

Научная статья

УДК 528.71

EDN ZHUGDK

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0600-2-10-16>

**О возможности применения фотограмметрических методов
при обработке данных с БПЛА на залесенных объектах**

Наталья Викторовна Бельмач¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Юрий Геннадьевич Аверьянов², руководитель организации

¹ Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

² Геодезическая организация «ИП Аверьянов»

¹ belmachnatalya@maul.ru

Аннотация. В статье представлен процесс обработки результатов аэрофотосъемки с БПЛА. Изучены особенности дешифрирования залесенной местности. В результате съемки создана облаком точек трехмерная модель изучаемой местности и указана точность полученных измерений.

Ключевые слова: аэрофотосъемка, беспилотные летательные аппараты, точность, картографирование, земли лесного фонда

Для цитирования: Бельмач Н. В., Аверьянов Ю. Г. О возможности применения фотограмметрических методов при обработке данных с БПЛА на залесенных объектах // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 16–17 апреля 2025 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2025. С. 10–16.

Original article

**On the possibility of using photogrammetric methods
in processing data from UAVs on wooded objects**

Natalia V. Belmach¹, Candidate of Agricultural Sciences

Yuri G. Averyanov², Head of the organization

¹ Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

² Geodetic organization "IP Averyanov"

¹ belmachnatalya@maul.ru

Abstract. The article presents the process of processing the results of aerial photography from UAVs. The features of decoding a wooded area have been studied. As a result of the survey, a three-dimensional model of the area under study was created using a point cloud and the accuracy of the measurements was indicated.

Keywords: aerial photography, unmanned aerial vehicles, precision, mapping, forest lands

For citation: Belmach N. V., Averyanov Yu. G. On the possibility of using photogrammetric methods in processing data from UAVs on wooded objects. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 10–16), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2025 (in Russ.).

Введение. Сегодня дистанционные методы исследования территорий приобретают все большее значение. Аэрофотосъемка с использованием малых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) стала одним из ключевых инструментов получения пространственных данных для различных отраслей: от строительства и геодезии до экологического мониторинга и землеустройства.

При обработке материалов аэрофотосъемки одним из важнейших этапов является работа с облаком точек – трехмерной моделью объекта или территории, полученной в результате фотограмметрической обработки. Качество конечного результата, а именно, актуального ортофотоплана и цифровой модели местности или рельефа, во многом зависит от корректной и эффективной фильтрации плотного облака точек.

Создание плотного облака точек на открытых техногенных территориях, таких как карьеры и строительные площадки, существенно отличается по сложности от работы на залесенной местности. На открытых участках процесс формирования точной трехмерной модели происходит более эффективно благодаря отсутствию естественных препятствий в виде древесного покрова [1].

В то же время работа в залесенных территориях представляет собой более сложную задачу. Кроны деревьев создают существенные препятствия для формирования надежных соответствий между изображениями, что приводит к появлению пустот в облаке точек и искажению геометрии поверхности. Требуется применение специальных алгоритмов и методик обработки для получения достоверных результатов.

Материалы и методика исследований. Объектом исследований является земельный участок с видом пользования «геологическое изучение, включающее поиск и оценку месторождений полезных ископаемых» в Архаринском муниципальном округе Амурской области.

Согласно утвержденному проекту на геологическое изучение участка недр, предприятию следует провести топографическую съемку участка с привязкой на местности геологических выработок (устьев буровых скважин). Участок находится на землях лесного фонда и достаточно плотно покрыт смешанным лесом, преимущественно березой и дубом.

Задача состояла в проведении топографической съемки участка недр с контурной съемкой шириной 200 м и подготовке актуального топографического плана масштабом 1:1 000 в системе координат МСК-28 (зона 4) и Балтийской системе высот. Общая площадь съемки 27 га. Работы проводились поздней осенью в октябре 2024 г. (до выпадения снега).

В качестве рабочего геодезического обоснования был выбран репер «т-2», заложенный ранее на соседнем действующем карьере. Инструментарий состоял из БПЛА DJI Mavic 3 Enterprise + DJI RTK, а также базовой станции GNSS SOUTH G3, GNSS ровером SOUTH G3. Оборудование на момент съемки прошло первичную поверку и пригодно к проведению работ. Вещание дифференциальных поправок в эфир производилось по протоколу FarLink для ровера и по Wi-Fi для работы БПЛА.

