

А.А. Тихонов, Д.Ж. Акматов

## ОБЗОР ПРОГРАММ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

**Аннотация.** За последние годы, с развитием микроэлектроники и применением новых материалов в конструкции БПЛА, появилась возможность получения качественных ортофотопланов и трехмерных моделей местности. Появились новые программы для обработки данных, которые позволили автоматизировать традиционные трудоемкие фотограмметрические процессы. БПЛА очень востребованы при проектировании объектов строительства, для создания ГИС управления территориями, мониторинга земной поверхности и т.д. Рассмотрено применение программного обеспечения в целях оптимизации маркшейдерско-геодезических работ с использованием БПЛА. Развитие фотограмметрических технологий и индустрии простых в освоении БПЛА, оснащенных фото- и видеоаппаратурой, вызвало у специалистов разных профилей рост интереса к возможностям организации аэрофотосъемки и обработки получаемых данных для дальнейшей работы с географическими продуктами, такими как ортофотопланы, цифровые модели местности, трехмерные модели. На рынке представлено большое количество как аппаратных (преимущественно БПЛА), так и программных решений.

**Ключевые слова:** аэрофотосъемка, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), фотограмметрия, ортофотоплан, фотограмметрическая обработка, 3D модель, ортофотоплан, ЦММ, ГИС, изображения, калибровка камер, геопривязка.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-12-0-192-198

В настоящее время распространено широкое применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в фотограмметрических целях. Преимуществом БПЛА является их невысокая стоимость и оперативная организация полета, поэтому они очень востребованы при проектировании объектов строительства и др. В зависимости от материала, полученного при помощи (БПЛА), создаются детальные 3D модели местности, матрицы высот и ортофотопланы. Данные, полученные в

результате съемки, подлежат фотограмметрической обработке с помощью автоматизированного программного обеспечения.

Фотограмметрия — техническая наука о методах определения метрических характеристик объектов и их положения в двух- или трехмерном пространстве по снимкам. На сегодняшний день для обработки данных наиболее распространены следующие программные комплексы (см. таблицу).

| Программное обеспечение | Страна-производитель | Операционная система  | Цена, руб. |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|------------|
| Agisoft PhotoScan       | Россия               | Windows, MacOS, Linux | 215 455    |
| Reality Capture         | Словакия             | Windows               | 1 062 637  |
| TrimbleUASMaster        | США                  | Windows               | 347 286    |
| Trimble INPHO           | США                  | Windows               | 274 152    |
| Pix4d                   | Швейцария            | Windows, Linux        | 500 815    |
| ENVI OneButton          | США                  | Windows               | 431 741    |

*AgiSoftPhotoscan* — это программное обеспечение для фотограмметрической обработки материалов аэрофотосъемки, позволяющее создавать 3D модели, ортофотопланы и ЦММ. Эти данные можно использовать в ГИС-приложениях для создания визуальных эффектов, а также для измерения объектов. AgiSoft обеспечивает отличные результаты сканирования и имеет удобный интерфейс. У программного обеспечения AgiSoft нет ограничений на количество изображений, т.е. это зависит только от вашего компьютера.

*RealityCapture* — это программное обеспечение, которое обрабатывает данные гораздо быстрее и управляет огромным количеством изображений. Главное преимущество *RealityCapture* заключается в том, что оно может выстраивать изображения за несколько секунд даже на ноутбуке, если в нем есть графический процессор *Nvidia*. Результат можно посмотреть на месте съемки и убедиться, что изображений достаточно.

*TrimbleUASMaster* — это программное обеспечение является наиболее подходящим инструментом для полной обработки данных, полученных с БПЛА.

*UASMaster* содержит новейшую технологию для фотограмметрической обработки данных. Программное обеспечение *UASMaster* легко интегрируется в программную линейку *INPHO*, а также в фотограмметрический процессор других программных продуктов. Его преимущество состоит в очень понятном рабочем интерфейсе, способном обрабатывать данные, получаемые с БПЛА почти любых производителей. ПО *UASMaster* может работать с данными, полученными как с аппаратов с неподвижными крыльями, так и с вертолетов. Предусмотрено выполнение полностью автоматического процесса геопривязки, калибровки камеры, построения облака точек и ортомозаик.

*TrimbleINPHO* — это программное обеспечение с полнофункциональной системой обработки данных в цифровом фотограмметрическом проекте, которое служит для создания ЦМП, ортотрансформирования и стереоскопической оцифровки. Программные модули системы могут служить идеальным решением для работы с фотограмметрическими проектами и гибким инструментом, который решает трудоемкие задачи. Основным

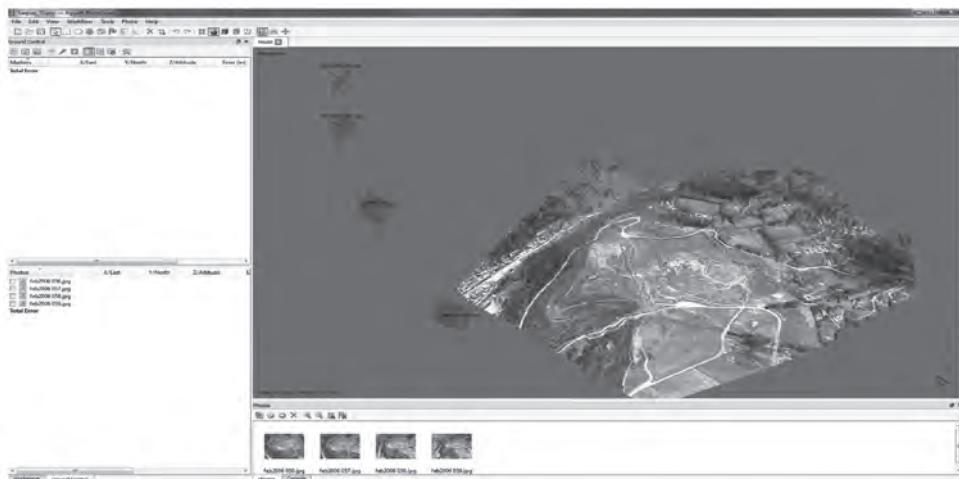


Рис. 1. Интерфейс программы AgiSoftPhotoscan  
Fig. 1. Program interface AgiSoftPhotoscan

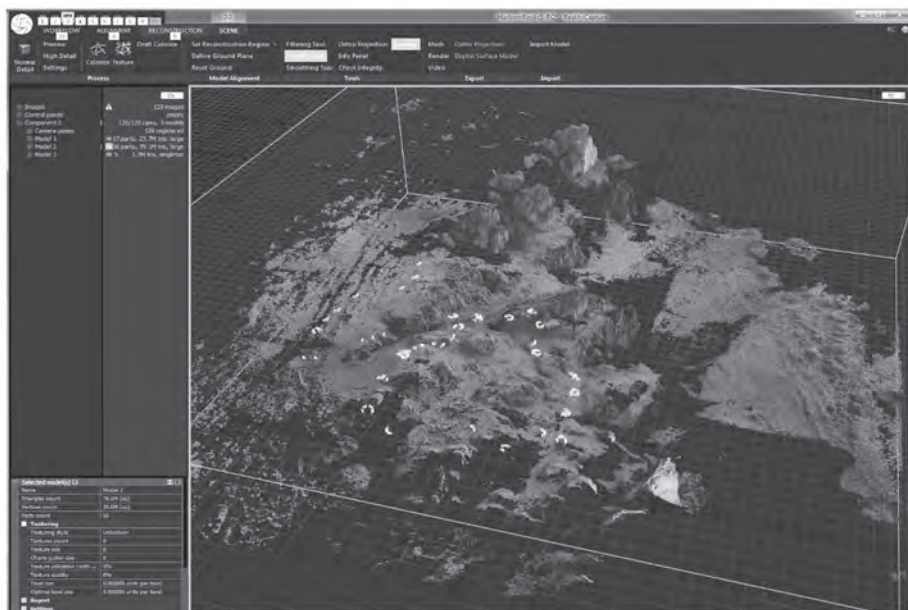


Рис. 2. Интерфейс программы RealityCapture  
 Fig. 2. Program interface RealityCapture

преимуществом ПО INPHO является строгое математическое моделирование для достижения наивысшей точности об-

работки, четко выстроенный рабочий процесс и высокая степень автоматизации.

