

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ АЭРОФОТОСЪЕМКИ КОМПЛЕКСОМ PHASE ONE 190MP ПРИ СОЗДАНИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ТЕРРИТОРИИ**

*Диана Маратовна Хайдукова*

АО «Уралгеоинформ», 620078, Россия, г. Екатеринбург, ул. Студенческая, 51, начальник отдела цифровой фотограмметрии, тел. (343)374-80-06, e-mail: ocf@ugi.ru

*Ярослава Владимировна Лерман*

АО «Уралгеоинформ», 620078, Россия, г. Екатеринбург, ул. Студенческая, 51, технолог отдела аэрофотосъемочных работ, тел. (343)374-80-07, e-mail: oar@ugi.ru

*Павел Анатольевич Анашкин*

АО «Уралгеоинформ», 620078, Россия, г. Екатеринбург, ул. Студенческая, 51, генеральный директор, тел. (343)374-80-03, e-mail: ugi@ugi.ru

Представлены результаты применения в России аэрофотокомплекса Phase One 190MP, исследованы качественные характеристики полученных фотоматериалов и возможность их использования при создании цифровых информационных моделей территорий. Обсуждаются технические особенности и диапазон использования комплекса в аэрофотосъемке, специфика программного обеспечения для планирования и управления аэрофотосъемочными работами, а также некоторые результаты фотограмметрической обработки снимков. Протестированы возможности программного обеспечения для фотограмметрической обработки снимков с целью создания True Orthophoto. Дана оценка трудоемкости фотограмметрических работ.

В дополнение к созданию цифровых ортофотопланов на основе данных, полученных с аэрофотокамеры Phase One 190MP, изготовлены плотное облако точек, детализированная поверхность и трехмерная цифровая модель местности. Исследована возможность использования цифровых моделей для специализированных инженерных расчетов в геоинформационном пространстве с помощью систем автоматизированного проектирования с целью пополнения модели территорий производными пространственными данными.

**Ключевые слова:** аэрофотосъемка, пространственные данные, геоинформационное пространство, фотограмметрия, лазерное сканирование, цифровая модель, ортофотоплан

## **POSSIBILITIES OF USING PHASE ONE 190MP AERIAL SYSTEM AERIAL SURVEY RESULTS DURING CREATION OF A TERRITORY GEOINFORMATION SPACE**

*Diana M. Khaidukova*

JSC «Uralgeoinform», Studencheskaya Str., 51, Ekaterinburg, 620078, Russia, Head of Digital Photogrammetry Department, phone: +7 (343) 374-80-06, e-mail: ocf@ugi.ru

*Yaroslava V. Lerman*

JSC «Uralgeoinform», Studencheskaya Str., 51, Ekaterinburg, 620078, Russia, Technologist of Aerial surve Department, phone: +7 (343)374-80-07, e-mail: oar@ugi.ru

*Pavel A. Anashkin*

JSC «Uralgeoinform», Studencheskaya Str., 51, Ekaterinburg, 620078, Russia, CEO, phone: +7(343)374-80-03, e-mail: ugi@ugi.ru

Results of using in Russia Phase One 190MP Aerial System are presented. Qualitative characteristics of the obtained photographic materials and a possibility of its use during creation of territories digital information models are investigated. Technical features and range of Phase One 190MP Aerial System using in aerial survey, specifics of planning software and management of aero survey works and also some results of photogrammetric processing of pictures are discussed. Possibilities of the software for photogrammetric processing of pictures for the purpose of creation of True Orthophoto are tested. An assessment of labor input of photogrammetric works is given.

In addition to creation of digital Orthophoto on the basis of the data obtained from the Phase One 190MP aerial camera the dense cloud of points, the detailed surface and 3-D digital terrain model are made. The possibility of use of digital models for specialized engineering calculations in geoinformation space by means of automated design engineering systems for the purpose of replenishment of model of territories is investigated by derived spatial data.

**Keywords:** aerial survey, spatial data, geoinformation space, photogrammetry, laser scanning, digital model, Orthophoto

### *Введение*

В настоящее время в сфере управления и в различных отраслях экономики отмечается растущая потребность в получении оперативных пространственных данных. Развитие технических и программных средств для планирования и выполнения аэрофотосъемки, а также средств и методов автоматизированной фотограмметрической обработки полученных результатов способствует удовлетворению этой потребности.

### *Методы и материалы*

Рынок цифровых камер динамично развивается и пополняется новыми разработками [1]. Наибольший интерес для пользователей представляют так называемые среднеформатные камеры, используемые для съемки линейных и площадных объектов, поскольку признаны наиболее экономически эффективными [2]. Среди цифровых систем с кадром среднего формата ведущее место занимают камеры производства компании Phase One Industrial (Дания) [3]. Для выполнения аэрофотосъемочных работ АО «Уралгеоинформ» приобрел и в течение трех лет использует новейший аэрофотосъемочный комплекс Phase One PAS 190MP (210) (рис 1). Исследование некоторых возможностей комплекса для решения производственных задач и формирования пространственных данных для геоинформационного пространства [4] отражено в настоящей публикации.

Комплекс состоит из фотокамеры Phase One IXU-RS1900, управляющего компьютера IX Controller MKIII, гиropлатформы Somag DSM 400 и ГНСС-инерциального измерительного блока Applanix POS AVX 210.

В фотокамере PhaseOne IXU-RS1900 применена нетрадиционная оптическая схема из двух объективов [5], которые проецируют изображение на сенсоры, смещенные относительно оптических осей объективов (рис. 2).

К комплексу прилагается специальное программное обеспечение Phase One. Планирование полетов с учетом цифровой модели рельефа местности выполняется средствами программы iX Plan. Исполнение плана полетов контролирует про-

грамма iX Flight, а программа iX Capture в фоновом режиме управляет работой камер, позволяя в полете оперативно настраивать светочувствительность и экспозицию камер в зависимости от освещенности и времени светового дня, а в off-line режиме выполнять постобработку полученных камерой фотоизображений.



Рис.1 Внешний вид комплекса PAS 190MP (210)

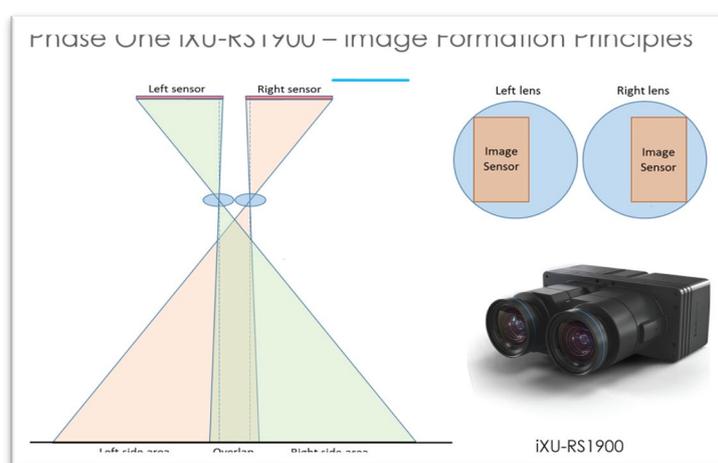


Рис. 2. Оптическая схема фотокамеры Phase One iXU-RS1900

С помощью комплекса PAS 190MP (210), установленного на воздушном судне АН-2, была выполнена аэрофотосъемка на скоростных режимах 150-195 км в час (80-105 узлов). С целью создания цифровых ортофотопланов масштабов 1:2 000 и 1:10 000 в течение трех летно-съёмочных сезонов произведена аэрофотосъемка на площади около 155 тысяч кв. км с разрешением 10 см и перекрытием 80 % (продольное) и 40 % (поперечное) для городов с населением более миллиона человек, а также с разрешением 17 см и перекрытием 60x30 % для иных населенных пунктов и межселенной территории [6].