Полетное задание было составлено в полетном контроллере DJI RC Pro в программе DJI Pilot 2. Высота полета – 100 м. Продольное перекрытие снимком – 80 %, поперечное – 70 %. Время выполнения полетного задания – около 15 минут. Результат полета – 560 снимков с точными центрами фотографирования, файлы синхронизации момента времени съемки и их координат.

В рамках полевого контроля была проведена топографическая съемка традиционным способом с помощью GNSS ровера в режиме RTK с приемом

поправок от базовой станции на известной точке по протоколу FarLink. Было набрано порядка 160 пикетов с различной открытостью небосвода, как под деревьями, так и на свободной от растительности участках.

Камеральная обработка полевых измерений проходила в несколько этапов. В первую очередь проводилась фотограмметрическая обработка снимков БПЛА. В программный комплекс Agisoft Metashape были загружены все снимки, полученные во время работы по полетному заданию. После преобразования координат в систему МСК был запущен процесс выравнивания снимков и получения плотного облака точек. Контроль корректности преобразования был проведен по проекции фактически снятой точки взлета с вычисленным местом на снимках. 3D-ошибка составила 35 мм (при 34 мм по высоте).

Результаты исследований. В качестве результата обработки было получено исходное, состоящее из 38 миллионов, облако точек (рис. 1).



Рисунок 1 – Исходное облако точек

Качественный результат будет лишь на техногенной части участка работ, обработка залесенных участков затруднительна. Требуется анализ и фильтра-

ция полученного облака, для чего необходимо избавиться от шумов в виде высокой и низкой растительности. Встроенные в Metashape алгоритмы классификации плотного облака неплохо работают в городской черте, на стройплощадке. Работа с растительностью разной степени плотности крайне неудовлетворительна. Система пока не может однозначно распознать – дерево это или столб; требуется дальнейшая кропотливая камеральная ручная работа [2]. Ни о какой эффективности в таком случае говорить не приходится. Поэтому применим другой способ фильтрации плотного облака, представляющий фильтрацию по достоверности.

При смене отображения плотного облака с цвета точки на цвет по достоверности можно увидеть следующий результат (рис. 2).

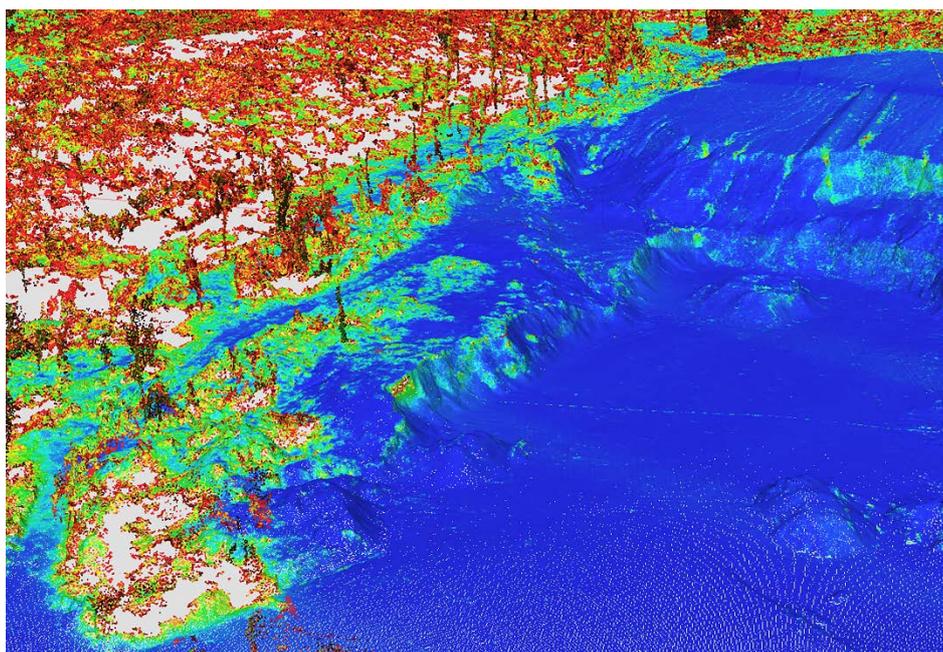


Рисунок 2 – Исходное облако с цветами достоверности

Отфильтровав исходное облако по достоверности и удалив недостоверные и сомнительные точки, получим отфильтрованное облако точек – достоверное облако точек. Количество точек в облаке уменьшилось до 11,7 миллиона. Подготовив из него достоверную карту высот (не интерполируя ячейки), перейдем для анализа в картографическую среду ESRI ArcGIS 10.4.

