

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.323.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26.03.2024 г. № 34

О присуждении Щербакову Артему Петровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка методов и алгоритмов рекуррентной идентификации иерархических окрестностных моделей» по специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 22.01.2024 г. (протокол заседания №30) диссертационным советом 24.2.323.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Липецкий государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 398055, г. Липецк, ул. Московская, 30, приказ о создании диссертационного совета № 546/нк от 01 июня 2019 года.

Соискатель Щербаков Артем Петрович, 05 декабря 1988 года рождения, в 2011 году с отличием окончил ГОУ ВПО «Липецкий государственный педагогический университет» с присуждением квалификации экономист-математик по специальности «Математические методы в экономике». В 2014 году окончил аспирантуру ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет». Работает в должности старшего преподавателя кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре высшей математики ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Шмырин Анатолий Михайлович, ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», кафедра высшей математики, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Матвеев Михаил Григорьевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» (г. Воронеж), кафедра информационных технологий управления, заведующий кафедрой;

Алексеев Владимир Витальевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (г. Тамбов), кафедра информационных систем и защиты информации, профессор; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (г. Белгород) в своем положительном отзыве, подписанным Заливиным Александром Николаевичем, кандидатом технических наук, доцентом кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий, и.о. заведующего кафедрой математического и программного обеспечения информационных систем, и утвержденным Мишуниным Вадимом Васильевичем, кандидатом технических наук, доцентом, и.о. проректора по науке и инновациям, указала, что диссертация является завершенной научно-квалифицированной работой, в которой содержится решение научных задач, имеющих значение для развития теории математического моделирования, характеризуется научной новизной, теоретической и практической ценностью, соответствует критериям установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (с изменениями).

Соискатель имеет 26 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ (5 – ВАК РФ, 2 – Scopus / Web of Science), 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Щербаков, А.П. Иерархическая квазилинейная модель прогнозирования свойств клинкера / А.П. Щербаков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2023. – Т. 19. № 3. – С. 17-22.
2. Мишачев, Н.М. Две схемы иерархической идентификации квазилинейных моделей / Н.М. Мишачев, А.М. Шмырин, А.П. Щербаков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2023. – Т. 19. № 1. – С. 7-13.
3. Щербаков, А.П. Идентификация мультимодальных окрестностных систем / А.П. Щербаков, А.М. Шмырин, Н.М. Мишачев // Системы управления и информационные технологии. – 2022. – № 3 (89). – С. 24-28.
4. Шмырин, А.М. Два подхода к исследованию общего параметрического уравнения окрестностной модели печи обжига клинкера / А.М. Шмырин, И.А. Седых, А.П. Щербаков, А.Г. Ярцев // Системы управления и информационные технологии. – 2015. – №1-1 (59). – С. 185-189.
5. Шмырин, А.М. Общие билинейные дискретные модели / А.М. Шмырин, И.А. Седых, А.П. Щербаков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2014. – Т. 10. № 3-1. – С. 44-49.
6. Mishachev, N.M. Approximation of curves in phase space by solutions of control system / N.M. Mishachev, A.M. Shmyrin, A.P. Shcherbakov // 2022 4rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2022. – 2022. – P. 46-48.
7. Mishachev, N.M. Polymodal neighborhood systems in system modeling course / N.M. Mishachev, A.M. Shmyrin, A.P. Shcherbakov // 2022 2nd International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education, TELE 2022. – 2022. – P. 152-155.

В работах, написанных в соавторстве и приведенных в автореферате, лично соискателем получены следующие результаты: [2, 12] – разработка и применение на сгенерированных данных алгоритмов рекуррентной идентификации иерархических окрестностных моделей, определение иерархического разбиения и иерархической кластеризации, построение непрерывной модели с помощью иерархического разбиения единицы; [3, 7] – разработка схемы агрегирования локальных мод системы, зависящих от кластеров входов, в общую мультимодальную окрестностную систему; [6] – разработка методов стабилизации локальных мод; [4, 15-17, 20] – определение компонент состояния и управления окрестностной системы печи обжига клинкера, [5, 21, 23] – оценка адекватности общих и параметрических окрестностных систем; [8] – разработка программного обеспечения, реализующего численные методы анализа нелинейности входного процесса; [9] – алгоритмическое обеспечение для получения общего параметрического уравнения окрестностной модели; [10] – алгоритмическое обеспечение для решения систем методом ортонормализации Грама-Шмидта; [19] – анализ нелинейности при исследовании характеристик производства клинкера; [22, 24-26] – разработка окрестностных моделей распределенных динамических систем.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На автореферат диссертации поступили отзывы:

