

## ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук

Аникеевой Ирины Александровны на диссертацию

Дедковой Валерии Вячеславовны

«Совершенствование методики обработки материалов аэрофотосъемки с беспилотного воздушного судна для трехмерного моделирования территорий», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.19 – Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия

### *Актуальность темы исследований*

Беспилотные воздушные суда (далее – БВС) уже давно находят своё применение для решения задач топографии и в последнее время приобретают всё большую популярность. По материалам аэрофотосъёмки, получаемым с помощью БВС, создаётся широкий спектр геопространственных данных – от простых ортофотопланов до топографических карт и высокоточных трёхмерных моделей местности, рельефа или отдельных объектов. Наряду с развитием беспилотных технологий аэросъёмки, трёхмерные модели местности находят всё большее применение для решения широкого круга прикладных задач. Вместе с тем проблема разработки технологических решений для процессов съёмки и обработки материалов, получаемых с БВС в целях создания трёхмерных моделей местности, а также нормативного регулирования получаемых результатов для обеспечения качества решения с их помощью задач, становится особенно актуальной. Это обуславливает несомненную актуальность диссертационного исследования В.В. Дедковой.

### *Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций*

Все выводы и результаты представленного диссертационного исследования являются математически обоснованными и достоверными.

Состоятельность выдвинутых автором предложений проверена и подтверждена в ходе ряда практических экспериментов на основе численных методов, макетных и производственных аэроснимков, цель которых состояла в проверке предлагаемых технологических решений по совершенствованию методики обработки материалов аэрофотосъемки с БВС для создания трёхмерных моделей местности. Всесторонний анализ полученных результатов экспериментов показал эффективность применения предложенных методик компенсации приращений элементов внешнего ориентирования и скорости

ВИА 01.05/2/57  
ИТА 02.12.2022

носителя, а также фототриангуляции с учётом влияния штормно-щелевого затвора и угловых вращений.

*Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций*

Результаты выполненных исследований и основные положения диссертации были представлены на международных и всероссийских научно-практических конференциях. По теме исследований опубликовано 8 научных работ, включая 3 статьи в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных журналов, рекомендуемых ВАК.

*Научная новизна* заключается в разработке методики учета искажений, вызванных влиянием штормно-щелевого затвора при выполнении аэрофотосъемки с БВС неметрическими камерами, а также в усовершенствовании методики фотограмметрической обработки полученных материалов за счёт уравнивания сети фототриангуляции с учётом компенсации искажений изображения специализированными программными средствами.

*Теоретическая и практическая значимость исследований*

Результатом исследования является усовершенствованная методика обработки материалов аэрофотосъемки с БВС для создания высокоточных метрических трёхмерных моделей местности. Практическая значимость работы состоит в усовершенствовании технологической цепочки трёхмерного моделирования за счёт программно-аппаратной компенсации приращений элементов внешнего ориентирования и скорости носителя на этапе выполнения полёта и программного учёта влияния штормно-щелевого затвора и угловых вращений камеры на этапе фотограмметрической обработки при построении сети фототриангуляции.

Диссертационная работа В.В. Дедковой состоит из введения, трёх разделов, заключения, списка литературы и четырёх приложений. Общий объём диссертации составляет 137 страниц. Текст работы оформлен в соответствии с требованиями нормативно-технической документации, хорошо иллюстрирован.

Автореферат выполнен в соответствии с установленными требованиями и полностью отражает основное содержание диссертации и полученные в ней результаты.

*К работе имеются следующие замечания и рекомендации:*

1. Введение, стр. 5-6. «К проблемам внедрения и уверенного использования БВС в аэрофотосъемке относятся:
  - отсутствие детально проработанных технологических и методических решений по выполнению съемки с БВС;
  - недостаток стандартизированных подходов в последующей обработке

результатов съемки».

Остается не ясным, в чём конкретно состоит недостаток имеющихся стандартизованных подходов. В списке литературы есть ссылка на ГОСТ Р 59328-2021. «Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования», который регламентирует технологию выполнения аэрофотосъёмочных работ, в том числе с БВС. Также в работе не рассмотрены и не учтены ГОСТ Р 59562-2021 «Съемка аэрофототопографическая. Технические требования» и ГОСТ Р 58854-2020 «Фотограмметрия. Требования к созданию ориентированных аэроснимков для построения стереомоделей застроенных территорий.» Данные нормативные документы посвящены обработке, в том числе, материалов аэросъёмки с БВС.

## 2. Раздел 1. Анализ применения беспилотных воздушных судов в фотограмметрии и трехмерном моделировании.

2.1.Стр. 23. «В технической документации, прилагаемой к цифровым неметрическим камерам, отсутствует информация об элементах внутреннего ориентирования и параметрах дисторсии объектива. Поэтому для того, чтобы камера могла использоваться для аэрофотосъемки, необходимо прибегать к фотограмметрической калибровке цифровой камеры с целью определения искомых значений.»

