

УДК: 528.7

DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-430-440

О.Г. Щукина¹, А.С. Рузиев², М.З. Эргашев³

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА GEOSCAN 201 ДЛЯ СЪЕМКИ ЛИНЕЙНОГО ОБЪЕКТА ТРАССЫ ХИВА – УРГЕНЧ

АННОТАЦИЯ

Целью данной работы является выполнение линейной аэрофотосъемки трассы Хива – Ургенч с использованием БПЛА Geoscan 210, по результатам которой будут созданы ортофотопланы в масштабе 1:1 000, необходимые для проектирования велосипедных и тротуарных дорожек вдоль данной трассы. Геодезисты отдела прикладной геодезии УзГАШКЛИТИ выполнили на данном объекте полевую планово-высотную привязку. Было определено 48 опорных точек. В качестве опорных точек выбирались характерные твердые контуры вдоль трассы. Привязка опорных точек выполнялась с исходных пунктов ГГС, с применением спутниковых приемников (SN 5242498595, 5243499034, 4827155394) в режиме RTK радиальным способом, методом калибровки на местности. Площадь покрытия составила 17,4 км². Аэрофотосъемка выполнялась на высоте 211 м беспилотным летательным аппаратом Geoscan 201 в масштабе 1:500 цифровой камерой DSC_RXIR с фокусным расстоянием 35 мм. Продольное перекрытие аэрофотоснимков составило 70 %, а поперечное – 50 %. На данном объекте было выполнено 4 аэромаршрута, базис фотографирования составил 42 м. Количество аэрофотоснимков на объекте составило 3 868 штук, а ширина покрытия аэрофотосъемки составила 300 м. Обработка беспилотной аэрофотосъемки и построение ортофотопланов на данную трассу Хива – Ургенч выполнялись в программном комплексе Agisoft Metashape. Снимки и их EXIF файлы были привязаны путем выполнения полевой обработки с помощью программы Geoscan Planner. Перед началом полевых работ приемник GNSS (Trimble R6) был установлен в известной точке на местности и запущен в статическом режиме (10 Гц). На борту самолета установлен приемник GNSS (Topcon), работающий в быстром статическом режиме (10 Гц). Данные GNSS на местности и на борту самолета уравниваются. Координаты центров снимков вычисляются по данным GNSS приемника базовой станции с помощью ПО MAGNET Tools. Затем данные импортируются в ПО Agisoft Metashape для автоматической обработки. При этом координаты центров снимков пересчитывались из системы WGS-84 в систему СК-42 (Пулково 1942), принятую в нашей стране. После этого выполнялся процесс оптимизации и выравнивания аэрофотоснимков. Затем, чтобы получить высокое качество изображения, ортофотопланы строились по карте высот, построенной на основе плотного облака точек. Результатом выполненной работы являются ортофотопланы на трассу Хива – Ургенч, по которым будет проектироваться расположение велосипедных и тротуарных дорожек.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цифровые методы, цифровые аэрокамеры, беспилотные летательные аппараты, ортофотоплан, пункты ГГС, спутниковые приемники

¹ Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, кафедра Геодезии и геоинформатики, ул. Университетская, д. 4, 100174, Ташкент, Узбекистан, *e-mail*: Olga.Shuka_53@mail.ru

² Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, кафедра Геодезии и геоинформатики, ул. Университетская, д. 4, 100174, Ташкент, Узбекистан, *e-mail*: azizjon.ruziev84@gmail.com

³ Государственный проектный научно-исследовательский институт инженерных изысканий в строительстве, геоинформатики и градостроительного кадастра - «O'zGASHKLITI», ул. Катартал, д. 38, 100096, Ташкент, Узбекистан, *e-mail*: mansur.ergashev.1990@mail.ru