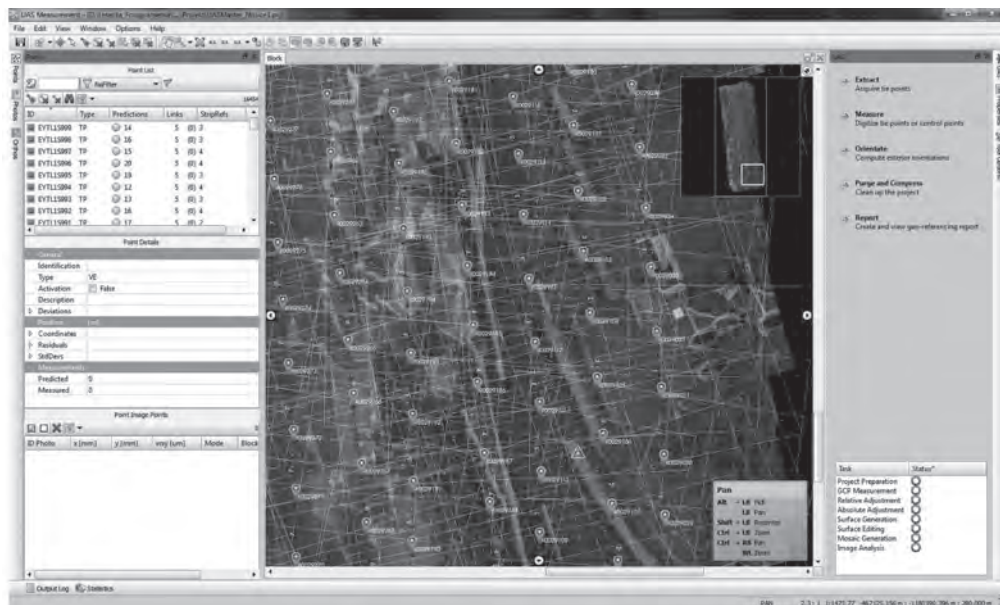


Рис. 3. Интерфейс программы UASMaster  
 Fig. 3. Program interface UASMaster

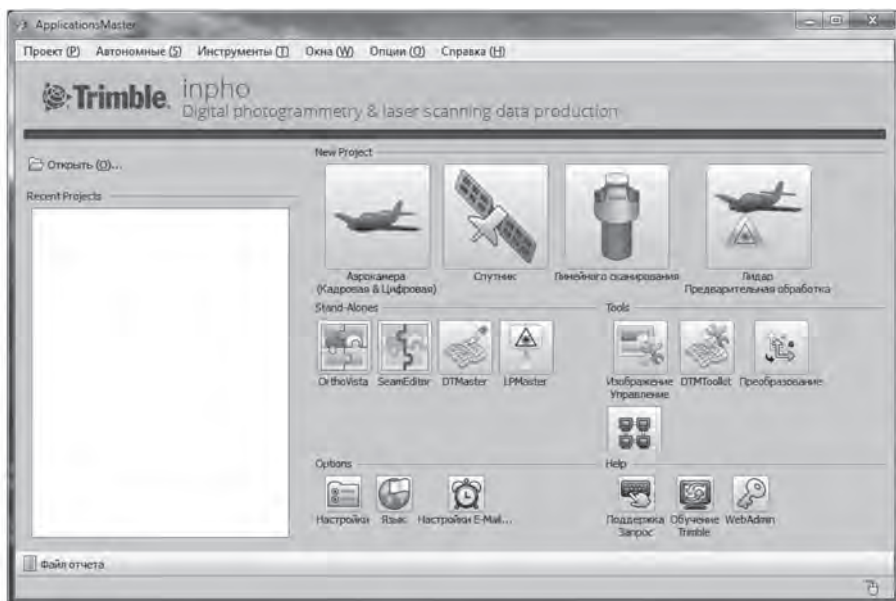


Рис. 4. Интерфейс программы INPHO

Fig. 4. Program interface INPHO

Pix4D Solutions — линейка программных продуктов швейцарского разработчика Pix4D, которая используется для обработки аэрофотоснимков и получения высокоточных ортофотопланов, 3D-моделей, ЦММ, ЦМР, карт отражений и

карт индексов. Программное обеспечение Pix4D может применяться для оценки объемов земляных работ, создания NDVI-карт для точного земледелия и добычи полезных ископаемых. Обработка в Pix4D находит применение и для вы-



Рис. 5. Интерфейс программы Pix4d

Fig. 5. Program interface Pix4d

явления изменений ландшафта, а также для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Сферы применения ПО Pix4D — это строительство, кадастр, контроль над состоянием окружающей среды, земледелие, аэрофотограмметрия, недвижимость.

ПО Pix4Dmapper автоматически преобразует изображения, полученные с БПЛА, или изображения наземной съемки и обеспечивает составление высокоточных карт и 3D-моделей с географической привязкой.

Отличительной особенностью ПО Pix4D является возможность обработки мультиспектральных снимков.

ПО Pix4Dag, предназначенное для точного земледелия, преобразует мультиспектральные изображения в высокоточные карты отражений и карты индексов (NDVI-карты) и использует RGB изображения для создания ортофотопланов. Это программное обеспечение может обрабатывать большие объемы данных на мощных компьютерах, оно на порядок быстрее AgiSoftPhotoscan.

