

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, профессора Крянева Александра Витальевича на диссертационную работу Мамонова Антона Алексеевича на тему: «Инволютивные алгоритмы вычисления базисов Грёбнера в приложении к исследованию модели Лотки–Вольтерры», представленную к защите в ПДС 0200.006 на базе Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Актуальность темы диссертационной работы

Актуальность работы обусловлена необходимостью преодоления фундаментальных трудностей при решении многомерных нелинейных систем, которые возникают как при моделировании популяционной динамики, так и в других областях. Как справедливо отмечает автор, отсутствие универсального численного метода, гарантирующего нахождение всех решений, существенно ограничивает возможности исследования сложных моделей. Разработка гибридных численно-символьных подходов, использующих базисы Грёбнера, является одним из наиболее перспективных направлений, а инволютивные алгоритмы позволяют снизить вычислительную сложность. Таким образом, тема диссертации является крайне актуальной.

Характеристика содержания диссертационной работы

Представленная диссертационная работа состоит из введения, основной части из четырех глав и заключения.

Во введении представлена постановка научной задачи исследования, приведено обоснование актуальности данной задачи, а также достоверности и новизны полученных результатов.

Первая глава знакомит с историей и современным состоянием популяционной динамики, а также с постановкой задачи о нахождении стационарных и периодических режимах.

Вторая глава посвящена теоретическим основам: подробно описываются мономиальные порядки, алгоритм Бухбергера, а затем вводится понятие линейного деления и строится теория инволютивного деления.

Третья глава содержит описание программной реализации для разработанной автором системы GInvDist, ее архитектуры и функциональных возможностей.

Четвертая глава посвящена вычислительным экспериментам, проводимым с использованием как разработанного программного комплекса, так и используемой для сравнения системы Sage, с анализом времени вычислений в зависимости от используемой конфигурации программного обеспечения и вычислительного оборудования.

В заключении приводятся основные выводы, и обосновываются выдвигаемые на защиту положения.

В работе хорошо прослеживается связь между прикладной задачей исследования модели Лотки–Вольтерры и используемым математическим аппаратом – инволютивные базисы и базисы Грёбнера.

Достоверность и новизна результатов диссертации

Достоверность результатов исследования обеспечивается использованием строгих математических доказательств и воспроизводимостью результатов компьютерных экспериментов. Сравнение с работами других авторов подтверждает корректность полученных выводов.

Новизна работы подтверждается следующими результатами: предложен новый численно-символьный метод для исследования популяционных моделей; введено понятие линейного деления, что позволило сделать новое изложение теории инволютивных делений; разработан и опубликован программный комплекс GInvDist, который является дальнейшим развитием системы GInv; впервые выполнено систематическое сравнение эффективности инволютивного и классического алгоритмов на широком наборе тестов; получены новые данные о стационарных и периодических режимах для шестимерной модели.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Теоретические результаты, например, теоремы о свойствах линейного деления и остатков, доказаны и представлены в тексте диссертации. Экспериментальные выводы, такие как преимущество инволютивного алгоритма на некоторых классах задач, зависимость времени от характеристик идеала, базируются на статистически значимых данных, полученных в ходе выполнения объемной выборки тестов. Предложенная методология прогнозирования времени вычислений обоснована корреляционным анализом. Таким образом, степень обоснованности представленных результатов высокая.

Ценность для науки и практики результатов работы

Практическая ценность работы заключается в создании доступного инструментария для исследователей. Система GInvDist, распространяемая через PyPI, позволяет применять инволютивные алгоритмы без необходимости глубокого погружения в теорию. Это существенно снижает порог вхождения и расширяет возможности применения в прикладных областях. Кроме того, разработанная база тестов и методы сбора данных могут служить основой для дальнейших исследований в области компьютерной алгебры. Научная ценность состоит в развитии теории инволютивного деления и в демонстрации эффективности инволютивных алгоритмов для задач популяционной динамики.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих научных журналах, в виде пяти статей. В их числе две публикации в международных базах цитирования Scopus и Web of Science, а две зарегистрированные программы для ЭВМ подтверждают практическую значимость результатов диссертации.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации и дает полное представление о выполненном исследовании.

Замечания по диссертационной работе

Диссертация выполнена качественно с точки зрения оформления и логичной структуры. Тем не менее, по содержанию работы следует сделать следующие замечания:

1. В разделе Методология и методы исследования (стр. 10-11) не перечислены используемые методы и методологии.
2. В диссертационной работе в ряде примеров, например, в разделе 1.2.3, базис Грёбнера используется для отыскания всех решений системы алгебраических уравнений, имеющей конечное число решений. К сожалению, используемый алгоритм описан не достаточно четко.
3. На стр. 41 ошибочно указано, что алгоритм, описанный в опр. 4, имеет экспоненциальную сложность, это — классический алгоритм Бухбергера, имеющий двойную экспоненциальную сложность.
4. На стр. 117 пишется о коэффициенте корреляции Пирсона со значением 0.49 как о рекордном. На самом деле это очень умеренное значение, которое не позволяет сделать вывод о наличии зависимости.

Указанные замечания не снижают уровня научной новизны, теоретической и практической значимости, а также общую положительную оценку выполненной диссертационной работы.

Заключение

Представленная диссертационная работа, «Инволютивные алгоритмы вычисления базисов Грёбнера в приложении к исследованию модели Лотки–Вольтерры» Мамонова Антона Алексеевича, является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной задачи исследования нелинейных моделей в популяционной динамике.

Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, согласно п.2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса

Лумумбы», утвержденного ученым советом РУДН 22.01.2024 г., протокол № УС-1, а её автор, Мамонов Антон Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» за разработку инволютивных алгоритмов вычисления базисов Грёбнера в приложении к исследованию модели Лотки–Вольтерры.

Официальный оппонент: Крянев Александр Витальевич, доктор физико-математических наук (05.13.16 – Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях), профессор, профессор кафедры прикладной математики №31 института лазерных и плазменных технологий, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

«24» августа 2026 г.



Крянев Александр Витальевич

Адрес места работы:

115409, Россия, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31

тел. +7 (495) 788-56-99, д. 8545

email: avkryanev@mephi.ru

Подпись Крянева А.В. удостоверяю




(должность)


(подпись)


(Ф.И.О.)