### ***Результаты***

Постобработка первичных данных аэрофотосъемки произведена в камеральных условиях с помощью iX Capture и Capture One. На изображениях с обоих сенсоров были устранены остаточные элементы дисторсии, снимки приведены к

единым оптическим параметрам, таким как фокусное расстояние и координаты главной точки, и «сшиты» воедино. В результате постобработки из левой и правой частей изображения сформирован единый аэроснимок центральной проекции размером 190 мегапикселей, готовый для дальнейших фотограмметрических работ: формат изображения TIFF, диапазон RGB, радиометрическое разрешение 8 бит на пиксель.

Первичный контроль качества аэрофотоснимков, полученных в результате постобработки, показал, что на изображениях отсутствуют дефекты: полосы, смаз изображения, пятна и т.д. Снимки имеют достаточную и однородную резкость по всему полю изображения. В ряде случаев (5-10 % снимков) изображения потребовали цветовой коррекции, произведенной средствами ПО Capture One по гистограмме и тоновым кривым таким образом, чтобы обеспечить наилучшее воспроизведение полутонов без отсечек в области тени и света средних тонов. Критерием сбалансированности изображения является степень совпадения гистограммы в каналах красного, зеленого и синего цветов (рис. 3).

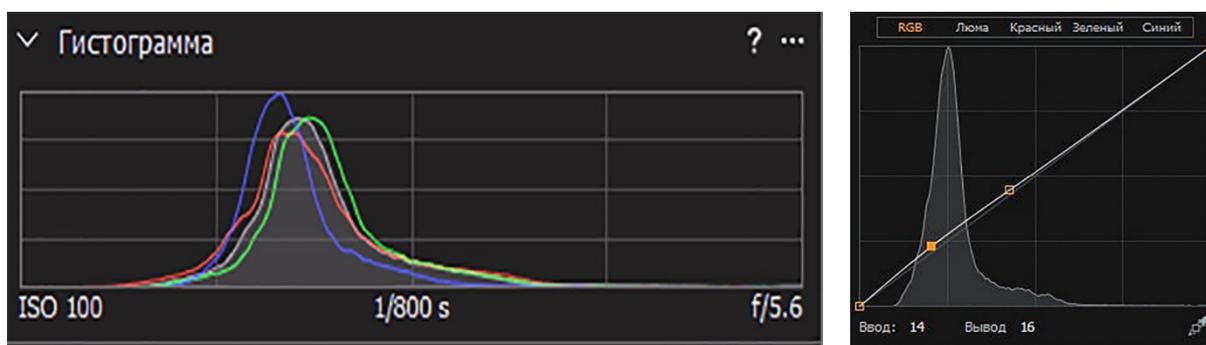


Рис. 3. Типичная гистограмма и тональные кривые RGB изображения

На аэроснимках хорошо идентифицируются как линейные объекты съемки (разметка на автодорогах, береговая линия водных объектов, наземные трубопроводы и т.п.), так и локальные (опоры и столбы ЛЭП, люки колодцев на застроенных территориях, детали крыш зданий, разметка пешеходных переходов и т.п.). Незначительная разность тональности на некоторых снимках стала следствием съемки в разные дни и была компенсирована в PHOTOMOD применением соответствующих настроек глобального и локального выравнивания яркости.

Полученные данные аэрофотосъемки в полном объеме прошли фотограмметрическую обработку в ПО PHOTOMOD. Внутреннее и взаимное ориентирование выполнено в автоматическом режиме. Для поиска связующих точек использованы стандартные режимы PHOTOMOD, связи определены в полном объеме, выполнена их ручная коррекция. Фотограмметрический блок уравнен по центрам фотографирования и точкам планово-высотного обоснования, которые определены с точностью, удовлетворяющей нормативным требованиям к качеству фотограмметрических работ [7].

