

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Захлебина Александра Сергеевича

"Повышение точности построения ортофотоплана местности по видеоданным с беспилотного летательного аппарата",

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.6. – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы

В настоящее время активно развивается отрасль беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с бортовыми видеокамерами, а также программное обеспечение для обработки результатов авиационных работ. Полученные материалы используются в различных сферах деятельности человека, например, кадастр, дорожное строительство, маркшейдерское дело, лесная промышленность и т.д. В связи с этим, тема диссертационной работы, связанная с методиками повышения точности построения ортофотопланов местности по видеоданным с БПЛА, является весьма **актуальной**.

Актуальность выполненного исследования связана с тем, что при сложных условиях проведения аэрофотосъемок изображения подвергаются различным искажениям, которые в свою очередь приводят к ухудшению точности географической привязки ортофотоплана к заданной системе координат. Разработка методик и способов повышения точности построения ортофотопланов местности позволяет добиться требуемых результатов по точности без необходимости повторного проведения авиационных работ.

Общая характеристика работы

Работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 114 наименований, и приложений с актами внедрения результатов работы соискателя и свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ. Объем диссертации с приложениями 139 с., 96 рисунков, 28 таблиц.

Во **введении** определены цель работы и задачи, подлежащие исследованию, представлена научная новизна и положения, выносимые на защиту, показана актуальность работы и личный вклад автора.

В **первом разделе** приведен аналитический обзор литературы по теме диссертационного исследования, описаны методы проведения авиационных съемок с помощью БПЛА и обработки полученных материалов, сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во **втором разделе** рассмотрена разработанная соискателем методика проведения подготовительных и авиационных работ на БПЛА, содержащая рекомендации по расположению контрольных точек на местности, составления полетного задания, по контролю параметров фотографирования во время полета БПЛА, а также верификации полученного материала.

В **третьем разделе** рассмотрена разработанная соискателем комбинированная методика камеральной обработки результатов фотосъемки,

полученных с помощью БПЛА по точным центрам фотографирования совместно с контрольными точками на местности, в случае, когда геодезический приемник на борту БПЛА принимает искаженный сигнал от спутниковых систем. В работе представлены результаты построения ортофотоплана местности по разработанной методике.

В **четвертом разделе** представлен способ определения функции рассеяния точки (ФРТ) по априорной информации для изображений с БПЛА, полученных при больших временах экспозиции кадров (1/25 с и более). Способ позволил увеличить отношение между яркостью объекта интереса и СКО яркости фона в 2 раза. Представлены результаты разработанной соискателем методики восстановления искусственно искаженных и реальных изображений с использованием ФРТ. Приведены результаты построения ортофотоплана местности по восстановленным изображениям, а также оценена точность его географической привязки.

В **пятом разделе** приведены результаты экспериментального использования разработанных методик и способа построения ортофотопланов местности.

В **приложениях** содержатся акты внедрения результатов диссертационной работы, свидетельство о регистрации программы для ЭВМ и свидетельства о метрологической поверке используемого в экспериментах оборудования.

Научная новизна работы заключается в следующем.

1. Разработана методика построения ортофотоплана местности, отличающаяся совместным использованием контрольных точек и центров фотографирования.

2. Разработан способ определения функции рассеяния точки изображений с БПЛА, искаженных смазом, отличающийся использованием информации о параметрах полета и характеристиках видеокамеры.

3. Разработана методика компенсации смаза на изображениях с БПЛА, отличающаяся использованием полученной функции рассеяния точки, вычисленной с учетом априорной информации.

Научные положения обоснованы результатами исследований, представленными в диссертационной работе.

Научная значимость диссертации связана с тем, что в ней представлено решение проблемы построения ортофотопланов местности по изображениям с БПЛА, полученных в сложных условиях наблюдения.

Достоверность результатов диссертационной работы основывается на результатах моделирования и применения результатов на практике с использованием сертифицированного оборудования.

