

## **ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ОРТОФОТОПЛАНА ПРИ ОБНОВЛЕНИИ КАРТ НА ТЕРРИТОРИЮ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ПО МАТЕРИАЛАМ АЭРОФОТОСЪЕМКИ**

*Анастасия Сергеевна Скоробогатова*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, магистрант, тел. (705)133-68-28, e-mail: skorobog@inbox.ru

*Елена Павловна Хлебникова*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования, тел. (383)361-08-66, e-mail: e.p.hlebnikova@sgugit.ru

Рассмотрены этапы создания ортофотоплана в программном комплексе PHOTOMOD Lite и аналогичные функциональные возможности программного комплекса Agisoft PhotoScan с целью дальнейшего исследования целесообразности их применения в производстве в качестве альтернативы программному продукту компании Leica Geosystems «Leica Photogrammetry Suite».

**Ключевые слова:** цифровые фотограмметрические системы, ортофотоплан, создание ортофотоплана, PHOTOMOD Lite, Agisoft PhotoScan.

## **POSSIBILITY OF CREATING A DIGITAL ORTHOPHOTO BASED ON AERIAL PHOTOGRAPHY WHILE UPDATING MAPS ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

*Anastasia S. Skorobogatova*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, phone: (705)133-68-28, e-mail: skorobog@inbox.ru

*Elena P. Khlebnikova*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Photogrammetry and Remote Sensing, phone: (383)361-08-66, e-mail: e.p.hlebnikova@sgugit.ru

The stages of orthophotoplan creation in the software complex PHOTOMOD Lite and similar functionality of the software complex Agisoft PhotoScan for further research of their application in production as an alternative to the software product of Leica Geosystems "Leica Photogrammetry Suite" are considered.

**Key words:** digital photogrammetric systems, orthophotoplan, orthophotoplan creation, PHOTOMOD Lite, Agisoft PhotoScan.

### ***Введение***

С момента образования Республики Казахстан на ее территории все еще не существует собственной единой системы государственного геодезического и картографического обеспечения, особую озабоченность вызывает состояние

топографической обеспеченности территории страны – порядка 60 % карт не соответствует современному состоянию местности.

На сегодняшний день необходимо совершенствование системы государственного геодезического обеспечения Республики Казахстан. Большинство картографических материалов не соответствуют современному состоянию местности в связи с ограниченным финансированием их обновления, трудоемкостью топографо-геодезических и картографических работ в условиях устаревшей системы государственного геодезического обеспечения (СК-42). Поэтому материалы и данные теряют свою актуальность, не отвечают современным требованиям и обновляются медленно [1].

Решить поставленную задачу можно модернизацией системы государственного геодезического обеспечения Республики Казахстан с использованием современных программных комплексов фотограмметрической обработки снимков.

Традиционно при создании топографических карт и планов применяются фотограмметрические методы. В настоящее время успешно используются методы цифровой фотограмметрии для создания и обновления карт всего масштабного ряда и для создания топографических планов городов и поселков.

Целью работы является выполнение полного комплекса работ по созданию ортофотоплана по материалам съемки с беспилотного летательного аппарата в программных продуктах PHOTOMOD Lite и Agisoft PhotoScan и проведение сопоставительного анализа полученных результатов.

### *Методы и материалы*

С 2010 г. предприятием РГКП «Казгеодезия» выполняется аэрофотосъемка территорий больших и малых городов с целью создания цифрового топографического плана масштаба 1 : 2 000 согласно бюджетным программам. При производстве аэрофотосъемочных работ предприятием используется цифровая камера ADS40 (Airborne Digital Sensor) компании Leica Geosystems (Швейцария) [2].

Обработку материалов аэрофотосъемки РГКП «Казгеодезия» и ее 8 филиалов и создание цифровой модели рельефа и ортофотопланов производят в программном продукте компании Leica Geosystems «Leica Photogrammetry Suite». Технология создания ортофотопланов в этом программном комплексе предприятию известна и применяется в производстве [3].

Однако существует ряд других программных комплексов для обработки данных аэросъемки и получения готовых ортофотопланов. Их множество, но в данной работе рассмотрим такие программные продукты, как PHOTOMOD Lite и Agisoft PhotoScan в качестве альтернативы программному продукту компании Leica Geosystems.

