

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу **Сидорова Дениса Николаевича**

«ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ:

приближенные методы и приложения»,

представленную

на соискание ученой степени

доктора физико-математических наук

по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование,

численные методы и комплексы программ

Актуальность темы исследования

Тематика диссертации Сидорова Д.Н. направлена на решение актуальной научно-технической задачи – разработку аналитических и численных методов построения и анализа различных классов нерегулярных интегральных динамических моделей систем с приложениями к задачам электроэнергетики, реставрации видеоархивов, машинного зрения и др.

Многие задачи современной науки и техники сводятся к разработке теории развивающихся систем на основе динамических моделей, описываемых различными интегральными уравнениями, линейными и нелинейными (Вольтерра и Гаммерштейна) первого и второго рода, одномерными и двумерными, а также их системами и др. Например, ряд задач оптимизации электроэнергетических систем (ЭЭС) описывается интегральными моделями с параметрами.

При этом особое внимание уделяется нерегулярным ситуациям, когда имеет место неединственность решения, ограниченность оператора, разрушение решения (эффект "blow-up") или его ветвление. В этих случаях обычно используют методы регуляризации некорректных задач, а в окрестностях критических значений параметров выполняют асимптотический анализ решения. Различными авторами получено много результатов, тем не менее, требуется дальнейшее исследование нерегулярных интегральных моделей.

В диссертации основу предлагаемой теории математических моделей составляют нерегулярные интегральные, интегро-дифференциальные и др. уравнения, аналитические и численные методы их решения, интегральные преобразования (Гильберта–Хуанга, Фурье и Габора), методы решения об-

ратных задач и алгоритмы машинного обучения.

В ряде интегральных динамических моделей развивающихся систем использовались операторы Вольтерра, в которых ядро $K(t, s)$ определяет динамику старения системы, а функция $a(t)$ – время жизни старейшей единицы оборудования. Интегральные модели с такими операторами берут начало от работ Л.В. Канторовича и В.М. Глушкова. Вместе с тем, современные условия функционирования ЭЭС требуют разработки новых подходов в математическом моделировании на основе сочетания методов теории интегральных уравнений и интегральных преобразований с новейшими методами машинного обучения. Вторая часть диссертации посвящена моделированию технических систем с использованием этих подходов.

Наряду с линейными моделями, актуальным является также развитие методов математического моделирования нелинейных интегральных динамических систем. В связи с этим, часть диссертации посвящена теории моделей на основе рядов Вольтерра с обратной связью и операторов Гаммерштейна, описывающих нелинейные динамические системы с управляемой обратной связью. В диссертации большое внимание уделено теории приближенных методов для ряда нелинейных операторных уравнений, в том числе, исследованию режимов, связанных с разрушением решения за конечное время.

Научная новизна полученных результатов

По мнению официального оппонента, наиболее значительными являются следующие новые результаты диссертации.

1. Изложена теория моделей развивающихся динамических систем, описываемых новым классом линейных уравнений Вольтерра с ядром, имеющим разрывы вдоль кривых запаздывания. Построены непрерывные и обобщенные решения таких уравнений, разработаны аналитические и численные методы для их решения.

2. Получены достаточные условия существования решения нелинейного уравнения Вольтерра второго рода и найдены оценки границ возможного разрушения решения.

3. Доказаны общие теоремы существования решения и построены главные члены асимптотик решений новых классов интегро-дифференциаль-

ных систем в интересных для приложений нерегулярных случаях (когда решение неединственно, оператор неограничен, происходит разрушение решения или его ветвление).

4. Разработаны новые интегральные модели и методы краткосрочного прогнозирования параметров режима ЭЭС на основе искусственных нейронных сетей (ИНС) с обучением, преобразования Гильберта–Хуанга (ПГХ) и метода опорных векторов (МОВ), также предложен аппарат оценки риска возникновения неустойчивых межсистемных колебаний в ЭЭС на основе нестационарной регрессионной модели.

5. Предложен новый адаптивный алгоритм подавления муаровых шумов и устранения эффекта Гиббса в задаче реставрации видеоархивов и алгоритм автоматического распознавания и классификации дефектов изделий в задаче машинного зрения.

6. Разработаны новые комплексы соответствующих проблемно-ориентированных программ, с помощью которых выполнена обработка ряда прикладных модельных и реальных задач.

Ценность полученных результатов для науки и практики

Ценность для научной теории состоит в следующем. Разработана теория новых классов нерегулярных моделей, доказаны теоремы существования и единственности решений, разработаны асимптотические и численные методы построения классических и обобщенных решений. В итоге разработаны методы математического моделирования нерегулярных линейных и нелинейных систем с параметрами и сингулярностями.

Ценность для практики состоит в следующем. Результаты диссертации дают возможность учесть динамику изменения эффективности функционирования системы с учетом обновления ее элементов, позволяют построить оптимальные стратегии ввода нового оборудования в ЭЭС и выявить предаварийные состояния в ЭЭС. В диссертации разработан также адаптивный режекторный фильтр, который дает возможность подавлять нестационарные муаровы шумы в цифровых видеоархивах. Кроме того, разработан алгоритм автоматического распознавания и классификации дефектов изделий, позволяющий, например, улучшить контроль качества производства контактных линз.

Достоверность и обоснованность результатов

Достоверность результатов, полученных в диссертации, подтверждается строгой математической постановкой задач, адекватностью применяемого математического аппарата, устойчивостью разработанных соискателем приближенных методов, а также результатами практической апробации диссертации.

Основные методы и алгоритмы, предложенные в диссертации, строго обоснованы: доказаны теоремы существования и единственности решений нерегулярных систем, обоснованы аналитические и численные методы решений интегральных и интегро-дифференциальных уравнений и их систем (как линейных, так и нелинейных), методы и алгоритмы прошли проверку путем решения ряда практических задач (прогнозирование параметров ЭЭС, подавление муаровых шумов, дефектоскопия и др.).

Основные положения диссертации докладывались на многочисленных семинарах и конференциях, в том числе, международных и получили положительную оценку известных специалистов. Новизна результатов автора подтверждена публикациями: более 60 работ, в том числе, 27 статей в журналах из перечня ВАК и 17 статей в журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, а также две монографии и два свидетельства о государственной регистрации программ. Соискатель был руководителем и исполнителем ряда проектов и грантов, ведет специальные курсы для студентов-математиков в ИМЭИ ИГУ, руководит аспирантами.

Замечания по диссертации и автореферату

1. В начале диссертации (стр. 27–28) не указано, почему решение уравнения (1.1.1) выбирается в виде (1.1.4).

2. В диссертации в модели (1.2.6) на стр. 42 (с оператором Kx на стр. 9) функция $\alpha_i(t)$ описывает обновление оборудования без оставления старого оборудования. Однако полезно рассмотреть также модель с поставкой нового оборудования и оставлением старого оборудования (тогда верхний предел интегрирования будет не $\alpha_i(t)$, а t).

3. Относительно точки "blow-up" в примере 2.4.1 в диссертации (стр. 107). Точка $t_0 = 1/4$ называется точкой разрушения решения. Почему нужно

"опасаться" этой точки? В ней решение обращается в бесконечность, а за ней оно становится комплексным.

4. В автореферате на рис. 3 и в диссертации на рис. 5.5 дано изменение цен на электроэнергию на рынке Австралии. Неужели цена может меняться на порядок в течение нескольких часов?

5. Относительно уравнений Вольтерра I рода (1.1.1), (1.3.1), (1.4.3), (3.1.3) и (4.2.74). В диссертации изложены численные методы их устойчивого решения, в которых лишь шаг дискретизации h играет роль регуляризатора, но не упоминаются другие методы регуляризации: α -регуляризации Денисова, (h, α) -регуляризации Апарцина и т.д., в которых помимо h используется также параметр регуляризации α .

Отмеченные недостатки не являются принципиальными и не снижают общего высокого уровня диссертационной работы в целом.

Заключение

Основные положения диссертационной работы опубликованы в цикле статей в ведущих математических журналах индексируемых в международных базах цитирования, доложены соискателем на ряде научных конференций и семинарах в известных российских и европейских научных центрах. Автореферат диссертации с достаточной полнотой отражает основные результаты диссертации.

Личный вклад соискателя состоит в самостоятельном выполнении практически всех этапов исследования. В работах, выполненных в соавторстве, вклад соавторов отмечен в тексте диссертации. Конфликт интересов отсутствует.

Диссертационная работа является завершенным научным исследованием, в котором решена актуальная научно-техническая проблема разработки моделей развивающихся динамических систем, имеющая важное социально-экономическое и хозяйственное значение, а также изложены новые научно обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Результаты соискателя могут найти применение в ряде университетов и научных организаций при построении

прогнозных моделей, решении задач фильтрации, классификации изображений, а также в теоретических исследованиях, связанных с исследованием эволюционных процессов.

На основании вышеизложенного считаю, что данная работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Сидоров Денис Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор кафедры
Измерительных технологий и компьютерной томографии
Санкт-Петербургского национального исследовательского
университета информационных технологий,
механики и оптики (Университет ИТМО)



В.С. Сизиков

Дом. адрес: 192174 Санкт-Петербург, ул. Седова, 87, кор. 4, кв. 29
E-mail: sizikov2000@mail.ru

Подпись Сизикова В.С. заверяю
Начальник отдела кадров ИТМО

« 16 » 11 2014 г.



О.В. Котусева