## Обсуждение

С целью исследования возможностей применения данных аэрофотосъемки, полученных с комплекса PhaseOne, для формирования цифровой модели территории была создана плотная трехмерная модель фрагмента местности. Фотограмметрический проект для создания плотной модели выполнен в PHOTOMOD на основе данных аэрофотосъемки с высоты 500 м с пространственным разрешением 3 см и перекрытием 80х 40 %. Плотное облако точек, построенное фотограмметрическим способом, содержало шум и артефакты, которые были исключены с помощью MicroStation Terra Scan. Далее по очищенной от шумов модели была создана плотная высотная поверхность с детализированными формами рельефа путем автоматической классификации наземных точек в класс Ground. Построенные автоматически средствами MicroStation Terra Scan горизонталы с сечением 1 м и 0,5 м были проанализированы и проверены в стереорежиме на предмет точности интерполяции земной поверхности (рис. 4). Проверка показала, что автоматически созданные горизонталы аппроксимируют формы рельефа с высокой степенью детализации и удовлетворяют допустимым средним погрешностям съемки рельефа для данного типа местности [7].

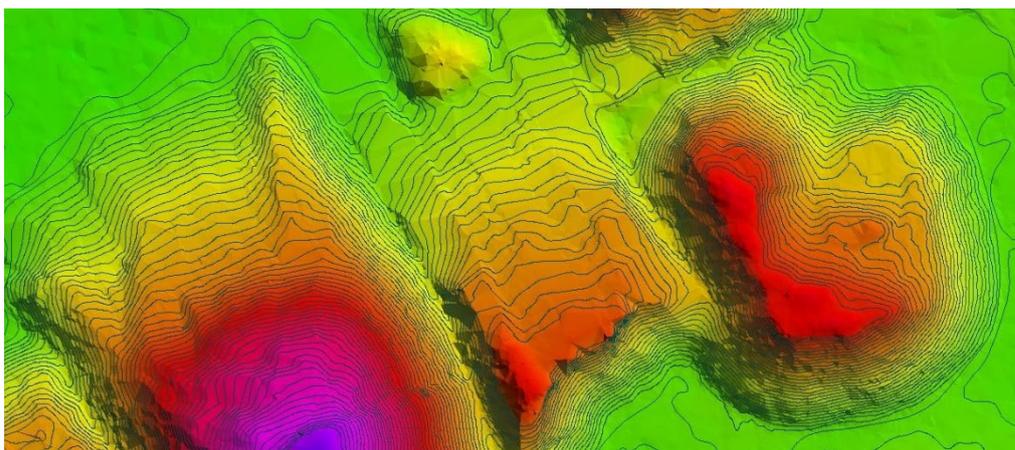


Рис. 4. Плотная высотная поверхность с детализированными формами рельефа (3D модель местности) с горизонталями сечения 0,5 м

Дополнительно были исследованы возможности создания истинного ортофотоплана (True Ortofoto) средствами ПО PHOTOMOD 6.4 на основе данных аэрофотосъемки комплекса Phase One. В качестве исходных данных для создания True Ortho использованы множественные изображения объекта с разных ракурсов со значительным продольным и поперечным перекрытием. Для создания истинного ортофотоплана рекомендуется перекрытие 90х90 %. В нашем случае перекрытие составило 80х40 %. В качестве объекта исследования для построения True Ortho был выбран комплекс зданий, высотой 80 м.

В результате обработки ортофотоплан освобожден от слепых зон. Очертания крыш и контурной части зданий сохранены. Однако, по причине недостаточ-

ного перекрытия, созданный таким образом ортофотоплан не имеет необходимого визуального качества вследствие множества артефактов, пятен и размытости в местах сшивки и может быть использован лишь в качестве дополнительного материала для дешифрирования. Кроме того, по тем же исходным данным была изготовлена 3D-модель здания, удовлетворяющая требованиям систем автоматизированного проектирования для проведения инженерных исследований. Подбор оптимальных программных настроек позволил получить также и твердотельную модель здания с прорисованными текстурами (рис. 5).