По результатам исследований опубликовано 10 работ: 2 статьи в журналах из перечня ВАК, 2 статьи в журналах, индексируемых Scopus и WoS, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 5 материалов докладов в трудах международных конференций.

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенные методики и способ позволяют строить ортофотопланы

местности по изображениям с БПЛА, искаженных смазом. Они позволяют повышать контраст объектов интереса на ортофотоплане местности и географическую точность ортофотоплана, построенного по восстановленным изображениям.

В качестве положительного момента диссертационной работы следует отметить большой объем представленного в ней экспериментального материала.

Автореферат диссертации написан и оформлен в соответствии с требованиями ВАК Минобрнауки России и полностью отражает содержание диссертационной работы.

Замечания по диссертационной работе

Следует отметить некоторые недостатки диссертационной работы.

1. В 3-м защищаемом положении следовало бы уточнить "учет какой **априорной информации** повышает точность построения ортофотоплана местности"?

2. В разделе 1 работы следовало бы более детально рассмотреть базовую географическую систему координат и систему координат, связанную с БПЛА и видеокамерой, размещенной на ней. Это касается рисунков 1.6 и 1.7. На рис. 1.7 не все обозначения расшифрованы в тексте.

3. В разделе 2 работы даны рекомендации по расположению контрольных точек на местности (квадрат 250×250 м), но нет обоснования рекомендаций по их пространственному расположению. Не приведена оценка влияния размеров (диаметра) контрольной точки – 10÷15 см на определение точной привязки ее местоположения.

4. В подразделе 2.7 (стр. 43) не понятно последнее предложение "... итоговый результат подсчета отличается от традиционного метода маркшейдерской съемки на 0,57 %.". Подсчета чего? По какому параметру результат подсчета отличается на 0,57 %?

5. Рис. 2.13 (стр. 43 диссертации) и рис. 2.2 автореферата требуют пояснения, какие физические величины изображены по оси ординат, и какая физическая величина изображена по оси абсцисс? В тексте под рисунком не даны пояснения.

6. В разделе 4 отсутствуют пояснения к блок-схемам, используемым в работе методов восстановления изображений.

7. Не проведена оценка влияния метеоусловий – видимости на результаты съемки (контраст объекта видеосъемки).

8. По оформлению работы:

8.1. Целесообразно было бы математические соотношения (4.1)÷(4.4), представленные в разделе 4 на стр. 58, которые связывают размеры пикселя, скорость полета и другие параметры аэрофотосъемки, привести в разделе 1, чтобы пояснить сущность решаемой проблемы при аэрофотосъемке с борта БПЛА.

8.2. В тексте диссертации отсутствуют достаточные пояснения к рисункам 2.13, 4.2, а также к графикам, представленным на рис. 4.5, 4.7, 4.10,

4.13, 4.16, 4.18 (отсутствуют обозначения физических величин, отложенных по осям координат).

8.3. Имеются опечатки в тексте диссертации (стр. 57) и автореферата (стр. 13) – "карда" вместо "кадра". На стр. 13 диссертации дана ссылка [0-5].

Отмеченные недостатки не снижают ценности выполненной диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Захлебина А.С. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена задача повышения точности построения ортофотопланов местности по видеосъемкам, сделанным с борта БПЛА. Результаты диссертации достоверны, обоснованы и опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Выводы и рекомендации обоснованы.

Содержание диссертации соответствует пп. 6 и 12 направлений исследований паспорта специальности 2.2.6 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

Диссертационная работа соответствует требованиям пп. 9 и 10 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, в редакции от 26.09.2022), а ее автор **Захлебин Александр Сергеевич** заслуживает присуждения **ученой степени кандидата технических наук** по специальности 2.2.6 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

Официальный оппонент

доктор технических наук по специальности 05.11.07,
профессор, главный научный сотрудник
лаборатории экологического приборостроения
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института мониторинга климатических и экологических систем
Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН),
Сл.т. (3833) 492-249;
е-м: tikhomirov@imces.ru

Александр Алексеевич Тихомиров
«06» декабря 2022 г.