Olga G. Shukina¹, Azizjon S. Ruziev², Mansur Z. Ergashev³

USE OF UAV GEOSCAN 201 FOR SURVEYING A LINEAR OBJECT OF THE KHIVA – URGENCH HIGHWAY

ABSTRACT

The aim of this work is to perform a linear aerial survey of the Khiva – Urgench highway using the Geoscan 210 UAV, the results of which will create orthophotomaps at a scale of 1:1 000, which are necessary for designing bicycle and sidewalk paths along this route. Surveyors of the Applied Geodesy Department of UZGASHKLITI performed a field planned-altitude reference at this object. 48 control points were determined. Characteristic solid contours along the route were chosen as reference points. The binding of control points was carried out from the starting points of the State Geodetic Networks, using satellite receivers (SN 5242498595, 5243499034, 4827155394) in the RTK mode in a radial way, by the calibration method on the ground. The coverage area was 17.4 sq. km. Aerial photography was carried out at a height of 211 m by a Geoscan 201 unmanned aerial vehicle at a scale of 1:500 with a DSC_RXIR digital camera with a focal length of 35 mm. Forward overlap of aerial photographs was 70 %, and lateral – 50 %. 4 aerial routes were made at this facility, the photography basis was 42 m. The number of aerial photographs at the facility was 3 868 pieces, and the coverage of aerial photography was 300 m. The images and their EXIF files were georeferenced by performing field processing using the Geoscan Planner program. Before the start of field work, the GNSS receiver (Trimble R6) was installed at a known point on the ground and started in static mode (10 Hz). The aircraft has a GNSS receiver (Topcon) operating in fast static mode (10 Hz). The GNSS data on the ground and on board the aircraft are balanced. Image center coordinates are calculated from the base station GNSS receiver data using MAGNET Tools software. Then the data is imported into Agisoft Metashape software for automatic processing. In this case, the coordinates of the image centers were recalculated from the WGS-84 system into the SK-42 (Pulkovo 1942) system adopted in our country. The process of optimization and alignment of aerial photographs was carried out. After that, in order to obtain a high image quality, the orthophoto map was built using a height map built on the basis of a dense point cloud. The result of the work performed are orthophoto maps for the Khiva – Urgench highway, which will be used to design the location of bicycle and sidewalk paths.

KEYWORDS: digital methods, digital aerial cameras, unmanned aerial vehicles, orthophotomap, points of the Geodetic Net, satellite receivers

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время при создании карт, планов, ортофотопланов и их обновлении широко используются достижения современной цифровой фотограмметрии и аэрофото-топографии, развитие которых в значительной степени определяется прогрессом вычислительной техники, совершенствованием геодезического оборудования и соответствующего программного обеспечения. С появлением на рынке цифровой аэрофотосъемочной камеры и беспилотных летательных аппаратов, аэрофотосъемка получает название цифровой аэрофотосъемки [Щукина, 2021].

Беспилотники в наше время развиваются с удивительной скоростью, практически во всех сферах деятельности целесообразно применять беспилотные летательные аппараты (БПЛА).

¹ National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Department of Geodesy and Geoinformatics, University str., 4, 100174, Tashkent, Uzbekistan, *e-mail*: Olga.Shuka_53@mail.ru

² National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Department of Geodesy and Geoinformatics, University str., 4, 100174, Tashkent, Uzbekistan, *e-mail*: azizjon.ruziev84@gmail.com

³ State Project Research Institute of Engineering Surveys in Construction, Geoinformatics and Urban Cadastre – “O’zGASHKLITI”, Katartal str., 38, 100096, Tashkent, Uzbekistan, *e-mail*: mansur.ergashev.1990@mail.ru

Метод дистанционного картографирования при помощи БПЛА становится все более перспективным способом получения геодезической основы в градостроительных и кадастровых работах, в первую очередь для создания актуальных цифровых карт крупных масштабов и ортофотопланов.

Использование беспилотных летательных аппаратов для проведения аэрофотосъемки на сегодняшний день является весьма актуальным направлением развития методов сбора геопространственных данных.

На данный момент БПЛА применяются для решения различных задач, которые раньше решались с применением пилотируемых летательных аппаратов. Первые БПЛА были достаточно дорогими в эксплуатации, но с интенсивным скачком в развитии технологий стоимость эксплуатации БПЛА в подавляющем количестве случаев стала меньше, а их малая по сравнению с пилотируемыми летательными аппаратами себестоимость и отсутствие пилота на борту позволяют им нести большую полезную нагрузку и отправляться на задания, которые имеют риск потери летательного аппарата. Прогресс не стоит на месте, и на рынке стали появляться беспилотные системы, оснащенные автопилотом и бортовым компьютером, позволяющие решать сложные задачи в автономном режиме. Все приборы и элементы становятся все меньше и легче, а автоматизация геодезических и фотограмметрических работ все больше и больше оттесняет такое понятие как «работа в поле», т.е. от оператора требуется меньшее вмешательство в производственный процесс, вплоть до обработки полученной информации в специализированном программном обеспечении на персональном компьютере.

Стремительное развитие цифровой фотограмметрии за последнее время привело к пересмотру и внедрению инноваций в технологическую цепочку производства основных фотограмметрических продуктов [Shukina et al., 2022].

Цифровые аэрофотоаппараты заняли прочные позиции в ассортименте многих производителей. Использование таких камер не только удобно, но и экономически оправдано [Reulke, 2001].

Актуальность данной темы заключается в том, что еще несколько лет назад беспилотные авиационные системы использовались только в военной сфере из-за дороговизны и больших размеров вычислительного оборудования, сегодня используются повсеместно. Прогресс шагнул далеко вперед, размеры и стоимость компьютеров уменьшились, их производительность увеличилась, появился целый класс – микрокомпьютеры. Теперь можно создавать не просто радиоуправляемые недорогие БПЛА, но и БПЛА с полноценным компьютером на борту, который будет управлять им, либо выполняя команды, данные оператором, либо выполняя заранее загруженное полетное задание. Также беспилотные авиационные системы имеют неоспоримые преимущества перед пилотируемыми системами – отсутствие пилота, дешевизна и малые размеры, из-за чего они неминуемо шагнули в гражданский сектор.

Бурное развитие технологий неизбежно привело к переосмыслению концепций применения беспилотных аппаратов, путей дальнейшего научно-технического развития всего комплекса БПЛА, совершенствованию полезной нагрузки и приданию им многоцелевого характера [Булавицкий, 2016].

Использование БПЛА в Узбекистане является довольно актуальным направлением для проведения аэрофотосъемки различных линейных объектов, будь то автомобильные или железнодорожные дороги, трубопроводы, для мониторинга электромагистралей, и др. объектов.

Целью данной работы является показать использование БПЛА для съемки линейного объекта вдоль трассы Хива – Ургенч в масштабе 1:500 с целью проектирования велосипедных и тротуарных дорожек по ортофотопланам, которые будут созданы по снимкам данного залета.

На рис. 1 показан образец велосипедных и тротуарных дорожек, которые сегодня активно создаются вдоль автомобильных дорог Узбекистана.

На пути к достижению поставленной цели в работе будут рассмотрены следующие задачи: понятие и назначение беспилотных летательных аппаратов самолетного

типа; технология процесса линейной аэрофотосъемки с использованием беспилотного летательного аппарата Geoscan 201; особенности фотограмметрической обработки данных аэрофотосъемки, полученных с БПЛА Geoscan 201 с использованием программного комплекса Agisoft Metashape Professional.



*Рис. 1. Образец велосипедных и тротуарных дорожек
вдоль автомобильной трассы города Ташкента*

Fig. 1. A sample of bicycle and sidewalk paths along the highway of the city of Tashkent

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предпосылками применения БПЛА в качестве нового фотограмметрического инструмента являются недостатки двух традиционных способов получения данных ДЗЗ с помощью космических спутников (космическая съемка) и воздушных пилотируемых аппаратов (аэрофотосъемка) [Зинченко, 2011].

Сегодня на мировом пространстве все активнее находят свое применение в топографо-геодезическом производстве различные цифровые аэрофотосъемочные фотограмметрические системы, которые позволяют практически в автоматическом режиме выполнять комплекс фотограмметрических работ – от получения одиночного снимка до создания ортофотоплана. Цифровые фотограмметрические рабочие станции являются новой продукцией из фотограмметрических средств для вывода метрической и семантической информации и предназначены для формирования цифрового изображения сфотографированного объекта [Кацарский, 2006], например, ЦФС Photomod, которая в настоящее время успешно используется и в топографо-геодезическом производстве Узбекистана.

Начиная с 2017 года УзГАШКЛИТИ одной из первых организаций в Узбекистане [Материалы семинара, 2018] стала активно использовать цифровые методы создания топокарт и планов с помощью БПЛА для съемок территорий небольших по площади и узких по протяженности.¹

¹ «Применение технологий беспилотной аэрофотосъемки для решения градостроительных и кадастровых задач», 22-23.05.2018. Материалы семинара. Ташкент, Узбекистан, 2018.

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) – это летательный аппарат без экипажа на борту, использующий аэродинамический принцип создания подъемной силы с помощью фиксированного или вращающегося крыла (БПЛА самолетного и вертолетного типа), оснащенный двигателем и имеющий полезную нагрузку и продолжительность полета, достаточные для выполнения специальных задач [Зинченко, 2011].

«Геоскан 201» – это аэрофотосъемочный комплекс, включающий в себя беспилотное воздушное судно (БВС) типа «летающее крыло», пусковую установку и наземную станцию управления.

Аэрофотосъемочный комплекс «Геоскан 201» предназначен для получения геопривязанных фотографий отдельных объектов, площадной и линейной аэрофотосъемки.¹

Полученные с использованием комплекса материалы могут использоваться для:

- создания ортофотопланов масштаба 1:500 – 1:2 000;
- трехмерного моделирования участка местности;
- создания карт высот местности;
- вычисления объемов пород в карьерах и насыпных объектах;
- обследования состояния объектов инфраструктуры, дорожного полотна;
- инвентаризации лесов и посевов;
- оценки ущерба и планирования аварийно-спасательных работ; при ЧС, таких как наводнения, оползни и пожары.

В данной работе рассматривается линейная аэрофотосъемка в масштабе 1:500 трассы Хива – Ургенч (Хорезмская область, Узбекистан) (рис. 2) с использованием БПЛА Geoscan 201, вдоль которой будут создаваться ортофотопланы, для целей проектирования велосипедных и тротуарных дорожек вдоль трассы.

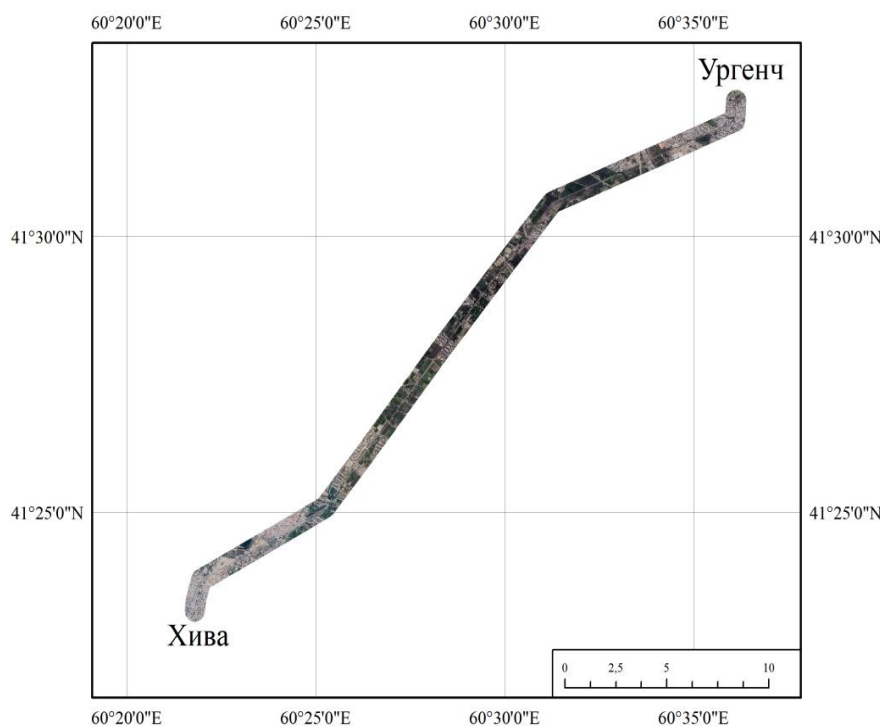


Рис. 2. Трасса Хива – Ургенч
Fig. 2. Highway Khiva – Urgench

Аэрофотозалет состоял из двух участков (рис. 3, 4), их данные приведены в таблице

¹ Сборка и эксплуатация комплекса «Геоскан 201». Электронный ресурс: <https://www.geoscan.aero/themes/geoscan/assets/products/tabs/201/manual/reference.html#id2> (дата обращения 17.03.2022)

Табл. 1. Характеристики каждого участка аэрофотосъемки
 Table 1. Specification of each surveying section

Показатели	Участки	
	1	2
Длина маршрута, км	87,7	86,8
Время в полете, мин	81	80
Длина линейной аэрофотосъемки, км	14,1	14

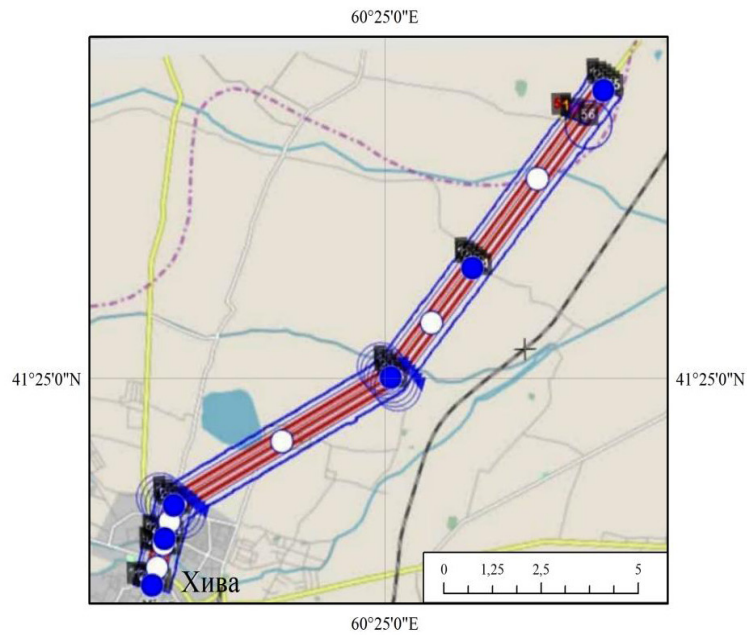


Рис. 3. Первый участок аэрозалеа
 Fig. 3. The first section of the airstrip

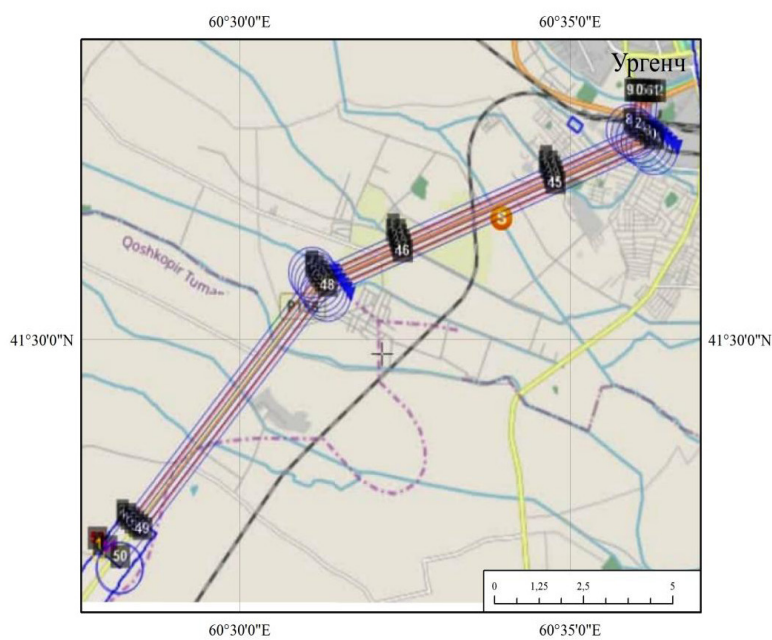
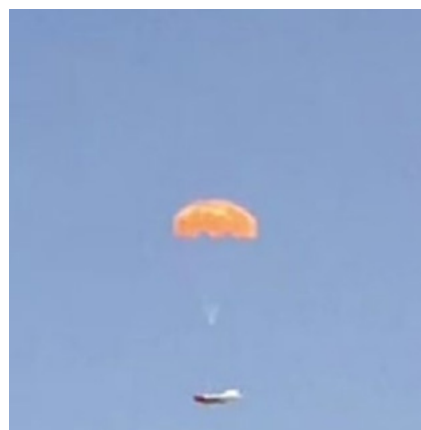


Рис. 4. Второй участок аэрозалеа
 Fig. 4. The second section of the airstrip

Площадь покрытия составила 17,4 кв. км. Аэрофотосъемка выполнялась на высоте 211 м беспилотным летательным аппаратом Geoscan 201 в масштабе 1:500 цифровой камерой DSC_RXIR с фокусным расстоянием 35 мм. Продольное перекрытие аэрофотоснимков составило 70 %, а поперечное – 50 %. На данном объекте было выполнено 4 аэромаршрута, базис фотографирования составил 42 м. Количество аэрофотоснимков на объекте составило 3 868 штук, а ширина покрытия аэрофотосъемки составила 300 м. Взлет беспилотника выполнялся с катапульты (рис. 5), а посадка с помощью парашюта (рис. 6).