Рис. 5. Цифровая твердотельная модель зданий по данным АФС с разрешением 10 см и перекрытием 80x40 %

### *Заключение*

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Аэрофотокомплекс Phase One 190MP может эффективно применяться при создании геоинформационного пространства территорий.

2. Применение программного обеспечения iX Plan позволяет оптимизировать план полетов. Цветокоррекция снимков не требуется, если в полете оператор оперативно вносит изменения в экспозицию съемки средствами программного обеспечения iX Capture.

3. Результаты аэрофотосъемки, выполненной комплексом Phase One, соответствуют требованиям, предъявляемым нормативно-технической документацией. Высокая детализация изображения позволяет улучшить дешифровочные свойства снимка. Благодаря этому материалы аэрофотосъемки, прошедшие цикл фотограмметрической обработки, возможно использовать в качестве основы при изготовлении цифровых моделей геопространственных данных в прикладных программах. Описание цифровых моделей объектов атрибутивными, семантиче-

скими и пространственными характеристиками дает возможность сформировать цифровое геоинформационное пространство [4].

4. Съемка местности с высоким пространственным разрешением и продольным/поперечным перекрытиями не менее 90% позволяет создавать плотное облако точек и твердотельную цифровую модель [4] при создании геоинформационного пространства территорий.

6. Цифровые модели рельефа могут представлять самостоятельную ценность для граждан, юридических лиц, органов власти и местного самоуправления при планировании и организации проектировочных и изыскательских работ с целью моделирования развития территорий.

7. 3D-модели объектов пригодны для проведения специализированных инженерных расчетов с целью получения производных пространственных данных в цифровом геоинформационном пространстве [4]. Примером производной (вторичной) геоинформации может служить расчет стрелы провеса линий электропередач в диагностике электросетевого хозяйства с целью своевременного предотвращения аварийных отключений [9], или, например, - оценка геометрических пространственных характеристик дорожной сети для эффективной организации ремонтных и строительных работ.

Вопрос легитимности и точности первичной (базовой) и производной цифровой геоинформации должен стать предметом исследования инженерного и научного сообщества, чтобы послужить в дальнейшем технологической основой для нормативной правовой базы включения данных, полученных расчетом, в инфраструктуру пространственных и метаданных единого цифрового геоинформационного пространства.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Олейник С.В., Гайда В.Б. Цифровые камеры для аэрофотосъемки // Геопрофи. - 2006. - №4. - С.45-51.
2. Сечин А.Ю. Эпоха цифровой аэросъемки // Пространственные данные. - 2009. - №3. - С.28-29.
3. Райзман Ю.Г. Новые возможности камер среднего формата для аэросъемки городских территорий // Геопрофи. - 2017. - №6. С.18-20.
4. Карпик А.П., Лисицкий Д.В. Электронное геопространство – сущность и концептуальные основы // Геодезия и картография. – 2009. – № 5. – С. 41–44.
5. Райзман Ю.Г. Принципы съемки и анализ производительности аэросъемочной системы ras190mp // Геопрофи. - 2018. - №5.- С.38-43.
6. Хайдукова Д.М., Насибутдинов И.Н., Лерман Я.В., Анашкин П.А., Емельянов И.Г., Райзман Ю.Г. Опыт использования аэросъемочного комплекса Phase one 190mp в России // Геопрофи. - 2019. - №2. С.17-22.
7. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов ГКИНП (ГНТА)–02-036-02, Москва, ЦНИИГАиК, 2002.
8. Базовые структуры данных в ГИС. Брестский государственный технический университет. Лекции. [Электронный ресурс] <https://studfiles.net/preview/5631345/>
9. Гура Д.А., Дубенко Ю.В., Павлюкова А.П. Цифровой интеллектуальный мониторинг инфраструктурных объектов на основе трехмерных данных // Вестник ВГУ, серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2020. - №2. С.103-114.