**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ,
КАДАСТРА И КАРТОГРАФИИ
(РОСРЕЕСТР)**
Федеральное государственное бюджетное учреждение
**«Федеральный научно-технический центр
геодезии, картографии и инфраструктуры
пространственных данных»
(ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»)**
Юридический адрес: Волгоградский пр-кт, д. 45, стр. 1
Москва, Россия, 109316
Почтовый адрес: Онежская ул., д. 26, стр. 1, 2
Москва, Россия, 125413
Тел: (495) 456-91-71 факс: (495) 456-91-42
E-mail: info@nsdi.rosreestr.ru
ОГРН 1137746612068; ИНН 7722814241

20.08.2018 № 160/7414

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГБУ «Центр
геодезии, картографии
и ИПД»
кандидат технических наук
Ребрий Александр Валерьевич
_____
«20» 08 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Сугаиповой Лейлы Супьяновны «Разработка и исследование методов разномасштабного моделирования геопотенциала», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 25.00.32 — Геодезия

Актуальность темы диссертации

Изучение внешнего гравитационного поля Земли (ГПЗ) и его моделирование составляют важнейшие задачи геодезии. Решению этих задач посвящены труды многих видных отечественных и зарубежных ученых. Однако, новые времена ставят новые задачи. Растут требования к точности описания гравитационного поля Земли с помощью различных моделей. Благодаря развитию техники и технологий в распоряжении ученых-геодезистов оказывается всё более и более детальная и качественная измерительная информация. Традиционно применявшиеся для моделирования ряды по шаровым функциям уже не способны извлекать выгоду из этого в полной мере. В диссертации обоснованно говорится о том, что точность модели геопотенциала в виде ряда по шаровым функциям определяется, в конечном счёте, наименее качественными исходными данными. Единственный параметр ряда по шаровым функциям — его длина — не в состоянии учитывать различную гравиметрическую изученность различных регионов Земли. В связи с этим, разработка методов разномасштабного моделирования геопотенциала, предполагающего использование различных базисных функций для моделирования различных диапазонов частот, является вполне актуальной.

Теоретическая и практическая ценность. Для достижения заявленной цели в диссертации решаются следующие задачи:

- обоснование необходимости использования наряду с шаровыми функциями других базисных функций, отличающихся от них наличием определённой пространственной локализации;
- разработка новой структуры модели ГПЗ, разумно сочетающей использование традиционных и новых базисных функций;
- изложение необходимых теоретических основ разномасштабного анализа и синтеза сигнала на сфере;
- разработка методики локального моделирования ГПЗ с помощью сферических радиальных базисных функций, численная проверка её эффективности;
- разработка методики отбора оптимального подмножества полюсов сферических радиальных базисных функций;
- исследование существующих сферических радиальных базисных функций и разработка новых, специально приспособленных для целей моделирования геодезических трансформант геопотенциала;
- разработка методики сегментации ГПЗ по принципу пространственной стационарности, а также методов преодоления возникающей проблемы согласования различных локальных моделей на границах сегментов;
- разработка методики моделирования среднечастотной части ГПЗ с использованием спутниковой градиентометрической информации, исследование различных вариантов реализации этой методики, составление программного пакета, реализующего вычисление гармонических коэффициентов до 250-й степени.

Работа успешно сочетает в себе теоретическую и прикладную направленность. Разработанные в процессе решения поставленных задач новая структура модели ГПЗ, методики моделирования среднечастотной и высокочастотной составляющих геопотенциала, методика сегментации поля по принципу пространственной стационарности, методика уточнения нормального поля Земли, методика отбора оптимального подмножества полюсов, модель цветных шумов градиентометра, составленные программы и программные пакеты, позволяющие реализовать соответствующие алгоритмы, определяют практическую ценность диссертации.

Теоретическую ценность составляют, прежде всего, выносимые на защиту новые модификации существующих сферических радиальных базисных функций и введённые новые сферические радиальные базисные функции с метрикой Махаланобиса, новое понятие частотной характеристики оператора усечения ядра Стокса на внутреннюю и внешнюю

зоны определённого радиуса, исследование возможности применения новейших теорем о выборке на сфере для гармонического анализа геопотенциала.

Нельзя не отметить также и менее заметные теоретические находки диссертанта. Имеются ввиду, например, установление связи между интерполяцией с помощью радиальных базисных функций, коллокационным методом и искусственной нейронной сетью, простой вывод основного уравнения баланса энергии системы Земля—спутник без привлечения понятий аналитической механики, вывод выражений для вторых производных геопотенциала в локальной системе координат спутника, аналитическое выражение взаимной ковариационной функции для каких-либо двух трансформант потенциала, связывающей между собой точечные значения одной из них с усреднёнными по ячейкам значениями другой и т. д. Перечисленные результаты несомненно способствуют развитию как теории пространственно локализованных функций в приложении к геодезическим задачам, так и практике моделирования тонкой структуры ГПЗ.