*Рис. 5. Установка БПЛА Geoscan 201 на катапульту (подготовка к полету)
Fig. 5. Installation of UAV Geoscan 201 on a catapult (preparation for flight)*



*Рис. 6. Посадка БПЛА Geoscan 201
Fig. 6. Landing UAV Geoscan 201*

Геодезисты отдела прикладной геодезии УзГАШКЛИТИ, выполнили на данном объекте полевую плано-высотную привязку. Было определено 48 опорных точек. В качестве опорных точек выбирались характерные твердые контуры вдоль трассы (рис. 7).



*Рис. 7. Выбор опорных точек
Fig. 7. Selecting ground control points (GCPs)*

Привязка опорных точек выполнялась с исходных пунктов ГГС, с применением спутниковых приемников (SN 5242498595, 5243499034, 4827155394) в режиме RTK радиальным способом, методом калибровки на местности, с точностью измерений, отвечающей требованиям нормативного документа (ШНК 1.02.17-09, 2009)¹ по следующим параметрам:

¹ ШНК 1.02.17-09. Создание опорных геодезических сетей при инженерно-геодезических изысканиях для строительства. Свод правил. Ташкент, 2009.

- 1) Продолжительность измерений не менее 3 минут.
- 2) Количество спутников не менее 4.
- 3) Минимальный угол возвышения спутников 15°.
- 4) Показатель DOP не более 4.
- 5) Продолжительность измерений 15 секунд.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 2 приведена средняя ошибка по координатам центров фотографирования.

Табл. 2. Средняя ошибка по координатам центров фотографирования
Table 2. Average error in the coordinates of the photographing centers

Ошибка, см				
X	Y	Z	XY	Общая
1.55383	1.3107	4.96305	2.03281	5.36322

X – восточное указание, Y – Северное указание, Z – Высота.

Ниже в таблице 3 приведена средняя квадратическая ошибка (СКО) на опорных точках.

Табл. 3. Средняя квадратическая ошибка (СКО) на опорных точках
Table 3. Root mean square error at GCPs

Количество опорных точек	Ошибка, см				
	X	Y	Z	XY	Общая
48	0.822521	1.0399	0.26041	1.32587	1.35121

X – восточное указание, Y – Северное указание, Z – Высота.

Для получения ортофотоплана трассы местности снимки загружаются в программное обеспечение обработки данных Agisoft Metashape.

Agisoft Metashape – это программа для автоматической фотограмметрической обработки цифровых изображений, создания геопривязанных 3D моделей, ортофотопланов и цифровых моделей местности (ЦММ)¹. Программа использует только исходные изображения. В данной программе производится просмотр каждого снимка, ненужные отбраковываются.

Снимки и их EXIF файлы были привязаны путем выполнения полевой обработки с помощью программы Geoscan Planner. Перед началом полевых работ приемник GNSS (Trimble R6) был установлен в известной точке на местности и запущен в статическом режиме (10 Гц). На борту самолета установлен приемник GNSS (Topcon), работающий в быстром статическом режиме (10 Гц).

Данные GNSS на местности и на борту самолета уравниваются. Координаты центров снимков вычисляются по данным GNSS приемника базовой станции с помощью ПО MAGNET Tools. Затем данные импортируются в ПО Agisoft Metashape для автоматической обработки. При этом координаты центров снимков пересчитывались из системы WGS-84 в систему СК-42 (Пулково 1942), принятую в нашей стране. После этого выполняется процесс оптимизации и выравнивания аэрофотоснимков.

После оптимизации и выравнивания аэрофотоснимков выполняется построение плотного облака точек (рис. 8), на основе которого строится карта высот (рис. 9).

¹ Руководство пользователя Agisoft PhotoScan. Professional Edition, версия 1.4. Электронный ресурс: https://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_4_ru.pdf (дата обращения 17.03.2022)