1. Петрова А.В., д.т.н., профессора, профессора Института информационных технологий и анализа данных ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (г. Иркутск). Замечание: на стр. 15, строки 2-5 сказано, что «...точность аппроксимации итоговой иерархической модели в L-алгоритме достигается за счет сложности возникающих в процессе идентификации элементов иерархического разбиения». Не ясным остается вопрос о причинах возникновения этой сложности.

2. Соболева В.А., д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры дифференциальных уравнений и теории управления ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (г. Самара). Замечания отсутствуют.

3. Киселевой Т.В., д.т.н., профессора, профессора кафедры прикладных информационных технологий и программирования ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (г. Новокузнецк). Замечания: 1. Не четко определена актуальность темы диссертации. 2. В описании четвертой главы, возможно, следовало бы пояснить, почему в реальных приложениях (клинкер и стадия диффузии производства сахара) используется только L-алгоритм.

4. Гордона В.А., д.т.н., профессора, профессора кафедры технической физики и математики ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (г. Орёл). Замечание: на странице 9 автореферата по поводу определяемых в работе иерархических окрестностных моделей написано: «Этот класс иерархических окрестностных моделей не совпадает с ранее определенными классами, описанными в первой главе». Возможно, следовало бы подробнее уточнить соотношение нового класса с двумя ранее определенными классами, указанными в описании первой главы.

5. Дидриха В.Е., д.т.н., профессора, главного научного сотрудника отдела стратегического развития АО «Тамбовский завод «РЕВТРУД» (г. Тамбов). Замечание: на странице 10 автореферата определяются иерархические разбиения. Кроме иерархических разбиений в тексте автореферата упоминаются иерархические кластеризации, следовало бы пояснить связь этих двух понятий.

6. Буркина И.М., д.ф.-м.н., доцента, профессора кафедры вычислительной механики и математики ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (г. Тула). Замечание: на стр. 14 описан L-алгоритм с трихотомией невязок и вводится величина ϵ как точность аппроксимации. Следовало бы пояснить, как именно выбор числа ϵ влияет на точность аппроксимации.

7. Цыганова В.В., д.т.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории №57 ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова»

(г. Москва). Замечание: в обозначениях D_1, D_2, \dots, D_r в пункте 4 описания R-алгоритма на странице 12 отсутствует часть индексов. Если следовать обозначениям на схеме (рис. 2), то должно быть $D_{(11)}^2, D_{(12)}^2, \dots, D_{(1r)}^2$.

8. Песчанского А.И., д.т.н., профессора, профессора кафедры высшей математики ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» (г. Севастополь). Замечание: в автореферате используются термины «иерархическое разбиение» и «иерархическая кластеризация». Из контекста можно понять, что иерархическая кластеризация является частным случаем иерархического разбиения, но, возможно, следовало бы явно сказать об этом в тексте.

Все отзывы положительные. На замечания даны подробные ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследований и способностью определить научную и практическую ценность диссертации, а также их согласием.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

введен класс окрестностных моделей, отличающийся иерархической структурой с двусторонними связями и возможностью добавления новых узлов, что позволяет расширить возможности применения окрестностных систем в задачах моделирования производственных процессов и задачах описания иерархических алгоритмов;

разработан алгоритм рекуррентной идентификации иерархических окрестностных моделей на основе аппроксимации невязок промежуточных моделей, отличающийся использованием заданной иерархической кластеризации обучающих входных данных и позволяющий повысить точность моделей;

разработан алгоритм и численный метод рекуррентной идентификации иерархических окрестностных моделей на основе трихотомии невязок промежуточных моделей, отличающийся построением в процессе идентификации

иерархического разбиения обучающих входных данных и позволяющий улучшать точность моделей и качество прогноза;

предложен метод анализа остаточных данных промежуточных моделей в алгоритмах рекуррентной идентификации, отличающийся введением порядка на множестве обучающих данных и позволяющий контролировать количество уровней иерархии, необходимое для достижения соответствия между точностью и качеством прогноза иерархической модели;

