

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.8
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 26.06.2024 № 11

О присуждении Сухову Арсению Константиновичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Обоснование применения GRID-моделей для результатов фотограмметрических съемок открытых горных выработок» по специальности 2.8.3. - Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр принята к защите 24.04.2024, протокол заседания № 4, диссертационным советом ГУ.8 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Санкт-Петербургского горного университета о создании диссертационного совета от 06.02.2023 № 156 адм.

Соискатель, Сухов Арсений Константинович, 25 сентября 1995 года рождения, в 2019 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по специальности 21.05.04 Горное дело.

С 01.10.2019 по 09.10.2023 год являлся аспирантом очной формы обучения кафедры маркшейдерского дела федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России. Диплом об окончании аспирантуры получен 10.10.2023 г.

В настоящее время работает ассистентом кафедры маркшейдерского дела федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре маркшейдерского дела федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Гусев Владимир Николаевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский

горный университет императрицы Екатерины II», кафедра маркшейдерского дела, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Бахаева Светлана Петровна, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», кафедра маркшейдерского дела и геологии, профессор кафедры;

Афонин Дмитрий Андреевич, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», кафедра «Инженерная геодезия», доцент кафедры; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**, г. Москва в своем положительном отзыве, подписанном Абрамяном Георгием Ониковичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой геологии и маркшейдерского дела, Парамоновым Сергеем Сергеевичем, старшим преподавателем, ученым секретарем, и утвержденном Филоновым Михаилом Рудольфовичем, доктором технических наук, профессором, проректором по науке и инновациям, указала, что диссертационная работа имеет ряд применений, отличающихся перспективными значениями в повседневных маркшейдерских задачах, к которым относятся создание горно-графической документации, создание цифровых моделей горных выработок. В ходе исследований автором разработан алгоритм построения цифровых моделей открытых горных выработок.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ, в том числе в 1 статье - в издании из перечня рецензируемых научных изданий, в котором должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство на программу для ЭВМ. Номер свидетельства (регистрации): 2023664593 б. № 7. Дата публикации: 05.07.2023.

Общий объем – 2,38 печатных листов, в том числе 1,62 печатных листов - соискателя.

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Сухов, А.К.** Изучение качества фотограмметрических моделей, получаемых в условиях слабой освещенности / **А.К. Сухов**, М.Г. Выстрчил, В.Н. Гусев, А.А. Блищенко, А.В. Данько // Известия Уральского государственного горного университета. – 2020. – № 3 (59). – С. 140-148. – DOI 10.21440/2307-2091-2020-3-140-148.

Соискателем приведены основные идеи по перспективному улучшению качества фотограмметрических моделей путем проецирования временной искусственной текстуры на объект съемки и сделаны обобщения относительно влияния содержания текстуры на точность внутреннего ориентирования фотографий и итоговое качество модели.

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus:

2. Выстрчил М.Г. Анализ качества цифровых фотограмметрических моделей, полученных в условиях низкой освещенности / Выстрчил М.Г., **Сухов А.К.**, Новоженин С.Ю., Попов А.В., Губа С.А.// Журнал Физики: Серия конференций – Ноябрь 2020 - 1661(1):012089 – DOI: 10.1088/1742-6596/1661/1/012089

Vystrchil M.G. Quality analysis of digital photogrammetric models obtained in low light conditions/ Vystrchil M.G., **Sukhov A.K.**, Novozhenin S.U., Popov A.V., Guba S.A.// Journal of Physics Conf. Series - November 2020 - 1661(1):012089 – DOI: 10.1088/1742-6596/1661/1/012089

Соискателем в результате эксперимента приведены общие рекомендации по оптимальному расположению камер для фотограмметрической съемки в условиях низкой освещенности и ограниченного пространства.

3. Выстрчил М.Г. Анализ качества воксельных моделей, полученных с помощью дистанционного зондирования/ Выстрчил М.Г., **Сухов А.К.**, Рыбаков А.Ю., Чура М.Н., Артемова Г.И.// ES3 Web Conf. - Первая международная междисциплинарная научно-практическая конференция «Человек в Арктике» – 2023. – № 378. DOI: 10.1051/e3sconf/202337804002

Vystrchil M. G. Quality analysis of voxel models obtained with remote sensing/ Vystrchil M. G., **Sukhov A.K.**, Rybakov A. U., Chura M. N., Artemova G. I.// E3S Web Conf. - The First International Interdisciplinary Scientific and Practical Conference Man in the Arctic – April 2023 - Volume 378 – DOI: 10.1051/e3sconf/202337804002

Соискателем предложен метод обобщения геопространственных данных, позволяющий уменьшить недостатки цифровых маркшейдерских моделей путем аппроксимации локальных участков модели плоскостями, которые вписываются во фрагмент облака точек, с использованием метода наименьших квадратов.