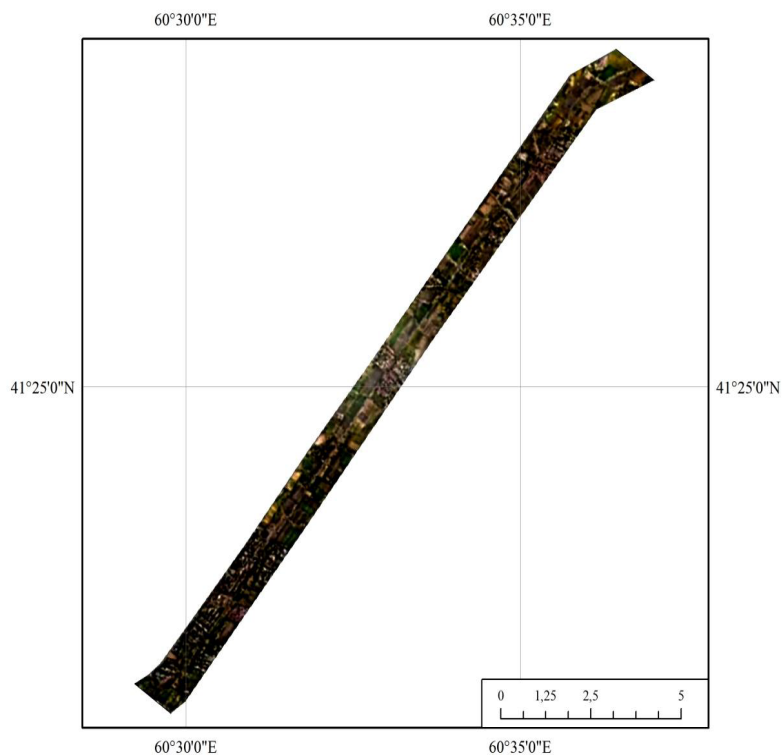


Рис. 8. Фрагмент плотного облака точек трассы Хива – Ургенч
Fig. 8. Fragment of a dense point cloud of the Khiva – Urgench highway

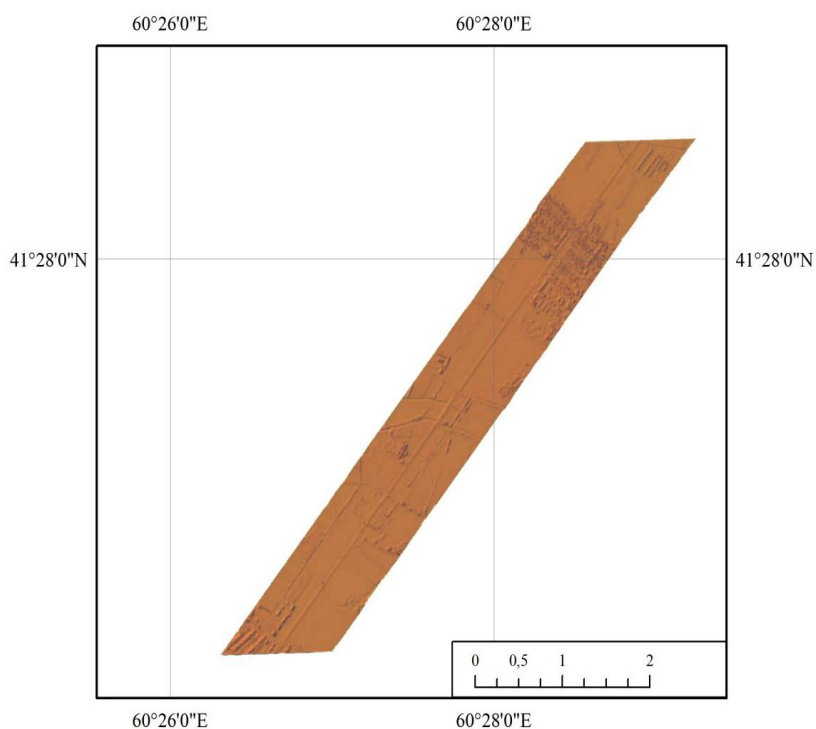


Рис. 9. Фрагмент карты высот трассы Хива – Ургенч
Fig. 9. Fragment of the elevation map of the Khiva – Urgench highway

Чтобы получить высокое качество изображения, ортофотоплан (рис. 10) всегда надо строить по карте высот, построенной на основе плотного облака точек.



Рис. 10. Фрагмент ортофотоплана трассы Хива – Ургенч в масштабе 1:1 000
Fig. 10. Fragment of the orthophotomap of the Khiva – Urgench highway on a scale of 1:1 000

Время построения ортомозаики по аэрофотоснимкам на всю трассу в программном комплексе Agisoft Metashape составило 2 ч 3 мин. Новизна данной работы заключается в том, что на сегодняшний день использование линейной беспилотной аэрофотосъемки по актуальности выходит на первый план при создании картографической продукции автомобильных и железнодорожных дорог, при обследовании линий электропередач, газопроводов и других линейных объектов.