разработан комплекс проблемно-ориентированных программ, реализующих алгоритмы рекуррентной идентификации иерархических моделей, отличающихся наличием модуля вычисления ближайшего обучающего кортежа и позволяющих оценивать длину дерева модели.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность использования разработанных методов и алгоритмов рекуррентной идентификации иерархических окрестностных моделей в задачах моделирования процессов с нелинейным поведением;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы теории математического моделирования, вычислительной математики, теории графов, математической статистики;

изложены алгоритмы рекуррентной идентификации иерархических окрестностных моделей, представляющие собой схему последовательного уточнения некоторой начальной аналитической модели;

раскрыта отличительная особенность вводимого нового класса иерархических окрестностных моделей, состоящая в использовании древовидных окрестностных структур с двусторонними дугами (связями);

изучены особенности использования определяемых иерархических кластеризаций и иерархических разбиений входных данных для алгоритмов рекуррентной идентификации иерархических моделей, изучена возможность контроля количества уровней иерархии в процессе построения моделей на основании анализа остаточных данных выходов;

проведена модернизация понятия иерархической окрестностной системы с введением класса окрестностных моделей, отличающихся древовидной иерархической структурой с двусторонними связями и возможностью добавления новых узлов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены образовательные технологии в учебный процесс ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет» при выполнении индивидуальных заданий по дисциплинам, связанным с математическим моделированием, а также при подготовке выпускных квалификационных работ;

определенны возможности применения разработанных алгоритмов и методов рекуррентной идентификации иерархических окрестностных моделей при решении задач прогнозирования технологических показателей и параметров сложных процессов;

созданы иерархические окрестностные модели прогнозирования модульных характеристик клинкера на цементном производстве и прогнозирования температурных режимов стадии диффузии производства сахара;

представлены рекомендации по использованию результатов исследования предприятиями АО «Липецкцемент» и СП «Хмелинецкий сахарный завод» АО «Агропромышленное объединение «Аврора» применительно к задачам планирования, анализа и управления техническими и технологическими показателями, а также для уточнения и совершенствования текущих математических моделей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;

теория построена на известных, проверяемых фактах с применением современных технологий математического моделирования, корректном

использовании методов вычислительной математики, теории графов, математической статистики;

идея базируется на анализе современных производственных объектов, для которых характерно наличие сложных процессов с существенно нелинейными характеристиками;

использовано сравнение результатов моделирования с данными реальных технологических процессов на клинкерном производстве в условиях АО «Липецкцемент» и на производстве сахара в условиях структурного подразделения «Хмелинецкий сахарный завод» АО «Агропромышленное объединение «Аврора»;

установлено качественное совпадение авторских результатов с данными реальных технологических процессов на клинкерном производстве и на производстве сахара;

использованы методики обработки исходной информации с применением современных компьютерных технологий, а также совокупности исходных обучающих данных для целей построения иерархических моделей прогнозирования модульных характеристик клинкера и температурных режимов стадии диффузии производства сахара.

Личный вклад соискателя состоит в:

непосредственном участии во всех этапах процесса диссертационного исследования, в том числе проведение экспериментальных исследований; разработке нового класса окрестностной модели с иерархической окрестностной структурой, разработке алгоритмов рекуррентной идентификации иерархических окрестностных моделей, разработке метода анализа остаточных данных для остановки алгоритмов; обработке, анализе и интерпретации экспериментальных данных; апробации результатов исследования; разработке комплекса программ для ЭВМ; обобщении и формулировке основных положений и выводов; подготовке публикаций по теме диссертационного исследования.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Щербаков А.П. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию значимости проведенных

исследований в полученных результатах, а также отметил, что высказанные пожелания будут учтены в дальнейшей работе.

На заседании 26 марта 2024 года диссертационный совет принял решение за новые теоретические и практические разработки в теории окрестностных систем, обеспечивающие расширение возможностей моделирования сложных технологических процессов, прогнозирования нелинейных характеристик таких процессов и имеющие существенное значение для предприятий производства, присудить Щербакову А.П. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», из 17 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали:

за – 12, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета

Погодаев Анатолий Кирьянович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Седых Ирина Александровна

«26» марта 2024 г.