Акционерное общество
«Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем»

РКС
РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Авиамоторная, д. 53, Москва, 111250, почтовый адрес: а/я 16, г. Москва, 111250
тел.: +7 495 673-94-30, факс: +7 495 509-12-00, www.spacecorp.ru, contact@spacecorp.ru
ОКПО11477389 ОГРН1097746649681 ИНН7722698789 КПП774550001

от 28.11.2019 № РКС НТС9-147

На № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель генерального
директора по науке
АО «Российские космические системы»
кандидат технических наук, старший
научный сотрудник

_____ С.А. Федотов

«28» ноября 2019 г.

М.П.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию **Орлова Павла Юрьевича** по теме **«Разработка и исследование методики геоинформационного моделирования трёхмерных сцен околоземного космического пространства»**,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 25.00.35 «Геоинформатика»

Востребованное направление использования геоинтегральных платформ и решений - обеспечение задач сбора, систематизации, хранения, анализа, преобразования, отображения и распространения пространственно-координатных данных об объектах и явлениях на земной поверхности.

Вследствие освоения космоса на орбитах вокруг Земли находится множество искусственных и естественных объектов, состояние которых определяется различными факторами. Для управления состоянием объектов или его учета в процессе космической деятельности необходимо иметь инструменты оценки параметров движения таких объектов над земной поверхностью.

Диссертационная работа Орлова П.Ю. направлена на решение **актуальной** научно-практической задачи моделирования и оценки параметров

движения совокупности объектов околоземного космического пространства (ОКП), их пространственного анализа и представления в единой системе координат, которое автор называет геоинформационным моделированием.

Научная новизна работы состоит в разработке методики геоинформационного моделирования и обосновании понятия геоинформационной системы (ГИС) ОКП с применением системного подхода (сформирована база данных, структура ГИС, выполнены интегральные оценки доступных источников информации и программных платформ).

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в расширении границ предметной области геоинформатики по результатам формирования ГИС ОКП, а также обоснования необходимости совершенствования существующей нормативно-правовой и технической документации, регламентирующей разработку геоинформационных систем.

Диссертационная работа направлена на развитие следующих пунктов паспорта научной специальности 25.00.35 – «Геоинформатика»:

1 - «Теоретические и экспериментальные исследования в области развития научных и методических основ геоинформатики»;

3 - «Геоинформационные системы (ГИС) разного назначения, типа (справочные, аналитические, экспертные и др.), пространственного охвата и тематического содержания».

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в том, что созданный прототип концептуальной ГИС ОКП может использоваться как практический инструмент в технологических процессах хранения, обработки и визуализации информации о космических объектах (КО). В случае открытой архитектуры, алгоритм поиска пересечений трасс космических аппаратов (КА) может лечь в основу сервисов и прикладных технологий для выполнения кросс-калибровки целевой аппаратуры (ЦА) ДЗЗ.

Достоверность результатов подтверждается корректным использованием системного анализа, математического моделирования и результатами натурных экспериментов.

Результаты диссертации внедрены в деятельность АО «Корпорация «ВНИИЭМ» и АНО «Центр Дополнительного Образования «БУДУЩИМ-КОСМОНАВТАМ».

Результаты диссертационной работы П.Ю. Орлова **рекомендуются для практического внедрения** в МИИГАиК, ПАО «Красногорский завод им. С.А. Зверева» и в других организациях, использующих данные о положении КА в ОКП на заданный пользователем момент времени и планирующих мероприятия по использованию целевой аппаратуры.

В диссертационной работе поставлены и решены следующие научные задачи:

1) аналитический обзор тематической литературы и текущей нормативно-правовой документации по тематике исследований ОКП;

2) обоснование понятия геоинформационная система ОКП;

3) сравнение существующих баз данных, каталогов КО, программных решений для моделирования ОКП, их интегральная оценка и формулирование требований к атрибутивным данным разрабатываемой концептуальной модели базы данных (БД) КО;

4) разработка методики геоинформационного моделирования трёхмерных сцен ОКП;

5) исследование существующих и выбор подходящей модели прогнозирования для расчёта положения космических объектов;

6) разработка концептуальной модели и прототипа ГИС ОКП;

7) проведение экспериментальных исследований прототипа ГИС ОКП и модели прогнозирования движения КО;

8) разработка алгоритма поиска пересечений трасс КА для кросскалибровки ЦА дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Рассматриваемая диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения и списков терминов, сокращений и условных обозначений, литературных источников из 123 наименований. Текст диссертации изложен на 190 машинописных страницах, содержит 65 рисунков, 25 таблиц и три приложения.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, определена цель и научная новизна работы, сформулирован состав решаемых диссертантом задач и список результатов, выносимых на защиту, показана их практическая значимость и достоверность полученных результатов, а также описана структура работы.