Прогресс в развитии гражданских беспилотных систем имеет высочайший темп, сформировалась новая сфера услуг. На сегодняшний день беспилотная аэрофотосъемка опережает традиционную аэрофотосъемку по срокам создания той или иной картографической продукции.

ВЫВОДЫ

Традиционная аэрофотосъемка, которая производится с помощью самолетов или вертолетов, требует высоких экономических затрат на обслуживание и заправку, что приводит к повышению стоимости конечной продукции.

Из анализа проделанной работы можно сделать выводы, что использование БПЛА Geoscan 201 в качестве аэросъемочной платформы имеет большие перспективы при съемке как площадных, так и линейных объектов [Скубиев, 2010], для проектирования различных задач в разных областях. В данном случае линейная съемка выполнялась для целей проектирования велосипедных и тротуарных дорожек вдоль трассы Хива – Ургенч по ортофотопланам, которые создавались по материалам беспилотной аэрофотосъемки

с использованием программного комплекса Agisoft Metashape. В силу различных причин не всегда имеется возможность заказать или приобрести съемку подобных участков с космических аппаратов, либо традиционным авиационным способом. В то же время съемка с беспилотных летательных аппаратов помогает разрешить эти вопросы в кратчайшее время и с высокой производительностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булавицкий В.Ф., Жукова Н.В. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории. Хабаровск: Издательство ТОГУ, 2016. 113 с.
2. Зинченко О.Н. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования. «Ракурс». Москва, 2011. 12 с.
3. Кацарский И.С. О цифровой фотограмметрии и перспективах ее применения. Журнал Геопрофи, 2006. № 6. С. 4–8.
4. Скубиев С.И. Использование беспилотных летательных аппаратов для целей картографии. Тезисы X Юбилейной международной научно-технической конференции «От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии». Гаета, Италия, 2010. С. 38–39.
5. Шукина О.Г. Цифровая фотограмметрия и дистанционное зондирование Земли. Ташкент: Университет, 2021. 159 с.
6. Reulke R. Recent Progress in Digital Photogrammetric Stereo Cameras and Data Evaluation. 10th International Workshop on Theoretical Foundations of Computer Vision Dagstuhl Castle, 2000. V. 2032. P. 67–80. DOI: 10.1007/3-540-45134-X.
7. Shukina O., Muborakov Kh., Ruziev A., Yakubov G. and Ergashev M. Using Digital Photogrammetry to Create Large-Scale Topographic Maps and Plans in Uzbekistan. International Journal of Geoinformatics, February 2022. V. 18. No. 1. P. 37–42. DOI: 10.52939/ijg.v18i1.2103.

REFERENCES

1. Bulavitsky V.F., Zhukova N.V. Photogrammetry and remote sensing of the territory. Khabarovsk, Pacific State University Press, 2016. 113 p. (in Russian).
 2. Katsarsky I.S. On digital photogrammetry and prospects for its application. Journal Geoprofi, 2006. No. 6. P. 4–8 (in Russian).
 3. Reulke R. Recent Progress in Digital Photogrammetric Stereo Cameras and Data Evaluation. 10th International Workshop on Theoretical Foundations of Computer Vision Dagstuhl Castle, 2000. V. 2032. P. 67–80. DOI: 10.1007/3-540-45134-X.
 4. Shukina O., Muborakov Kh., Ruziev A., Yakubov G. and Ergashev M. Using Digital Photogrammetry to Create Large-Scale Topographic Maps and Plans in Uzbekistan. International Journal of Geoinformatics, February 2022. V. 18. No. 1. P. 37–42. DOI: 10.52939/ijg.v18i1.2103.
 5. Shukina O.G. Digital photogrammetry and Earth remote sensing. Tashkent: University Press, 2021. 159 p. (in Russian).
 6. Skubiev S.I. Use of unmanned aerial vehicles for mapping purposes. Abstracts of the X Anniversary International Scientific and Technical Conference “From imagery to map: digital photogrammetric technologies”. Gaeta, Italy, 2010. P. 38–39. (in Russian).
 7. Zinchenko O.N. Unmanned aerial vehicle: application for aerial photography for mapping purposes. “Rakurs”. Moscow, Russia, 2011. 12 p. (in Russian).
-