

О Т З Ы В

официального оппонента

к.т.н. Никишина Дмитрия Александровича

на диссертацию Боярчука Матвея Александровича

«РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОТОБРАЖЕНИЯ

ВЕКТОРНОГО ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ

ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата технических наук

по специальности 25.00.35 - «Геоинформатика»

Актуальность темы диссертации:

Характеристики гравитационного поля Земли (ГПЗ), в том числе его аномалии, несут в себе важную информацию о внутреннем строении Земли, движениях земной коры, процессах в океане и атмосфере. Эта информация, в свою очередь, имеет существенное значение для решения важных практических задач, таких как расчет параметров орбит космических аппаратов и траекторий полёта ракет, обеспечение работы навигационных систем, геодезические и геофизические исследования Земли, разведка полезных ископаемых и ряда других задач. При этом требования науки и практики к эффективности использования данных о гравитационном поле Земли при решении этих задач постоянно повышаются.

Представленная работа направлена на повышение эффективности использования данных о внешнем гравитационном поле Земли при решении представленных выше задач, а также на развитие критических технологий в области информационных и навигационных систем. В контексте этой цели сформулированная диссертантом тема исследования – «разработка и исследование метода отображения векторного гравитационного поля Земли для геоинформационного анализа», *является актуальной.*

Для достижения этой цели диссертант поставил перед собой следующие **задачи**:

1) анализ научной литературы по тематике исследования, в том числе существующих методов визуализации геофизических полей и

геоинформационных систем (ГИС), предназначенных для работы с данными о геофизических полях;

2) разработка метода представления векторных полей на основе математического аппарата кватернионов; анализ и выбор цветовых моделей для целей визуализации этих данных; метода преобразования компонент кватернионов в координаты цветового пространства;

3) разработка количественного критерия оценки аномальности ГПЗ по амплитуде и направлению;

4) анализ современных программных средств, требований и функциональности в контексте создания ГИС, реализующей разработанный автором метод визуализации гравитационного поля Земли.

Оценка содержания диссертации:

Представленная на 128 страницах диссертация состоит из введения, 3-х глав, заключения, двух справочных приложений. В списке литературы приведено 89 источников, из которых 34 – на иностранных языках.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования; определены цель и задачи, объект и предмет исследования; рассмотрены степень разработанности данной тематики, научная новизна предлагаемых подходов, теоретическая и практическая значимость; представлены основные защищаемые положения и результаты, сведения об их достоверности и апробации.

В главе 1 представлен рассмотрены сущность и классификация геофизических полей Земли, в частности ее гравитационного поля, выбранного основным объектом данного исследования. Также представлены существующие методы визуализации геофизических и близких им по свойствам гидродинамических полей. Данная глава соответствует первой задаче исследования – анализу научной литературы по тематике исследования. По результатам анализа автором справедливо сделан вывод, что функциональность ГИС для работы с геофизическими полями может быть расширена за счет развития методологии визуализации этих полей.

Глава 2 посвящена рассмотрению теоретических основ предлагаемого автором метода визуализации векторного гравитационного

поля Земли и по своему содержанию соответствует трем остальным задачам исследования. Здесь представлен математический аппарат кватернионов; предложен критерий аномальности ГПЗ и сравнительной оценки влияния его угловой составляющей. Произведен сравнительный анализ ряда известных цветовых моделей и обоснован выбор системы, наиболее подходящей для визуализации геофизических полей предлагаемым методом. Рассмотрены способы геоинформационного моделирования геофизических полей Земли, предложен перечень требований и функций к перспективному ГИС для работы с данными о гравитационном поле Земли. Произведен анализ ряда графических движков в контексте возможности реализации с их помощью разработанного автором метода визуализации геофизических полей, рассматриваются технические особенности этой реализации. Материал данной главы говорит о глубоком теоретическом обосновании и оригинальности предлагаемого подхода к решению основной задачи исследований.

В главе 3 описаны экспериментальные работы по апробации предлагаемого автором метода визуализации и анализа гравитационного поля Земли, представленного в виде двумерных и трехмерных векторных полей, а также модели гравитационной аномалии, создаваемой плотными телами на глубине. Представлен эксперимент по визуализации предложенным методом других геофизических полей (на примере геомагнитного поля). Также изложены методика и процесс создания геопортала, демонстрирующего моделирование гравитационного поля Земли с использованием предложенного метода.

Изложенное в данной главе свидетельствует о достаточно большом объеме проведенных автором экспериментальных работ. Полученные автором результаты позволяют говорить, что предложенный им метод визуализации ГПЗ, несмотря на определенную специфику его использования, работоспособен и обеспечивает оригинальный способ изображения применительно к гравитационному полю Земли, хотя и обладает меньшей степенью наглядности применительно к геомагнитному полю.

Вместе с тем, анализируя опыт работы с созданным автором

общедоступным геопорталом (опубликованном в сети Internet), можно отметить, что автор целиком сосредоточился на задаче визуализации ГПЗ, но при этом, для обеспечения ориентации в представленной ситуации, было бы целесообразным совместить изображение ГПЗ с элементами топографической ситуации (например, контурами материков или градусной сеткой). В перспективе было бы также желательным рассмотрение вопросов генерализации получаемого изображения ГПЗ.

В заключении диссертации автором подводятся основные итоги исследования.

Анализ представленной диссертации дает основания считать, что поставленные *задачи были решены и цель исследования была достигнута*, а предложенный автором метод визуализации ГПЗ практически реализуем и экономически доступен. Этот метод может найти свое применение в перспективных ГИС для задач визуального анализа геофизических полей и тем самым повысить их эффективность.

Структура и оформление диссертации и ее автореферата соответствует требованиям соответствующего ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

На защиту автором выносятся следующие **основные положения**:

1. Метод представления гравитационного поля Земли при помощи кватернионов.
2. Метод отображения трёхмерных векторных полей на плоскости при помощи цвета, позволяющий отображать как направления векторов, так и их величины.
3. Результаты экспериментальных исследований разработанного метода визуализации, как на модельных тестовых данных, так и на реальных данных, восстановленных по аналитической модели ГПЗ EGM2008.

Обоснованность сделанных автором выводов подтверждается проведенным им глубоким анализом литературы по тематике геоинформационной обработки данных геофизических полей, методов их визуализации.

Достоверность полученных результатов подтверждается, выполненными экспериментальными исследованиями, в том числе созданным автором общедоступным геопорталом. Работоспособность метода показана проведенными экспериментальными работами, как на модельных тестовых данных, так и на реальных данных, восстановленных по аналитическим моделям ГПЗ.

Научная новизна исследования и полученных автором результатов заключается в разработке метода визуализации гравитационного поля Земли, основанного на использовании математического аппарата кватернионов; предложенный метод визуализации позволяет одновременно отображать величину и направление векторов поля на плоскости, что позволяет говорить о переходе от моделирования гравитационного поля Земли как скалярного поля потенциала к моделированию его как векторного поля.

С учетом сказанного, представленные положения могут считаться *обоснованными, достоверными* и содержащими *элементы научной новизны*.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в расширении предметной области геоинформатики на геофизические поля Земли, рассматриваемые как векторные поля, в отличие от традиционного их рассмотрения в виде потенциальных полей.

Практическая значимость исследования определяется тем, предложенный метод визуализации гравитационного поля Земли в виде двумерных и трехмерных векторных полей может повысить эффективность решения задач, связанных с анализом этого и других видов геофизических полей.

Основные результаты диссертационного исследования были доложены на шести научно-технических конференциях (в том числе три – международные), опубликованы в четырех статьях, из которых две – в журнале «Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка», входящем в список рекомендованных ВАК.

Вывод: Диссертационная работа Боярчука Матвея Александровича, представленная на соискание кандидата технических наук, **соответствует**

п.п. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены **новые научно обоснованные технические решения** – методы представления и визуализации гравитационного поля Земли, способствующие развитию соответствующей отрасли знаний и имеющие существенное значение для развития страны. Ее автор заслуживает присуждения **ученой степени кандидата технических наук** по специальности 25.00.35 – «Геоинформатика».

Ведущий научный сотрудник
Федерального исследовательского
центра «Информатика и управление»
Российской Академии Наук»
(ФИЦ ИУ РАН),
кандидат технических наук



Дмитрий Александрович Никишин
20.04.2020

25.00.34 – Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия

Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" Российской Академии Наук (ФИЦ ИУ РАН)

119333, Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2.

ведущий научный сотрудник, отдел №54 «Представление знаний в информационных и управляющих системах»

dmnikishin@mail.ru

служ. +7 (499) 135-62-89

моб. +7 (926) 437-85-29

Подпись Д.А. Никишина заверяю.

Ученый секретарь
ФИЦ ИУ РАН
доктор технических наук



В.Н. Захаров