

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.077.05
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ ПЕРЕДАЧИ
ИНФОРМАЦИИ им. А. А. ХАРКЕВИЧА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета

от «14» декабря 2015 года, протокол № 6

о присуждении Беляеву Михаилу Геннадьевичу ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Моделирование анизотропных зависимостей по выборкам с факторным планом эксперимента» по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки), принята к защите 12 октября 2015 года, протокол № 5, диссертационным советом Д 002.077.05 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А. А. Харкевича Российской академии наук (127051, Москва, Б. Каретный пер., 19, строение 1, приказ о создании диссертационного совета от «10» июля 2015 года № 784/нк).

Соискатель Беляев Михаил Геннадьевич, гражданин Российской Федерации 1987 года рождения, в 2010 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)», с 29.06.2010 по 28.06.2013 обучался в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А. А. Харкевича Российской академии наук, работает младшим научным сотрудником Федерального государственного

бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А. А. Харкевича Российской академии наук.

Диссертация выполнена в секторе № 5 – Интеллектуальный анализ данных и моделирование Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А. А. Харкевича Российской академии наук.

Научный руководитель – академик РАН, доктор технических наук, профессор Кулешов Александр Петрович, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Назин Александр Викторович, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории № 7 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук;
2. Конушин Антон Сергеевич, гражданин РФ, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры автоматизации систем вычислительных комплексов факультета вычислительной математики и кибернетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» (далее МГУ им. М.В. Ломоносова);

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (далее ФИЦ ИУ РАН), г. Москва, в своем *положительном* заключении, подписанном Сенициным Владимиром Игоревичем, доктором физико-математических наук, заведующим отделом информационных технологий управления ФИЦ ИУ РАН, и утвержденном

Соколовым Игорем Анатольевичем, академиком РАН, доктором технических наук, директором ФИЦ ИУ РАН, указала, что результаты и выводы диссертационной работы рекомендуется использовать в научно-практической работе в организациях, занимающихся вопросами моделирования и анализа данных, в том числе, Институте проблем передачи информации РАН, Высшей Школе Экономики, Московском физико-техническом институте, ФИЦ ИУ РАН, факультете вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова и др.; а также в организациях, специализирующихся на решении различных задач инженерного проектирования. Отзыв заслушан и одобрен на заседании секции Ученого Совета ФИЦ ИУ РАН «28» октября 2015 года, протокол № 9.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, из них **7 по теме диссертации**, общим объёмом 59 страниц (вклад соискателя 51 страница), в том числе 5 в научных журналах, включенных в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций. Соискателем опубликовано 2 работы в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов. 5 научных работ были опубликованы без соавторов. В двух совместных публикациях были представлены результаты использования предложенного метода в прикладных проектах. В этих работах соискателю принадлежит идея алгоритма решения задачи и, частично, проведение вычислительных экспериментов.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Беляев М. Г. Анизотропные сглаживающие сплайны в задачах с факторным планом эксперимента // Доклады Академии Наук. 2015. Т. 5, № 461. С. 521–524. Включен в список ВАК, переводная версия индексируется Web of Science.
2. Беляев М.Г. Аппроксимация многомерных зависимостей по структурированным выборкам // Искусственный интеллект и принятие

решений. 2013. № 3. С. 24–39. Включен в список ВАК, переводная версия индексируется Scopus.

3. Surrogate models for spacecraft aerodynamic problems / M. Belyaev, E. Burnaev, Y. Kapushev et al. // In proc. of 5th European Conference on Computational Mechanics. 2014. P. 418–422. Индексируется Web of Science.

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов, включая отзывы ведущей организации и официальных оппонентов, каждый из которых содержит положительную оценку работы Беляева М.Г. и вывод её о соответствии требованиям, предъявляемым Высшей аттестационной комиссией к кандидатским диссертациям на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

В отзыве **ведущей организации**, Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», в качестве замечания отмечено, что предположения о плане эксперимента сформулированы избыточно сложно. Так, пункты 2 и 3 предположения 2.5 фактически говорят об одном и том же: что в области Ω не должны возникать области большого объема, не содержащие точек плана. Условия, сформулированные в пункте 2, следует выводить из пункта 3 с использованием предположения 2.4, при необходимости задав в этих предположениях более строгие условия. В работе получена оценка интегральной ошибки метода, и показано, что метод будет асимптотически оптимальным при корректном выборе скоростей изменения параметров регуляризации. Также предложен метод оценки параметров регуляризации по данным, но не изучен вопрос о теоретических свойствах этого метода: даст ли он искомые скорости изменения параметров регуляризации? В разделе 4.3 описывается эмпирический метод решения задачи в случае, если размерность одного или нескольких факторов плана эксперимента превышает 1. Описанный подход работает для задач с полным

планом эксперимента, но из текста диссертационной работы неясно, как работать с неполными планами с многомерными факторами.

В отзыве **официального оппонента Назина Александра Викторовича**, в качестве замечаний отмечено следующее. Автором приведены теоретические оценки количества итераций при вычислении коэффициентов разложения по базису; однако из-за особенностей компьютерной арифметики эти оценки обычно выполняются лишь приближенно. Вопрос необходимого на практике числа итераций в работе явном виде не обсуждается, хотя приведенные экспериментальные результаты и показывают, что предложенный алгоритм обладает высокой вычислительной эффективностью. Для выбора параметров регуляризации используется минимизация ошибки скользящего контроля методом сопряженных градиентов, однако ничего не сказано о природе этой задачи минимизации. По всей видимости, эта задача не является выпуклой, что оставляет открытым вопрос обоснованности параметров регуляризации. В параграфе 1.1 «Особенности прикладных задач метамоделирования» следовало бы пояснить сам термин «метамоделирование». По сути это становится понятным лишь в следующем параграфе 1.2.