Для исследований были использованы материалы залета с применением беспилотного аппарата DJI Phantom 4, с камерой в DJI FC300S в комплекте. Фокусное расстояние камеры составляет 24 мм, размер одного пикселя равен 1,391 мкм. Высота фотографирования составила 100 метров.

## *Результаты*

ПО Agisoft PhotoScan было разработано ООО «AgiSoft». Программа выполняет создание высококачественной 3D-модели объектов в автоматическом режиме. Основой для создания служат цифровые снимки, которые привязываются с помощью центров фотографирования, либо по опорным точкам, расположенным на местности. Далее полученная модель позволяет создать матрицу высот и изготовить ортофотоплан. Точность получаемых данных соответствует требованиям при создании топографических планов масштаба 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000 и 1 : 500. Моделирование объектов происходит с помощью загрузки снимков, при этом никакой дополнительной информации для этого не требуется. В ПО Agisoft PhotoScan предусмотрена возможность сохранения 3D-модели в таких форматах, как WavefrontOBJ, VRML, StanfordPLY, PDF, 3DS, COLLADA, U3D.

Для обработки в PhotoScan можно использовать любые снимки, полученные с помощью любой камеры и под разными углами. Достаточно, чтобы все элементы создаваемого объекта были в видимости с двух позиций при выполнении съемки. Для того, чтобы восстановить масштаб всей модели, достаточно ввести одно расстояние между позициями съемки и одно расстояние между точками создаваемого объекта. Программное обеспечение позволяет определить расстояние между всеми точками создаваемых объектов, вычислить объем и площадь данного объекта.

В PhotoScan существует возможность автоматической привязки модели к заданной системе координат. Для этого необходимо ввести координаты всего трех точек объекта или указать три позиции самой съемки. С помощью все тех же координат программный комплекс может вычислить проекцию модели на заданную поверхность, вычислить матрицу высот относительно этой поверхности, сохранить ортофотопланы и созданные поверхности в различных форматах и системах координат [4].

Обработка снимков производится полностью автоматически и не требует дополнительной калибровки съемочной камеры или маркировки снимков в ручном режиме [5].

Методика обработки снимков в Agisoft PhotoScan:

- подготовительные работы;
- построение фотограмметрической сети;
- построение ЦМР;
- трансформирование снимков и создание ортофотоплана;
- импорт данных в программный комплекс для векторизации ортофотоплана [6].

На рис. 1 показано облако точек, которое было создано в автоматическом режиме в программе PhotoScan.

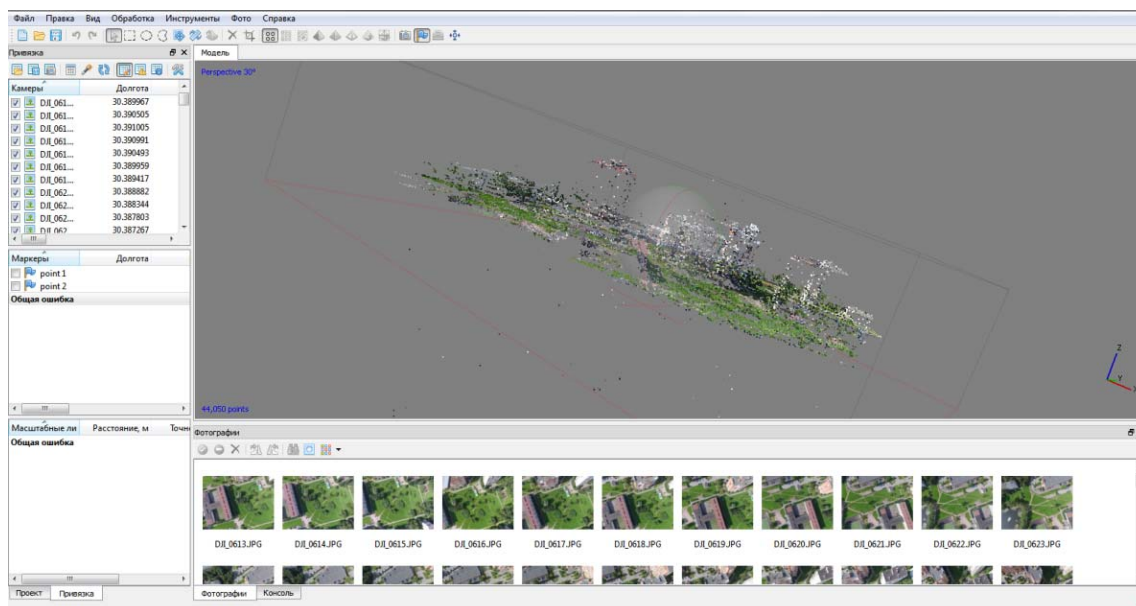


Рис. 1. Созданное облако точек в программном продукте Agisoft PhotoScan

В настоящее время марка PHOTOMOD объединяет широкий набор программных средств фотограмметрической обработки данных дистанционного зондирования Земли, позволяющих получать пространственную информацию на основе изображений практически всех коммерчески доступных съемочных систем, таких как кадровые, цифровые и пленочные камеры, космические сканирующие системы высокого разрешения, а также радары с синтезированной апертурой [7].

На первом этапе исследований применяется программный комплекс PHOTOMOD Lite. Он является бесплатным продуктом для фотограмметрической обработки космических и аэрофотоснимков. Так как эта версия является демонстрационной, она имеет ряд ограничений, но, тем не менее, для проведения экспериментальных работ она подходит.

При выполнении работ можно выделить три основных этапа:

1) создание или выбор активного профиля – локального профиля для размещения всех ресурсов проекта/проектов или подключение созданного сетевого профиля;

2) создание проекта – нового проекта, определение типа проекта, выбор системы координат;

3) формирование блока изображений проекта и загрузка снимков [8].

Для создания проекта требуются следующие исходные материалы:

- снимки в формате \*.TIF, \*.JPG;
- данные о камере, производившей съемку;
- файл, содержащий координаты центров проекций, а так же элементы внешнего ориентирования;
- сведения о системе координат, в которой производилась съемка [7].

Последовательность выполнения обработки снимков с использованием PHOTOMOD Lite:

- создание проекта;
- загрузка снимков;
- внесение параметров внутреннего ориентирования (параметры камеры);
- внешнее ориентирование (система координат, координаты центра проекции снимков, углы поворотов снимков относительно осей  $X, Y, Z$ );
- редактирование накидного монтажа (в случае необходимости);
- уравнивание фотограмметрической модели;
- построение ЦММ;
- редактирование пикетов;
- построение ортофотоплана [8].

Так как PHOTOMOD Lite имеет ряд ограничений, в работе использована только часть полученных снимков.

Следующим этапом обработки материалов в PHOTOMOD Lite является внесение данных внутреннего ориентирования. Ими являются данные о камере, которой были выполнены работы [9].

На рис. 2 показано диалоговое окно, позволяющее задать параметры съемочной камеры.

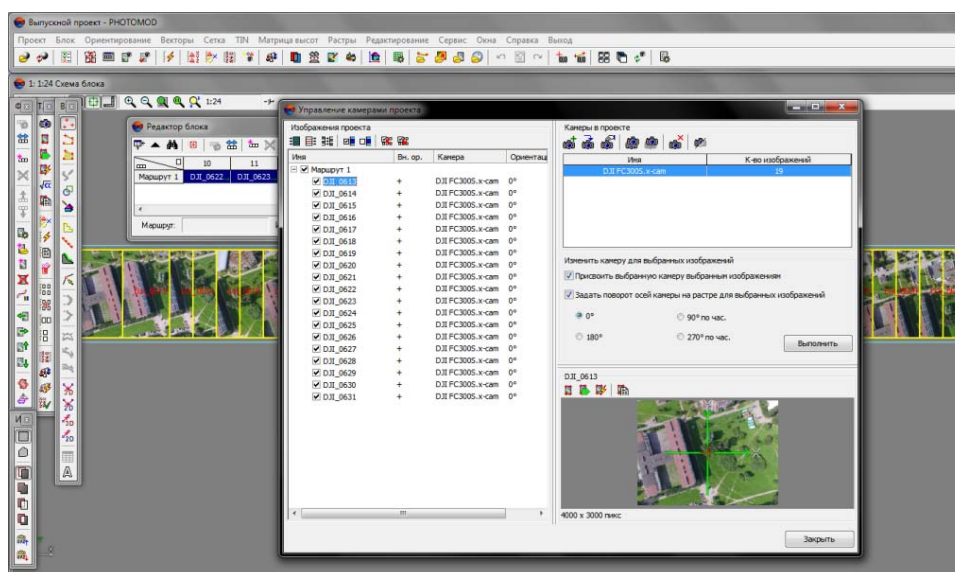


Рис. 2. Диалоговое окно «Управление камерами проекта»

На борту аппаратов, производящих съемку, находится оборудование с помощью которого определяются координаты центров снимков и другие параметры внешнего ориентирования. Этими приборами являются гироскопы и GPS. Далее эти данные предоставляются для использования в процессе обработки. Форматы и формы записи таких данных могут отличаться в зависимости от того, какие летательные аппараты были применены и кто является их поставщиками.