4. Выстрчил, М.Г. Методика определения погрешностей сегментированных GRID моделей открытых горных выработок, построенных по результатам аэрофотосъемки с беспилотного воздушного судна/ Выстрчил, М.Г., Гусев В.Н., **Сухов А.К.** // Записки Горного института. 2023. Т. 262. С.562-570. EDN SZOFVD

Соискателем проведены эксперименты, показывающие кратное уменьшение погрешности модели относительно стандартных DEM моделей, что обеспечивает требуемую точность, предъявляемую к горно-графической маркшейдерской документации.

Публикации в прочих изданиях:

5. Блищенко, А.А. Оценка точности измерения складов на горных объектах с помощью беспилотной технологии/ Блищенко А.А., Лобынцев А.К., **Сухов А.К.** // Маркшейдерский вестник. – 2020. № 4 (137). – с. 23-27.

Соискателем проведены исследования по оценке объемов складов на открытых горных работах.

6. Выстрчил М.Г. Повышение качества фотограмметрической съемки на близких дистанциях / Выстрчил М.Г., **Сухов А.К.**, Попов А.В., Губа С.А. // Сборник тезисов XVI международного форум-конкурса «Актуальные вопросы рационального использования природных ресурсов» под эгидой ЮНЕСКО 17-19 июня 2020 г. – с.363

Соискателем проведены исследования по повышению качества цифровых моделей горных выработок за счет дополнительного текстурирования объекта фотограмметрической съемки.

7. Выстрчил М.Г. Подходы к упрощенному представлению трехмерных данных для решения задач горного дела и геомеханики /Выстрчил М.Г., Гусев В.Н., **Сухов А.К.** // Сборник тезисов IV международной научно-практической конференции «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование». – Санкт-Петербургский горный университет. – 26-28 октября 2021 г. – С.43.

Соискателем предложен алгоритм создания цифровых моделей открытых горных выработок, использующий аппроксимацию точечной модели полиномами первого порядка.

Патенты:

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023663738. Программа для построения аппроксимированных плоскостей и расчета средней квадратической погрешности по данным дистанционного зондирования. Авторы: Выстрчил М.Г., Гусев В.Н., Сухов А.К. Опубликовано 05.07.2023 Бюл. № 7. Заявитель СПГУ – 11с.

Соискателем написана программа по созданию цифровых моделей рельефа на основе облаков точек, полученных по результатам фотограмметрической съемки, а также расчету среднеквадратических погрешностей высот полученных моделей.

Апробация работы проведена на научных конференциях международного и всероссийского уровней:

- XXX международной научно-практической конференции «Российская наука в современном мире» 31 мая 2020 г.;
- научной конференции-форуме «Актуальные проблемы недропользования 2021», 14-16 апреля 2021г.;
- конференции «Горное дело в XXI веке: инновации, наука, образование», 26 октября 2021г.-28 октября 2021г.;
- первой междисциплинарной научно-практической конференции «Человек в Арктике», 17-19 ноября 2021г.;
- международном этапе научной конференции-форума «Актуальные проблемы недропользования», апрель-май 2022г.

В диссертации **Сухова Арсения Константиновича** отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: профессора кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» ИрНИТУ, д.т.н., доцента **В.П. Ступина**; заведующего кафедрой маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем ПНИПУ, д.т.н., профессора **Ю.А. Кашникова**; и.о. заведующего кафедрой инженерных изысканий и геоэкологии НИУ МГСУ, д.т.н., доцента **В.В. Симоняна**; профессора Департамента мониторинга и освоения георесурсов Политехнического института ДВФУ, к.г.н., доцента **Л.А. Усольцевой**; старшего научного сотрудника ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н., **Е.М. Малюхиной**; профессора кафедры технологии машиностроения (ТМС) МИВлГУ, д.т.н., профессора **П.С. Шпакова**.

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечены актуальность и целесообразность рассмотренной проблемы, практическая значимость разработанной методики создания цифровых моделей

по результатам фотограмметрической съемки открытых горных выработок с беспилотных летательных аппаратов.

В отзывах имеются следующие замечания и вопросы:

1. Описание алгоритмов аппроксимации полиномами первого порядка представлено достаточно хорошо, однако хотелось бы видеть более четкое обоснование выбора именно этих методов по сравнению с другими возможными подходами (д.т.н. Ю.А. Кашников);

2. В работе используются точки, полученные на основе фотограмметрической съемки, но не указано какие параметры (качество и степень фильтрации) были использованы для их получения на предшествующем этапе фотограмметрической обработки. Эти параметры могут оказать влияние на конечную точность (д.т.н. Ю.А. Кашников);

3. В результате исследований получены статистические параметры определения высоты для каждого из размеров сегментов, определены значения тройной СКП высоты модели для различных объектов фотограмметрических съемок. Однако из материалов, изложенных в автореферате, непонятно, возможно ли при съемке глубоких карьеров с БПЛА при создании цифровых моделей учитывать информацию об объектах, расположенных в «мертвых» зонах (д.т.н. В.В. Симонян);

4. Целью диссертационной работы является, скорее, не поиск оптимального способа формирования моделей, но повышение качества и контроля результатов моделирования (к.т.н. Е.М. Малюхина);

5. Выборка материалов для исследования является недостаточной (к.т.н. Е.М. Малюхина);