Неметрическими камеры являются не только потому, что не известны их элементы внутреннего ориентирования, а также потому, что они не обладают необходимой жёсткостью конструкции. Целесообразность лабораторной калибровки неметрических камер вызывает сомнение, поскольку из-за отличия условий калибровки от условий, при которых выполняется аэросъёмка (температура, давление, влажность, пр.) элементы внутреннего ориентирования будут меняться. Обработка снимков, полученных неметрическими камерами, как правило, производится в режиме самокалибровки, когда элементы внутреннего ориентирования включаются в процесс уравнивания в качестве неизвестных.

2.2.Стр. 26. «На аппаратном уровне снизить негативное влияние шторно-щелевого затвора на качество материалов аэрофотосъемки можно за счет установки на БВС гиростабилизированной платформы (гироплатформы).»

Шторно-щелевой затвор вызывает специфичные искажения изображения и применение гиросплатформы не позволяет их убрать. Она, как справедливо отмечено далее, лишь позволяет скомпенсировать углы наклона ВС (курс, крен, тангаж) и вибрацию.

2.3.Стр. 28. «При наличии EXIF-информации определяются соответственные

на снимках пиксели.»

EXIF – это стандарт, позволяющий добавлять к изображениям дополнительную информацию (метаданные), комментирующую этот файл, описывающий условия и способы его получения. Каким образом наличие или отсутствие EXIF-информации влияет на определение соответственных точек на снимках остаётся не ясным.

### 3. Раздел 2. Разработка усовершенствованной методики фотограмметрической обработки материалов аэрофотосъёмки с беспилотного воздушного судна.

3.1.Стр. 60. «Далее была проведена фотограмметрическая обработка данного участка аэрофотосъёмки в ПО Agisoft Metashape. Обработка проводилась с целью проверки функции компенсации влияния шторно-щелевого затвора.» Из контекста понятно, что обработка производится для небольшого участка (рис. 26) с наибольшим изменением скорости БВС. Притом отсутствует описание этого участка – его площадь, количества маршрутов и количества снимков на нём, которые были приняты в обработку.

3.2.Стр. 62-63. «Анализ данных позволил установить, что применение программных алгоритмов компенсации влияния шторно-щелевых затворов влияет на точность уравнивания сети пространственной фототриангуляции. Применение двух моделей компенсации показывает повышение точности определения планового положения координат опорных точек в среднем на 20 %.»

Вывод по таблице 6 весьма неоднозначный... На опорных точках точность улучшилась, а на контрольных в плане произошло ухудшение. Это может говорить о том, что решение программы «натягивает» ортофотоплан на опорные точки. Притом если точность в плане в областях «вне опорных точек» была хуже приблизительно в 4 раза, чем на опорных точках (СКП ХУ), то компенсация влияния шторно-щелевого затвора без учёта угловых вращений ухудшила точность в 8 раз вне опорных точек, а с учётом угловых вращений почти в 12.

Не ясна технология подсчёта процента повышения точности определения планового положения координат опорных и контрольных точек (20%). При попытке воспроизвести расчёт по данным из таблицы 6 указанного процента получить не удалось.

3.3.Стр. 74. Рисунок 37 – схема усовершенствованной методики обработки материалов аэрофотосъёмки с беспилотных воздушных судов для трехмерного моделирования территорий. Из рисунка не понятно, в чём именно состоит усовершенствование: на каком этапе выполняется

компенсация приращений элементов внешнего ориентирования и скорости носителя, где выполняется фототриангуляция с учётом влияния штормо-целевого затвора и угловых вращений? Далее из текста это становится понятно, но по схеме понять невозможно. Необходимо пояснять хотя бы в подрисуночной подписи, что цветом выделены этапы, на которых произведено усовершенствование.

Несмотря на указанные замечания, работа оставляет хорошее впечатление и заслуживает положительной оценки. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новые подходы к решению задачи создания высокоточных трёхмерных моделей местности по аэрофотоснимкам, получаемым БВС, оснащёнными неметрическими камерами, и соответствует критериям п. 9 «Положение о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор Дедкова Валерия Вячеславовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.19. Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия.

Учитывая изложенное выше, считаю, что Дедкова Валерия Вячеславовна заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 1.6.19 – Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия.

Официальный оппонент,  
канд. техн. наук,  
начальник отдела  
аэросъёмочных работ

Аникеева Ирина Александровна

28.11.2022

Подпись Аникеевой И.А. заверяю:  
заместитель генерального директора  
по производству



Е.Г. Мазильникова

Информация об оппоненте:

Организация: Общество с ограниченной ответственностью «Сигма Метрикс»  
(ООО «Сигма Метрикс»)

Структурное подразделение: отдел аэросъёмочных работ

Должность: начальник отдела

Почтовый адрес: 105064, г. Москва, ул. Земляной Вал, д.34А, стр.1

Телефон: +7 (495) 917-73-30

Электронный адрес: info@sigmamatrix.ru, irina.anikeeva@sigmamatrix.ru

Шифр и наименование специальности, по которой защищена диссертация  
оппонента: 1.6.19 – Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия