

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
учреждения Федеральный
исследовательский центр «Информатика и
управление» Российской академии наук,
академик



И.А. Соколов

« 5 » ноября 2015 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Беляева Михаила Геннадьевича «Моделирование анизотропных зависимостей по выборкам с факторным планом эксперимента», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертационная работа Беляева М.Г. посвящена исследованию задачи моделирования функций по зашумленным выборкам данных, обладающих структурой специального вида. В рамках работы предложен новый метод построения математических моделей, основанный на минимизации функционала специального вида, проведен теоретический анализ асимптотических свойств этого метода, разработаны вычислительно эффективные численные методы и на их основе создан комплекс программ, предназначенный для решения задач моделирования в инженерном проектировании.

Актуальность темы

Диссертационная работа Беляева М.Г. является актуальным научным исследованием в области разработки и анализа математических моделей, построенных по данным и описывающих разнообразные физические явления, возникающие в задачах инженерного проектирования.

Современный уровень развития вычислительной техники и методов прикладной математики позволяет проводить большое количество вычислительных экспериментов для решения различных задач математической физики, востребованных при проектировании сложных технических объектов. Однако, потребности в решении таких задач опережают существующие возможности, в

результате чего время вычислений может доходить до нескольких месяцев. Одним из развивающихся подходов для снижения времени проектирования является использование методов, позволяющих строить математические модели по результатам уже проведенных вычислительных экспериментов. Такие модели затем используются на этапе концептуального (предварительного) проектирования, поскольку они обеспечивают крайне высокую скорость моделирования, хотя и предоставляют лишь приближенное описание явления.

Рассматриваемый в диссертационной работе подход основан на работе с выборкой данных, которая строится с помощью проведения вычислительных экспериментов. План эксперимента выбирается с учетом особенностей инженерной задачи и часто является многомерной решеткой (так называемый *полный план эксперимента*). Кроме того, в силу особенностей метода генерации данных не менее часто встречаются задачи, в которых план эксперимента является решеткой с пропусками (Беляев М.Г. в своей работе называет такие планы *неполными факторными*).

Математические методы построения моделей по выборкам с факторным планом изучаются достаточно давно. Однако, существующие подходы обладают рядом ограничений, не позволяющих использовать их при решении современных задач инженерного проектирования. Ключевой из этих недостатков – это слабое развитие методов, предназначенных для решения задачи в случае неполного факторного плана эксперимента.

Структура работы

Работа состоит пяти глав, заключения, списка литературы и приложения. В первой главе описана концепция использования методов анализа данных в задачах инженерного проектирования, дана формальная постановка задачи и сформулирован предлагаемый в диссертации метод ее решения. Вторая глава посвящена теоретическому обоснованию предложенного метода с помощью исследования асимптотической ошибки получаемых с его помощью моделей. В третьей главе рассматриваются вопросы численных методов построения моделей по данным. Структура созданного программного комплекса описана в четвертой главе, а пятый раздел посвящен описанию полученных с его помощью экспериментальных результатов как на модельных данных, так и на данных из актуальных прикладных задач.

Научная новизна

Основные научные результаты, полученные в диссертационной работе Беляева М.Г., являются новыми и их отличие от известных ранее результатов состоит в следующем.

- Для задач произвольной размерности в рассматриваемом классе методов получена оценка на интегральную ошибку метода и доказана его асимптотическая оптимальность.
- Разработан численный метод оценки параметров модели по данным с неполным факторным планом эксперимента, вычислительная сложность которого линейно растет с числом пропущенных в плане точек.
- Предложен вычислительно эффективный численный метод оценки параметров регуляризации по данным в рассматриваемом классе методов.
- Рассмотрена задача построения модели по двум выборкам данных из различных источников, план эксперимента каждой из которых неполный факторный, и предложен метод решения такой задачи.

Теоретическая значимость и практическая ценность

Теоретическая значимость представленных в диссертационной работе результатов обусловлена двумя факторами. Во-первых, типичные инженерные задачи моделирования по данным были формализованы в виде строгой математической задачи, в которой учтены все основные особенности прикладных задач. Во-вторых, был разработан метод оценки интегральной ошибки метода и показана его асимптотическая оптимальность при корректном выборе скоростей изменения параметров регуляризации.

Практическая значимость результатов диссертационной работы состоит в том, что разработанный метод, реализованный в виде комплекса программ, может быть применен для решения разнообразных задач моделирования в инженерном проектировании и уже был успешно использован в двух таких задачах: исследования аэродинамических характеристик суборбитального космического аппарата и исследования прочностных характеристик обшивки пассажирского самолета.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты и выводы диссертационной работы рекомендуется использовать в научно-практической работе в организациях, занимающихся вопросами

моделирования и анализа данных, в том числе, ИППИ РАН, ВШЭ, МФТИ, ФИЦ ИУ РАН, ВМК МГУ и др.; а также в организациях, специализирующихся на решении различных задач инженерного проектирования.

Полнота опубликованных научных результатов

Полученные в диссертационной работе результаты полно изложены в 7 работах, в том числе в 3 статьях в журналах, включенных в перечень ведущих рецензируемых журналов, и в 4 работах в тезисах конференций, в том числе две работы в сборниках трудов международных конференций, один из которых индексируется Scopus, а другой Web of Science.

Замечания к диссертационной работе

- 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, в которых нет 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 метода 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.

Заключение

Отмеченные недостатки не сказываются на достоверности полученных в работе результатов и не снижают ее общей положительной оценки.

Диссертация Беляева М.Г. является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи разработки методов моделирования данных с факторной структурой плана эксперимента, имеющей

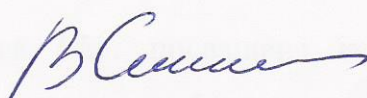
существенное значение для развития области инженерного проектирования. Полученные результаты являются новыми и обоснованными.

Результаты диссертации апробированы на международных и российских конференциях и в полной мере опубликованы, в том числе в журналах из списка ВАК. Автореферат полно отражает содержание диссертационной работы.

Таким образом, диссертационная работа Беляева М. Г. «Моделирование анизотропных зависимостей по выборкам с факторным планом эксперимента» соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а ее автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по этой специальности.

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на заседании секции Ученого Совета ФИЦ ИУ РАН, Протокол №9 от 28 октября 2015 года.

Заведующий отделом ФИЦ ИУ РАН,
д.ф.-м.н.

 В.И.Синицин

“23” ноября 2015 г.

Сведения

Синицин Владимир Игоревич

зав. отделом ФИЦ ИУ РАН, доктор физико-математических наук

Тел: (499) 135-01-98

Эл.почта: vsinitsin@ipiran.ru

Федеральное государственное учреждение Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук.

Адрес: 119333, Российская Федерация, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2

Телефон: (499) 135-62-60

Email: ipiran@ipiran.ru

<http://www.ipiran.ru>