6. В таблице 2 (стр. 15) приведены статистические характеристики цифровых моделей для трех разных объектов съемки. Склад угля и россыпное месторождение имеют кратно меньшее значение среднеквадратической погрешности по сравнению с торфяным. Чем вызван такой разброс этих значений? (к.т.н. Е.М. Малюхина);

7. В работе используются полиномы первого порядка, плоскости, для аппроксимации сегментов облака. Чем обоснован выбор полиномов именно первого порядка, а также их форма? (д.т.н. П.С. Шпаков).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их работой в ведущих профильных организациях, занимающихся исследованиями в области маркшейдерии и геодезии при открытой геотехнологии и строительстве, а также высоким уровнем профессиональной компетентности.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика создания цифровых моделей открытых горных выработок, использующая концепцию аппроксимации сегментов точечного облака, полученного по результатам фотограмметрической съемки с беспилотных летательных аппаратов;

предложен алгоритм создания цифровых моделей местности, позволяющий оценить и повысить точность результатов моделирования открытых горных выработок;

доказано предпочтительное использование предложенного метода при работе с хранением и обработкой маркшейдерской информации в горно-графической документации и при определении объемов горных работ;

введено понятие «сегменты цифровых моделей», от которых зависит точность определения высот создаваемых моделей открытых горных выработок;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны линейная зависимость среднеквадратической погрешности определения высоты в сегменте от его размеров, а также вид распределения ошибки аппроксимации;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс методик, включающих в себя метод наименьших квадратов, методы математической статистики и цифрового анализа;

изложены методические подходы к созданию цифровых моделей открытых горных выработок по неразрезанному облаку точек путем обобщения информации, полученной в результате маркшейдерских фотограмметрических съемок с применением беспилотных летательных аппаратов;

раскрыты новые возможности применения сегментированного подхода при создании цифровых моделей открытых горных выработок, относящиеся к линейным размерам сетки деления на сегменты, зависящие от пересеченности рельефа объекта фотограмметрической съемки;

изучены структуры баз данных в совокупности со средствами программирования в вопросах создания цифровой горно-графической документации;

проведена модернизация существующего подхода к созданию цифровых моделей открытых горных выработок по результатам аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов, позволяющая за счет обобщениякратно снизить количество информации, обязательной для хранения в маркшейдерских отделах предприятий;

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

разработан и внедрен алгоритм создания цифровых моделей в маркшейдерском отделе ООО «Карьерпроект», г. Санкт-Петербург, что подтверждается актом внедрения от 23.05.2023 г., утвержденным генеральным директором ООО «Карьерпроект» Музыкиным М.Г.;

определены преимущества предлагаемого способа описания высоты GRID-моделей при сравнении с существующими способами в части полного учёта исходных данных и экономии объема получаемой информации;

созданы рекомендации по планированию аэрофотосъёмочных маркшейдерских работ на открытых горных работах, базирующихся на прогнозируемых среднеквадратических ошибках высоты цифровой модели объекта съёмки;

представлено применение предлагаемого способа формирования цифровых моделей к определению высотного положения бровок уступов на открытых горных работах, а также к использованию предлагаемых моделей в качестве основы для создания топографических карт и планов с отображением на них рельефа местности;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ продемонстрировано соответствие результатов исследований точности по высоте техническим и технологическим задачам;

теория построена на фундаментальных принципах в области математической статистики и согласуется с опубликованными результатами экспериментальных исследований по теме диссертации;

идея базируется на развитии метода создания цифровых моделей равной дискретности вследствие применения метода наименьших квадратов для определения высоты;

использован принцип сравнения полученных в ходе диссертационного исследования данных с материалами научных исследований по теме диссертации;

установлено влияние размера сетки сегментирования и пересеченности рельефа на итоговую точность дискретной модели;

использованы современные методы анализа, включающие математическую статистику и программирование баз данных, позволяющие оценивать точность аппроксимации высоты облаков точек полиномами первого порядка

Личный вклад соискателя состоит в участии на всех этапах диссертационного исследования: при формулировании и постановке цели, задач диссертационной работы; разработке метода создания цифровых моделей по облакам точек, полученных в ходе маркшейдерских дистанционных съёмок открытых горных выработок; создании программы по расчету аппроксимации сегментов облака точек на основе полинома первого порядка с использованием языка программирования Python; выполнении вычислительных экспериментов

для определения корректности работы применяемых методов; написании и оформлении научных статей; апробации исследований, проведенных в рамках диссертационной работы на научных конференциях.

В ходе защиты диссертации соискателю не было высказано критических замечаний.

Соискатель Сухов А. К. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 26 июня 2024 г. диссертационный совет ГУ.8 принял решение присудить **Сухову А. К.** ученую степень кандидата технических наук за решение научно-практической задачи разработки способа построения цифровой модели открытых горных выработок по результатам фотограмметрических маркшейдерских съемок с беспилотного воздушного судна путем ее сегментации и определения аппроксимирующей плоскости, имеющей значение для развития маркшейдерского дела.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 4 доктора наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

26.06.2024 г.



Мустафин
Мурат Газизович

Кузин
Антон Александрович