В отзыве **официального оппонента Конушина Антона Сергеевича**, в качестве замечаний отмечено следующее. В работе не изучены теоретические свойства предложенного алгоритма выбора параметров регуляризации. В параграфе 3.5.2 указано, что процедура нахождения параметров регуляризации с помощью минимизации ошибки скользящего контроля сходится за достаточно малое число итераций, однако эти экспериментальные результаты не приведены в диссертации. Предложенная в параграфе 4.3 методология решения задач с многомерными факторами предполагает обучение наборов параметрических функций в каждом из факторов независимо друг от друга, что может существенно снижать точность итоговой модели, построенной с помощью тензорного произведения.

В отзыве на автореферат **Курочкина Сергея Владимировича**, старшего научного сотрудника ФИЦ ИУ РАН, кандидата физико-математических наук, в качестве замечания указано следующее. В работе рассматриваются анизотропные функции, но в автореферате наряду с термином «анизотропные зависимости» несколько раз используется термин «пространственно неоднородные зависимости». Хотя анизотропные функции в некотором смысле можно считать пространственно неоднородными, обычно под этим термином понимают функции другого типа, поэтому было бы правильнее во избежании неточного трактования не использовать термин «пространственно неоднородные». В автореферате обозначение m_h первый раз используется в начале описания главы 2, а его определение вводится на полстраницы ниже в Предложении 1.

Отзывы на автореферат **Магарил-Ильяева Георгия Георгиевича**, профессора кафедры общих проблем управления механико-математического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, и **Черновой Светланы Станиславовны**, начальника отдела тестирования Общества с ограниченной ответственностью Датадванс (далее ООО Датадванс), кандидата технических наук, замечаний не содержит.

Выбор оппонентов и ведущей организации подтвержден их научными публикациями. Назин А.В. - доктор физико-математических наук по специальности 05.13.01 - системный анализ и управление, авторитетный специалист по применению оптимизационных методов при моделировании и оценивании функциональных зависимостей. Конушин А.С. - кандидат физико-математических наук по специальности 05.13.11, смежной с 05.13.18, известный своими работами по прикладным применениям математического моделирования. ФИЦ ИУ РАН, включивший в себя Институт проблем информатики РАН и Вычислительный Центр им. А.А. Дородницына РАН, - один из ведущих в России центров исследований и экспертизы в области фундаментальных основ и применения математического моделирования,

численных методов и комплексов программ для решения фундаментальных и прикладных проблем.

Диссертационный совет отмечает, что **на основании выполненных соискателем исследований:**

- **предложен** новый метод построения математических моделей физических явлений по выборкам данных с факторным планом эксперимента, основанный на минимизации функционала специального вида, предложенного соискателем;
- **доказана** оценка интегральной ошибки предложенного метода, позволяющая показать асимптотическую оптимальность метода при надлежащем выборе параметров регуляризации;
- **разработаны** эффективные численные методы оценки параметров модели и оценки параметров штрафов в минимизируемом функционале; комплекс программ, состоящий из 6 модулей и ряда вспомогательных процедур.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **проведена модернизация существующих подходов** к моделированию выборок с факторным планом эксперимента: типичные инженерные задачи моделирования по данным были формализованы в виде строгой математической задачи, в которой учтены все основные особенности прикладных задач;
- **разработан** новый метод оценки интегральной ошибки метода, основанный на том, что последовательно рассматриваются четыре задачи, начиная от задачи аппроксимации известной функции и заканчивая искомой задачей регрессии с предложенным методом решения и даются оценки интегральных ошибок, возникающих при переходе от одной задачи к следующей за ней;
- **доказана** асимптотическая оптимальность предложенного метода при корректном выборе скоростей изменения параметров регуляризации;

- применительно к проблематике диссертации **результативно использованы** элементы теории оптимизации, функционального анализа и теории приближения функций, линейной алгебры.

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

- **разработана и внедрена** технология построения математических моделей по выборкам с факторным планом эксперимента, которая используется в программных продуктах компании ООО Датадванс.
- **представлены** результаты успешного использования разработанного метода в двух прикладных задачах моделирования: исследовании аэродинамических характеристик суборбитального космического аппарата и исследовании прочностных характеристик обшивки пассажирского самолета.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

- **теория построена** на использовании хорошо изученных методов функционального анализа и оптимизации;
- **идея метода базируется** на обобщении существующих подходов, в основе которых лежат методы аппроксимации, оптимизации и регуляризации;
- **установлено** качественное совпадение элементов асимптотической оценки ошибки с известными результатами в частном случае размерности 1 и вычислительной сложности предложенного алгоритма в частном случае полного факторного плана со сложностью известных алгоритмов.

Личный вклад соискателя состоит в создании метода моделирования по выборкам данных с факторным планом эксперимента, доказательстве теоретических результатов, проведении вычислительных экспериментов и интерпретации их результатов, подготовке основных публикаций по теме диссертации.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов. По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ в части пунктов 2 (развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей), 3 (разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий), 4 (реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента) и 5 (комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента).

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой решена задача разработки методов моделирования данных с факторной структурой плана эксперимента, имеющая существенное значение для развития области инженерного проектирования.

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2014 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании 14 декабря 2015 года диссертационный совет Д 002.077.05 принял решение присудить Беляеву Михаилу Геннадьевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 25 человек, из них 7 докторов наук по специальности и отрасли наук рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 35 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 25, против присуждения учёной степени – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета Д 002.077.05

Кулешов А.П.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 002.077.05

Цитович И.И.

14 декабря 2015 г.