Научная новизна. Следующие результаты определяют новизну диссертационных исследований:

- методика моделирования ГПЗ по результатам спутниковой градиентометрии, использующая гармонический анализ на основе новейших достижений математики в области выборок наивысшей алгебраической точности, а также пакет соответствующих программ;
- разработка и практическая реализация методики регионального моделирования ГПЗ на части территории РФ с помощью сферических радиальных базисных функций;
- новые модификации ядра Абеля—Пуассона и ядра Стокса, новые пространственно локализованные базисные функции с метрикой Махаланобиса, новое понятие — частотная характеристика оператора усечения ядра Стокса на внутреннюю и внешнюю зоны определённого радиуса;
- теоретическое обоснование и программная реализация эффективного метода подбора оптимального подмножества полюсов сферических радиальных базисных функций;
- итерационная методика уточнения нормального поля геопотенциала.

Обоснованность и достоверность научных положений диссертации

Работа написана на высоком теоретическом уровне. Обоснованность результатов диссертационного исследования определяется корректным использованием разнообразного математического инструментария и наличием необходимых теоретических выкладок. Достоверность

практически каждого положения диссертационной работы подтверждается убедительными численными экспериментами.

Материалы диссертации доложены на 8 научно-технических конференциях и опубликованы в 26 печатных работах, в том числе – в одной монографии и 18 статьях в журналах, рекомендованных ВАК.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Предложенная в диссертации методика гармонического анализа на основе новых теорем о выборке на сфере может быть рекомендована для уточнения среднечастотной части геопотенциала. Алгоритм регионального моделирования гравитационного поля Земли с помощью сферических радиальных базисных функций может применяться не только при решении указанной задачи, но и для описания иных скалярных полей, заданных на поверхности Земли или сферы, например, для моделирования рельефа. Описанный в диссертационном исследовании метод подбора оптимальных полюсов сферических радиальных базисных функций может быть использован и для решения других задач геодезии, связанных с оптимизацией геодезических сетей различной природы.

Не лишена работа и некоторых **недостатков**, а именно:

1. Отсутствует описание условия, под которым следует выбирать параметр регуляризации в пакете `RegularizeData3D`, раздел 2.7.2, стр. 134 диссертации.

2. При выведении локальной модели гравитационного поля Земли не учтено влияние рельефа, раздел 3.7, стр. 273.

3. В некоторых элементах блок-схем 2.18 на стр. 171, 3.7 на стр. 234 плохо видны формулы.

4. На рис. 2.9 стр. 133 диссертации обе стрелки ошибочно направлены вниз.

5. Дополнительные исследования желательны и по вопросам уточнения нормального поля ГПЗ. В частности, желательно получить количественные оценки предполагаемого увеличения точности для различных методов аппроксимации краевой задачи Молоденского.

6. Приведенный в диссертации численный пример использования методики сегментации поля относится только к сравнительно небольшой территории (4x6°). Процесс реализации методики на всю территорию РФ не рассмотрен.

Общая оценка диссертации

Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, библиографии и 2 приложений. Общий объем диссертации составляет 325 страниц.

Приложение А содержит список и краткое описание программ в среде MATLAB, составленных автором для реализации численных экспериментов. В приложении Б приведены документы, свидетельствующие о внедрении основных результатов диссертации.

Весь изложенный материал обладает внутренним единством и логично распределён по главам, что упрощает его восприятие.

Выводы

1. Представленная диссертационная работа Сугаиповой Л.С. на тему «Разработка и исследование методов разномасштабного моделирования геопотенциала» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научно-методологическом уровне, соответствует критериям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней» и пункту П.1 паспорта научной специальности.

2. Автореферат отражает основное содержание диссертации достаточно полно.

3. Результаты диссертации содержат технологические решения, направленные на решение научной проблемы повышения разрешающей способности и точности модели гравитационного поля Земли, соответствуют требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор Сугаипова Лейла Супьяновна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.32 — Геодезия.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании отдела гравиметрии и геодинамики Управления геодезических исследований 16 августа 2018 г., протокол № 1.

Ведущий научный сотрудник отдела гравиметрии и геодинамики Управления геодезических исследований

Я, Спесивцев Александр Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку, spesivtsev.a.a@gmail.com, 8(926)613-69-72

кандидат технических наук Спесивцев Александр Александрович

Шифр наименования научной специальности, по которой защищена диссертация: 25.00.32 — Геодезия

Главный научный сотрудник отдела гравиметрии и геодинамики Управления геодезических исследований

Я, Кафтан Владимир Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку, kaftan@geod.ru, 8(906)784-28-18

доктор технических наук Кафтан Владимир Иванович

Шифр наименования научной специальности, по которой защищена диссертация: 25.00.35 — Геоинформатика