Импортируя в ArcGIS ортофотоплан, достоверную карту высот, полевые измерения ровером, получим набор данных, где пунктирной линией обозначен объект исследования; голубым – маска достоверной карты высот; красные точки – точки полевого контроля; зеленые точки – точки полевого контроля на маске достоверной карты высот.

Выбирая для статистического анализа только те полевые пикеты, которые могут быть спроецированы на достоверную карту высот, получим набор, состоящий из 58 точек. Вычислив отметку с достоверной карты высот, можно вычислить разницу (dZ) между отметками полевого контроля и отметками достоверной карты высот. В результате статистики по разностям высот, получаем диапазон значений от минус 0,051 до 0,090 м; среднее значение составляет 0,004 м при среднеквадратичном отклонении в 0,031 м.

Заключение. Таким образом, данных, полученных только при помощи БПЛА, достаточно для построения карты высот и в дальнейшем цифровой модели рельефа. Проблема лишь в том, что маска достоверной карты высот не полностью покрывает объект исследования. Белые пятна на маске показывают, что БПЛА не может получить достоверные данные о высоте рельефа. Но если инвертировать полученный результат, то окажется что объект исследования не нужно снимать весь, а достаточно лишь натурно обойти и снять ровером часть от общей территории [3].

Проводя вначале полевых работ запуск БПЛА, обработку фотограмметрических данных можно сократить площадь полевых работ.

Данный метод работ целесообразно применять до проведения натуральных измерений. Он позволит получить достоверную карту высот на слабо залесенную территорию, выявить полигон натуральных полевых работ, которые можно закатать в полевой контроллер ровера и работать только в этом полигоне.

Использовать только фотограмметрические данные в залесенной территории нельзя. Применение БПЛА может только сократить площадь полевых

работ. Также следует отметить, что подобные работы следует проводить либо весной, либо осенью, когда нет снега и высокой травы. В противном случае мы не получим отметки рельефа.

Список источников

1. Галата К. О., Никонов Н. Г., Папилина А. Е. Применение беспилотных летательных аппаратов в геодезии и картографии // Вестник науки. 2025. Т. 4. № 1 (82). С. 983–987.
2. Хороших Е. Г., Олзоев Б. Н. Дистанционное зондирование с БПЛА и их применение в картографировании лесных земель Иркутской области // Приднепровский научный вестник. 2018. Т. 1. № 2. С. 24–27.
3. Костишин М. О., Жаринов И. О., Жаринов О. О. Оценка точности визуализации местоположения объекта в геоинформационных системах и системах индикации навигационных комплексов пилотируемых летательных аппаратов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. № 1 (89). С. 87–93.

References

1. Galata K. O., Nikonov N. G., Papilina A. E. The use of unmanned aerial vehicles in geodesy and cartography. *Vestnik nauki*, 2025;4;1(82):983–987 (in Russ.).
2. Khoroshikh E. G., Olzoev B. N. Remote sensing from UAVs and their application in mapping forest lands of the Irkutsk region. *Pridneprovskii nauchnyi vestnik*, 2018;1;2:24–27 (in Russ.).
3. Kostishin M. O., Zharinov I. O., Zharinov O. O. Evaluation of the accuracy of object location visualization in geoinformation systems and display systems of navigation complexes of manned aircraft. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2014;1(89):87–93 (in Russ.).

© Бельмач Н. В., Аверьянов Ю. Г., 2025

Статья поступила в редакцию 04.04.2025; одобрена после рецензирования 12.05.2025; принята к публикации 03.06.2025.

The article was submitted 04.04.2025; approved after reviewing 12.05.2025; accepted for publication 03.06.2025.