На рис. 3 показано диалоговое окно для внесения элементов внутреннего ориентирования камеры, которой выполнялась аэрофотосъемка.

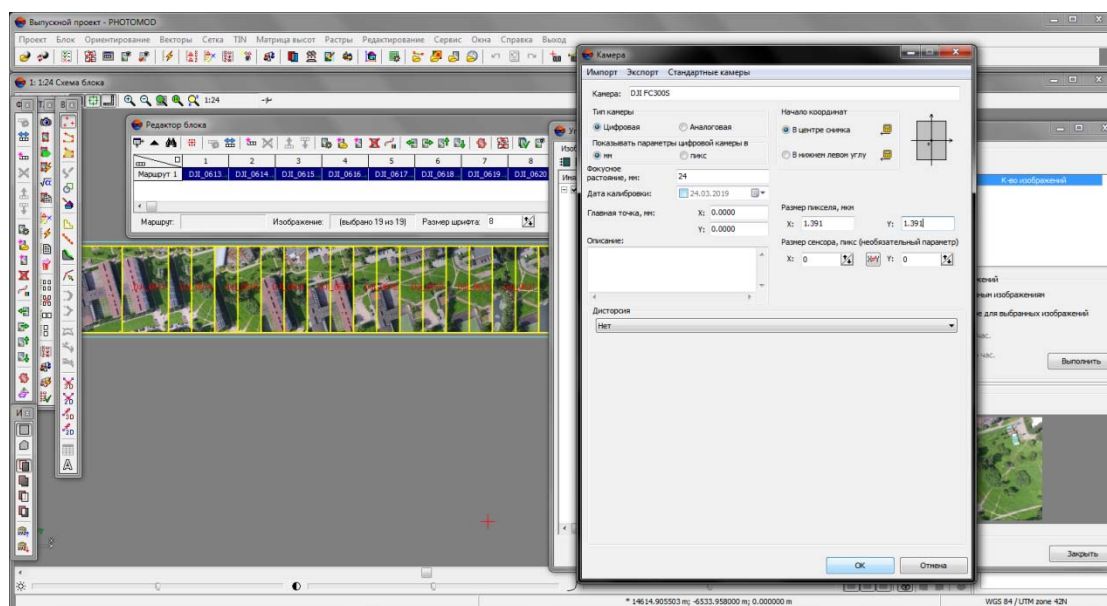


Рис. 3. Фрагмент окна с внесенными элементами внутреннего ориентирования

Для внесения данных внешнего ориентирования в PHOTOMOD Lite необходимо выбрать команду в меню *Ориентирование/Каталог элементов внешнего ориентирования* или воспользоваться кнопкой, расположенной в меню основной формы изображенной на рис. 4, после чего импортируется файл с элементами внешнего ориентирования. При необходимости, для удобства, можно заранее его отредактировать. В целях контроля необходимо выполнить проверку получившегося накидного монтажа [9].

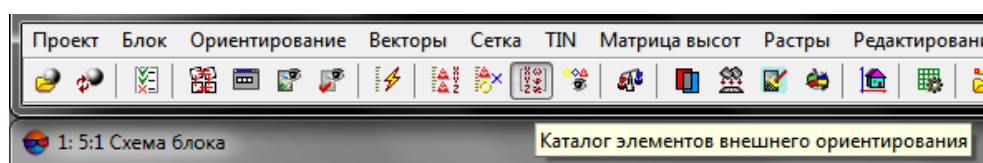


Рис. 4. Кнопка вызова диалогового окна «Элементы внешнего ориентирования»

Основными элементами цифровой модели местности являются пикеты. Существует два режима расстановки пикетов – автоматический и ручной. При автоматической расстановке пикетов строится сетка с заданным шагом. Шаг такой сетки задается исходя из особенности местности.

