

ФАНО России
Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
**ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ
И МЕХАНИКИ**
им. Н.Н. Красовского
Уральского отделения
Российской академии наук
(ИММ УрО РАН)
г. Екатеринбург, 620990
ул. Софьи Ковалевской, д.16
тел.(343) 374-83-32, факс 374-25-81
E-mail dir-info@imm.uran.ru
№ 16343/

На № _____ от _____

Г
«УТВЕРЖДАЮ»

директор Института математики
и механики им. Н. Н. Красовского

УрО РАН
чл.-корр. РАН

Н. Ю. Лукоянов

27 июля 2018 г.



Г
Г
ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Финкельштейн Евгении Александровны «Вычислительные технологии аппроксимации множества достижимости управляемой системы», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии)

Актуальность темы. Задача построения множества достижимости управляемой системы является классической проблемой теории динамических систем, которая не теряет своей актуальности из-за обширной области приложения указанных множеств. Свойственные этим множествам нетривиальность геометрии и недифференцируемость границ мотивируют исследователей на создание новых подходов к их описанию и процедур построения. Существуют объективные трудности для точного воспроизведения множества достижимости. Такие факторы, как нелинейность динамики и невыпуклость целевого множества, в общем случае делают невозможным конструирование этого множества в явном аналитическом виде. Еще одним фактором, затрудняющим построение решения в аналитической форме, является размерность фазового пространства. Задачи механики и иных

сфер приложения теории управления, часто имеют размерность по фазовому вектору больше двух, что ограничивает исследователя в выборе традиционных подходов к построению решения, опирающихся, например, на геометрические представления. Естественным выходом для преодоления упомянутых трудностей является развитие численных методов и алгоритмов решения, которые не зависят существенным образом от свойств динамики системы. При этом ценность создаваемых процедур для приложений возрастает, если процедуры ориентированы на решение задач высокой размерности.

Представленная к защите диссертационная работа как раз посвящена вопросам разработки с доведением до реализаций алгоритмов решения задач динамического управления и приложению созданных технологий для численного моделирования решений практических задач. Надо отметить, что к настоящему времени усилиями известных отечественных школ по теории управления (московской, санкт-петербургской, уральской, иркутской и других) и многочисленных научных групп зарубежных специалистов создан достаточно разветвленный аппарат методов численной аппроксимации множеств достижимости. Методы опираются на детерминированные, стохастические и эвристические подходы. Получили распространение и признание методы, основанные на: 1) эллипсоидальных аппроксимациях, 2) параллелотопных аппроксимациях, 3) пиксельных процедурах, 4) ломанных Эйлера, 4) конструкциях d.c. программирования (квазидифференциального исчисления), 5) решении уравнений типа Гамильтона-Якоби, 6) генерации случайных управляющих воздействий, 7) выделении точек границ множеств, а также другие подходы. Разрабатываемые процедуры построения решений негладких динамических задач опираются на конструкции негладкого анализа и сами служат его развитию в части математического аппарата аппроксимации отображений и множеств сложной структуры.

Автор диссертационной работы рассматривает достаточно широкий класс нелинейных управляемых систем, что, безусловно, способствует актуальности работы. Конструирование алгоритмов, пригодных для

практического применения при решении различных прикладных и содержательных задач, также следует отнести к факторам, подтверждающим актуальность диссертационной работы.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства. Автором диссертации получены следующие научные результаты: разработаны алгоритмы равномерного и квазиравномерного заполнения объема множества достижимости для построения внутренней аппроксимации; для двумерных систем созданы алгоритмы кусочно-линейной аппроксимации границы множества достижимости; разработана технология построения внешней аппроксимации множества достижимости объединением эллипсов. Эти алгоритмы являются новыми или существенно совершенствуют предложенные ранее варианты.

В работе предложена и реализована многометодная вычислительная технология, которая позволяет добиться более высокой вычислительной точности и степени надежности в сравнении с одиночными алгоритмами за счет комбинирования методов и точной настройки параметров.

Помимо создания вычислительных алгоритмов, нацеленных на решение прикладных задач, в работе представлена коллекция невыпуклых множеств достижимости. Такая коллекция безусловно полезна в научной деятельности специалистов-алгоритмистов по данной тематике при сравнении различных вычислительных технологий и их тестирования на достоверность.

Дополнительным подтверждением значимости выполненной работы является востребованность полученных результатов при реализации целей в рамках многих грантов и проектов, в которых участвовал диссертант.

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы подтверждена сериями вычислительных экспериментов и большим числом тестовых расчетов. Результаты опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях из Перечня ВАК. Четыре статьи

опубликованы в журналах, включенных в международные реферативные базы данных Web of Science и/или Scopus.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Целесообразно продолжить работу в направлении решения других актуальных задач теории управления, например, осуществить численный анализ задачи управления ансамблем траекторий.

Общие замечания.

1. Все предложенные алгоритмы носят эвристический характер, в работе не представлены оценки сходимости или другие подтверждения гарантии точности результатов. При этом стоит отметить, что изложенный в работе метод равномерного заполнения объема множества достижимости может способствовать теоретическому обоснованию аппроксимативных свойств конструируемых множеств.

2. Полезность тестовой коллекции множеств достижимости была бы выше, если в нее были помещены примеры с неодносвязными множествами.

3. Все статьи в рецензируемых журналах выполнены в соавторстве с руководителем.

Заключение. Указанные замечания не снижают научной и практической значимости выполненной автором работы. В ней представлены новые алгоритмы аппроксимации множества достижимости нелинейной управляемой системы, с помощью которых проведено исследование динамических процессов, протекающих в химии, робототехнике, экологии.

Диссертация Финкельштейн Евгении Александровны является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне. Текст диссертации полно отражает проведенную работу, каждая глава включает содержательные выводы. Цель и задачи работы полностью соответствуют полученным результатам. Автореферат правильно и полно отражает содержание работы.

Диссертационная работа «Вычислительные технологии аппроксимации множества достижимости управляемой системы» соответствует требованиям

ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Финкельштейн Евгения Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии).

Отзыв подготовили:

главный научный сотрудник

чл.-корр. РАН, доктор физ.-мат. наук,
профессор

Ушаков Владимир Николаевич

ведущий научный сотрудник

доктор физ.-мат. наук

Успенский Александр Александрович

Отзыв обсужден и одобрен на семинаре отдела динамических систем Федерального государственного учреждения науки Института математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук 25 июля 2018 г., протокол № 2.

Председатель семинара:

главный научный сотрудник

доктор физ.-мат. наук

Тарасьев Александр Михайлович

Наименование организации, подготовившей отзыв:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского
Уральского отделения Российской академии наук.

Почтовый адрес: 620990, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Софьи
Ковалевской, д. 16, Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского
УрО РАН, отдел динамических систем.

телефон: +7 (343) 374-83-32

тел./факс: +7 (343) 374-25-81

e-mail: dir-info@imm.uran.ru

Web: <http://www.imm.uran.ru>

Подписи В.Н. Ушакова, А.А. Успенского и А.М. Тарасьева заверяю

Ученый секретарь
ИММ УрО РАН