

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

ФГБОУ ВО «Челябинский
государственный университет»

Ф. -м. н., профессор

И. В. Бычков



«26» ноября 2019 г.

Отзыв ведущей организации

ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет»

на диссертацию Ботороевой Марии Николаевны «Моделирование развивающихся систем на основе интегральных уравнений Вольтерра», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность выбранной темы диссертации

Диссертационная работа посвящена исследованию интегро-алгебраических уравнений (ИАУ) с переменными пределами интегрирования и разработке многошаговых методов для их численного решения. Такие постановки задач возникают при моделировании сложных развивающихся систем (РС). Несмотря на то, что исследование таких систем становится все более актуальным в силу их широкой применимости, математические методы для этого недостаточно разработаны. В представленной диссертации проведен полный цикл исследования развивающихся систем с применением математических методов: разработаны теоретические положения, описывающие свойства моделей этих систем в виде ИАУ с переменными пределами интегрирования; разработаны численные методы решения таких систем; проведена программная реализация методов. Все полученные результаты использованы автором для решения задачи прогноза ввода новых элементов РС с целью достижения роста производительности.

Поскольку указанная выше обобщенная задача может быть интерпретирована в рамках практически любой предметной области, а

выделенный класс ИАУ малоизучен, актуальность проведенного исследования не вызывает сомнений.

Новизна исследования, полученных в работе результатов, выводов и рекомендаций

В работе получены достаточные условия существования единственного непрерывного решения ИАУ с переменными пределами интегрирования. Для их же численного решения разработаны оригинальные многошаговые методы высокого порядка точности, которые были программно реализованы и применены для решения конкретной задачи электроэнергетики. Для систем интегральных уравнений Вольтерра II рода предложен новый безытерационный метод численного решения. Обоснованность и практическая полезность предложенных численных методов определена проведенными многочисленными расчетами тестовых примеров, подтверждающих работоспособность реализующих указанные методы алгоритмов.

Значимость для науки и практики полученных в работе результатов

Приведенные в работе методы исследования нового класса задач – ИАУ с переменными пределами интегрирования могут быть использованы в дальнейшем при развитии теории и практики математического моделирования с применением численных методов. Разработанные и программно реализованные автором k -шаговые методы численного решения ИАУ с переменными пределами интегрирования могут быть использованы для решения широкого класса прикладных задач для развивающихся систем. Разработанные в рамках диссертационного исследования безытерационные численные методы для решения систем интегральных уравнений Вольтерра II рода также допускают широкое применение в прикладной математике.

Практическая значимость полученных автором результатов обосновывается тем, что условия существования единственного непрерывного

решения могут использоваться для определения разрешимости конкретных прикладных задач. В диссертационной работе приведено подобное исследование на примере задачи электроэнергетики – получен прогноз ввода генерирующих мощностей электроэнергетической системы России для достижения ежегодного роста располагаемых мощностей на 2%. Разработанные алгоритмы можно также применять для численного решения задач моделирования различных развивающихся систем, в учебном процессе при подготовке специалистов по вычислительной математике и математическому моделированию в различных областях. Эффективность применения предложенных в работе методов численного решения практических задач в виде систем интегральных уравнений Вольтерра II рода, содержащих жесткие и быстроосциллирующие компоненты, может быть оценена заранее с помощью области устойчивости, построенной в диссертации.

Диссертационная работа М. Н. Ботороевой выполнялась в рамках проектов РФФИ: 18-51-54001-Вьет_а, 16-51-540002-Вьет_а, 16-31-00219 мол_а, 15-01-03228_а, 14-01-31224 мол_а, 13-01-93002, 11-01-00639_а, 11-01-93005-Вьет_а, 10-01-00571_а.

Результаты диссертационной работы рекомендуются для использования в организациях: ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова», ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», Институт вычислительного моделирования СО РАН, ФГБУН Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, ФГБУН Институт вычислительной математики РАН, ФГБУН Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН, ФГБУН Институт динамики систем и теории управления им. В. М. Матросова СО РАН, а также в высших учебных заведениях и организациях, занимающихся задачами моделирования развивающихся систем.

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

Теоретические положения, сформулированные в диссертации, основаны на строгих математических доказательствах с привлечением классического аппарата теории матричных пучков.

Разработанные многошаговые методы численного решения ИАУ с переменными пределами интегрирования обосновываются результатами расчета многочисленных примеров с известными точными решениями и согласованностью результатов решения конкретной прикладной задачи электроэнергетики предложенными многошаговыми методами с реальными данными, предоставленными энергетиками.

В диссертационной работе на основе классического определения обоснованна L -устойчивость предложенных безытерационных численных методов решения систем нелинейных ИУВ II рода. Эффективность этих методов подтверждается сравнением результатов их использования для решения достаточного количества модельных уравнений с результатами их решения, полученными при использовании некоторых известных методов.

Достоверность основных результатов диссертации подтверждается их согласованностью с результатами, полученными другими авторами для некоторых частных случаев ИАУ с переменными пределами интегрирования.

По результатам диссертационного исследования опубликовано 11 работ, среди которых 4 публикации из Перечня ВАК рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, и 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Соответствие диссертации заявленной специальности.

Диссертация удовлетворяет паспорту специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а именно:

п. 2 – развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей;

п. 3 – разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий;

п. 4 – реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.

Замечания по диссертационной работе:

1. Во второй главе приводится анализ A - и L -устойчивости предложенных в работе методов и ранее известных методов (основанных на квадратурных формулах левых, правых прямоугольников и формуле трапеций). Область устойчивости строится лишь для предложенных в диссертации методов. Было бы интересно сравнить области устойчивости всех упомянутых методов.

2. В диссертационной работе в качестве иллюстрации использования полученных теоретических положений приводится достаточное количество решенных прикладных задач в области электроэнергетики. Автор не представляет примеры решения прикладных задач из других отраслей.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают ценности диссертационной работы.

Автореферат соответствует диссертации и отражает основные результаты работы.

Заключение

Диссертационная работа Ботороевой Марии Николаевны соответствует требованиям постановления правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», включая оценку соответствия п. 9, является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основе ИАУ с переменными пределами интегрирования решается математическая задача разработки стратегии вводов новых элементов развивающихся систем для повышения ее производительности. Решение данной задачи имеет большое значение для теории моделирования развивающихся систем. Диссертационная работа Ботороевой Марии Николаевны удовлетворяет всем требованиям ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертация и отзыв рассмотрены, а отзыв утвержден на заседании кафедры математического анализа ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет» от «15» ноября 2019 года, протокол № 4.

И.о. заведующего каф. математического анализа
к. ф.-м. н. Борель Лидия Викторовна
«15» ноября 2019 г.



Исполнитель: профессор каф. математического анализа
д. ф.-м. н., профессор Федоров Владимир Евгеньевич
«15» ноября 2019 г.



ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет»
454001, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129
тел.: +7 (351) 799-71-01, e-mail: odou@csu.ru