В первом разделе рассмотрены вопросы текущего состояния ОКП и выполнен обзор нормативно-правовой базы по его использованию. Отмечено наличие нескольких зарубежных программных решений для моделирования и отображения ОКП. Выделен самостоятельный класс геоинформационных систем ОКП, дано предложение по облику и функционалу перспективного отечественного программного комплекса для моделирования состояния ближнего космоса.

Второй раздел содержит анализ доступных инструментальных средств разработки ГИС, в том числе, с открытым исходным кодом (Cesium, Google Maps API и Google Earth API.), источников данных и алгоритмического обеспечения моделирования движения КО. По итогам сравнения обоснован выбор оптимальной программной платформы для разрабатываемого прототипа ГИС ОКП. Выбор других компонентов системы ограничен наличием единственных доступных источников (модель SGP4, БД КА UCS, элементы TLE).

В третьем разделе описана разработанная методика геоинформационного моделирования динамических сцен ОКП и представлена структурно-логическая схема прототипа соответствующей ГИС ОКП. Приведена общая схема источников данных и разработана концептуальная модель БД для ГИС, содержащей как общие сведения по космических объектам, так и данные, позволяющие рассматривать их как трехмерные динамические объекты.

Четвёртый раздел содержит результаты разработки и экспериментальных исследований программных средств для геоинформационного моделирования ОКП, описано разработанное программное средство для прогнозирования движения КО и формирования файла трёхмерной динамической сцены; пошагово описана реализация web-содержимого и оболочки прототипа ГИС с БД; показан разработанный алгоритм поиска пересечений трасс КА ДЗЗ для обеспечения кросс-калибровки их ЦА; представлены результаты проведенной оценки времени выполнения прогноза движения космического объекта и объема получаемых данных.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

Материал диссертационной работы представляется вполне последовательным, логичным и аргументированным, изложен понятным

литературным языком. В целом, работа выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне. Основное содержание работы, результаты и выводы достаточно полно изложены в автореферате.

В качестве **замечаний** к работе следует отметить что:

1) Преимущества предлагаемого геоинформационного подхода в задачах каталогизации и моделирования движения КА перед используемыми в современных информационных системах контроля ОКП было бы полезно раскрыть более убедительно, в том числе в сравнении с коммерческими программными продуктами типа STK и других.

2) Современные информационные системы ОКП существуют в Командовании воздушно-космической обороны Северной Америки NORAD, центре системы контроля космического пространства вооруженных сил России, в соответствующих центрах космических агентств США NASA, Европы ESA, администрации Китая, ГК Роскосмос (в АО «ЦНИИмаш») и даже в ЦУПах частных компаний-операторов систем ДЗЗ. В работе не указаны преимущества предлагаемого прототипа концептуальной ГИС ОКП.

3) Ориентация объектов в прототипе ГИС ОКП учитывается лишь с точки зрения описательных сведений, хранящихся в базе данных, что может рассматриваться как некая односторонность в исследовательском подходе.

4) В работе значительное внимание уделено вопросу мониторинга засорения ОКП при обосновании актуальности темы исследований. Однако, ввиду ограничения используемых баз данных действующими КА, прототип ГИС ОКП может являться только теоретическим концептом для задач мониторинга космического мусора.

Однако приведенные замечания в целом не снижают научного уровня и практической значимости рассматриваемой диссертационной работы.

Вывод: Диссертация Орлова П.Ю. по теме «Разработка и исследование методики геоинформационного моделирования трёхмерных сцен околоземного космического пространства», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.35 «Геоинформатика» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научно обоснованные технические решения в области геоинформатики, а именно – разработка методики геоинформационного

моделирования и прототипа ГИС околоземного космического пространства, что расширяет область исследований геоинформатики и способствует развитию геоинформационного моделирования.

По своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов, содержанию и оформлению рассматриваемая диссертационная работа соответствует требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям, на соискание ученой степени кандидата технических наук, а автор данной диссертации, Орлов Павел Юрьевич, достоин присуждения искомой степени по специальности 25.00.35 «Геоинформатика».

Данный отзыв одобрен на заседании Научного центра оперативного мониторинга Земли АО «Российские космические системы» (протокол заседания секции по системам ДЗЗ от 07 ноября 2019г. № 15/03).

Заместитель директора проектов
по созданию систем ДЗЗ
кандидат технических наук А.А. Емельянов

Начальник НЦ ОМЗ А.Н. Аракчеев

Заместитель начальника отдела
кандидат технических наук О.В. Кушнырь

Заместитель начальника отдела
кандидат технических наук В.В. Тихонычев

Ведущий специалист
кандидат технических наук А.А. Кучейко

Учёный секретарь секции НТС № 3
АО «Российские космические системы» О.И. Сафонова