Редактирование пикетов необходимо для устранения или исправления пикетов, расположенных не на поверхности земли. При автоматическом создании пикетов не все из них правильно отображаются относительно поверхности.

В результате редактирования все пикеты и горизонтالي будут лежать на поверхности земли. После этого можно приступать к построению поверхности ДТМ (матрицы высот).

На последнем этапе работы осуществляется построение ортофотоплана. Для этого используется матрица высот, созданная на предыдущем этапе. При обработке больших проектов, полученные ортофотопланы подлежат нарезке. Размер ортофотоплана устанавливается в соответствии с заданным масштабом создаваемой карты или плана [9].

### *Заключение*

В настоящее время экспериментальные исследования не завершены, но необходимо отметить, что выбор того или иного программного продукта для обработки материалов аэросъемки и получения ортофотопланов может зависеть от нескольких факторов:

- точность ортофотопланов, которые будут получены в результате. Во время проведения исследования необходимо выявить, обеспечивают ли все указанные программные продукты соответствующие требования к точности созданного ортофотоплана заданного масштаба;
- время и трудоемкость проводимых работ;
- стоимость программного продукта.

Стоимость программного комплекса PHOTOMOD в разной комплектации колеблется от 210 000 до 481 000 руб. (полный комплект). Цена комплекта «PHOTOMOD (версия 6.4) для создания ЦМР и ортофотопланов. Обработка снимков центральной проекции и данных с БПЛА» в настоящее время составляет 258 000 руб. [10].

Стоимость программного комплекса Agisoft PhotoScan, в среднем на рынке, составляет около 240 000 руб. [11].

Стоимость Leica Geosystems «Leica Photogrammetry Suite» на порядки выше рассматриваемых российских аналогов, что и явилось основной причиной настоящих исследований.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Государственная программа «Цифровой Казахстан» // Правительство Республики Казахстан. – 2017. – 66 с.
2. РГКП «Казгеодезия». Технический потенциал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kazgeodeziya.kz/ru/about/tekhnicheskij-potentsial>. – Загл с экр.
3. Скоробогатова А. С., Елифанова М. С., Хлебникова Е. П. Цифровые фотограмметрические системы в топографо-геодезическом производстве Республики Казахстан // Интер-экспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. Т. 1. – С. 19–24.
4. Руководство пользователя Agisoft PhotoScan: Professional Edition, версия 0.8.4. – СПб. : AgiSoft LLC, 2011.

5. Сравнительный анализ создания цифрового ортофоплана с использованием программного комплекса Agisoft PhotoScan и цифровой фотограмметрической станции фотомод / Е. М. Дворецкий, Ф. Ф. Замалиев, Е. В. Козин, Ю. Н. Симонов // Труды Военно-космической академии им. А. Ф. Можайского. – 2013. – Вып. № 639. – С. 124–128.
6. Сологуб М. С., Воронцова З. И. О цифровой фотограмметрической системе Photomod // Международная научно-практическая конференция: Международная научно-практическая конференция «Новые вопросы в современной науке» : сб. статей (Самара, 21 октября 2017 г.). – Самара : ЦНИК, 2017. – С. 50–52.
7. Салимулина Н. В., Копанева И. М. Построение ортофотоплана на ЦФС Photomod // XLV итоговая студенческая научная конференция : XLV итоговая студенческая научная конференция: материалы конференции (Ижевск, апрель 2017 г.). – Ижевск : Удмуртский государственный университет, 2017. – С. 68–70.
8. ГКПНП (ОНТА)-05-005-07. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов // Агентство Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами. – Астана : АЗР, 2008. – 75 с.
9. Компания «Ракурс». ЦФС «PHOTOMOD 6.4». Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www2.racurs.ru/download/docs6/Rus/project.pdf>. – Загл с экр.
10. Компания «Ракурс». Стоимость, условия оплаты и поставки, комплектация продуктов PHOTOMOD[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.racurs.ru/?page=249>. – Загл с экр.
11. Компания ООО «Геоскан». Покупка лицензии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.geoscan.aero/ru/software/agisoft/metashape\\_pro](https://www.geoscan.aero/ru/software/agisoft/metashape_pro). – Загл с экр.

© А. С. Скоробогатова, Е. П. Хлебникова, 2019