаты диссертации дополняют теорию управления в той ее части, которая относится к задачам управления при неполной информации. При этом полученные в диссертации результаты могут применяться как при дальнейшем развитии теории, так и при решении конкретных прикладных задач, в том числе задач механики, экологии и экономики.

Полнота опубликования основных результатов диссертации. Основные результаты диссертации опубликованы с достаточной полнотой в открытой печати. Результаты работы были представлены в виде докладов на семинарах и ряде конференций. Содержание автореферата достаточно полно отражает основной материал диссертации.

Качество оформления диссертации. Работа оформлена аккуратно и грамотно. Материал удачно разбит тематически на главы, параграфы и пункты. Изложение понятное, сопровождается иллюстрациями. Качественно оформленные иллюстрации облегчают восприятие излагаемого материала.

Критический анализ диссертации. По поводу содержания работы можно сделать следующие замечания. Сначала приведем пару замечаний по автореферату.

1. При описании целей диссертации автор использует неудачную фразу «построение ... условий». Как можно строить условия? Отмечая научную новизну, пишет «в результате которого ... получены результаты».
2. Переходя к описанию результатов третьей главы, представляется правильным сразу отметить, что в ней речь идет об алгоритмах решения двух задач – задачи наведения в фиксированный момент окончания и задачи наведения к моменту окончания.

Теперь несколько замечаний собственно по тексту работы.

3. Работа посвящена линейной и по управлению и по фазовым координатам системе. Возникает вопрос – можно ли использовать предложенные автором методы для каких-либо нелинейных систем?
4. В предпоследней строке снизу на стр.45)при доказательстве леммы 2.2) появляется стратегия S . Однако, что это за стратегия непонятно.
5. В главе 2 вводится функция $p(h, x_0, t_{x_0})$ (см. стр. 48). Однако в дальнейшем автор почему-то пишет $p(h, x_0)$.
6. В первом параграфе главы 3 описывается алгоритм решения задачи гарантированного позиционного наведения, который разбит на несколько этапов. При описании этапа 6 (см. стр. 73) не понятно, как формируется первый шаг (при $i=1$ в формуле (3.8) появляются величины с нулевым индексом). При изложении этого же алгоритма используются (восьмая строка сверху) моменты расслоения τ_k , в то время как процедура их нахождения еще не описана.
7. На стр. 87 (седьмая строка снизу) присутствует символ η_n . Однако, что он означает нигде не поясняется.
8. На стр. 55 в третьей строке снизу мы видим выражение $\bar{\omega} \in \mathop{\text{Arg min}}_{\omega \in \bar{\Omega}} \mathop{\text{max}}_{t_{x_0} \in \omega}$, в котором необходимо продолжить запись.
9. В работе встречаются описки и неточности. В диссертации отсутствуют формулы с номерами (1.7), (1.13), (1.20), (1.21), (1.24). На стр.34 (девятая строка снизу) ссылка на формулу (1.5) не верна. В ряде формул (например, стр. 23, строки 7 и 8 снизу) не хватает скобок. У символа скалярного произведения на стр. 57, 58, 59, 62 пропущен индекс.

Рекомендации к внедрению. Результаты данной диссертации могут быть использованы при исследовании задач теории управления, проводимых в Институте математики и механики Уральского отделения РАН, Математическом институте РАН им. В.А. Стеклова, Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, Институте проблем механики РАН, Уральском федеральном университете, Челябинском государственном университете, Санкт-Петербургском государственном университете.

Выводы. В заключение отметим, что сделанные замечания не влияют на благоприятное мнение о работе в целом. В диссертации получены существенные продвижения в тематике, относящейся к построению решений в задачах управления для линейных систем при неполной информации.

Считаю, что диссертационная работа Стрелковского Никиты Витальевича «Об одном методе решения задач гарантирующего управления с неполной информацией для линейных динамических систем» является квалифицированным научным трудом и по актуальности, научному уровню и содержанию удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к

диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02 «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление», а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Заведующий отделом
дифференциальных уравнений
Института математики и механики
Уральского отделения РАН
доктор физ.-мат. наук, профессор

В.И. Максимов
10 мая 2016 г.

Подпись В.И.Максимова заверяю
Ученый секретарь
Института математики и механики УрО РАН
кандидат физ.-мат. наук



О.Н. Ульянов

620990, г.Екатеринбург, ул.Софьи Ковалевской, д.16
Тел.+7(343)374-83-32
Факс: +7(343)374-25-81
e-mail: dir-info@imm.uran.ru