Нужно отметить, что ПО Pix4d часто используют в сельском хозяйстве из-за

специализированного набора инструментов.

*ENVI OneButton* — легкое в использовании программное обеспечение для обработки данных с БПЛА, оно позволяет создавать без участия оператора такие задачи, как фототриангуляция, векторизация рельефа местности, автоматический режим создания геопривязанных продуктов 2D и 3D. Выходные продукты легко интегрируются в такие системы обработки данных дистанционного зондирования, как ENVI и ArcGIS. Преимуществами этого ПО являются вполне понятный интерфейс, поддержка сенсоров любых форматов, полностью автоматическая сшивка изображений в единую мозаику, выравнивание по цвету и яркости, высокоточная геопривязка, использование графических и многоядерных процессоров для увеличения скорости обработки изображений, визуализация, измерение и извлечение 2D и 3D информации.

В заключение хотелось бы отметить, что за последние годы, в связи с развитием микроэлектроники и применением новых материалов в конструкции

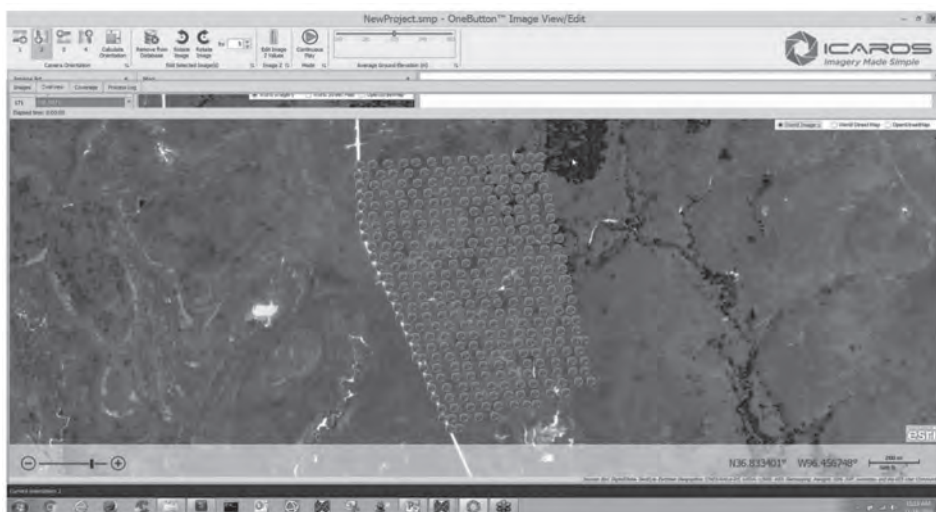


Рис. 6. Интерфейс программы ENVIOneButton

Fig. 6. Program interface ENVIOneButton



БПЛА, появилась возможность получать качественные ортофотопланы и трехмерные модели местности. Появление новых программ для обработки данных позволило автоматизировать традиционные трудоемкие фотограмметрические процессы.

Преимуществами БПЛА являются их невысокая стоимость и оперативная организация полета, поэтому они очень востребованы при проектировании объектов строительства, для создания ГИС управления территориями, мониторинга земной поверхности и т.д.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сергеев П. Н.* Лесная таксация: Учебное пособие. М.: Изд-во Гослесбуиздат, 1953. — С. 248–251.
2. *Воробьева А. А.* Дистанционное зондирование. Методическое пособие. — СПб.: ИТМО, 2012. — 23 с.
3. Вводная информация о коптерах (мультироторных платформах) [электронный ресурс] — режим доступа: <http://forum.brothers-blog.com/index.php?topic=13.msg112#msg112>
4. URL: <http://pskovstroyka.ru/drony-budut-stroit-doma-s-vozduha/>
5. *Баклашов И. В., Борисов В. Н.* Проектирование и строительство горнотехнических зданий и сооружений. — М.: Недра, 1991.
6. *Картозия Б. А., Борисов В. Н.* Инженерные задачи механики подземных сооружений. — М.: Недра, 2001. — 246 с.
7. *Картозия Б. А.* Строительная геотехнология. — М.: МГУ, 1998.
8. *Frenzel C., Delabbio F., Burger W.* Shaft boring systems for mechanical excavation of deep shafts. Australian Centre for Geomechanics, 2010, pp. 289–295.
9. *Luis Ribeiro e Sousa, Roberto Azevedo M. M. Fernandes. Euripedes Vargas Jr.* innovative Numerical Modelling in Geomechanics CRS Press, 2012, pp. 474.
10. *Гроссе К. У.* Неразрушающий контроль и технология мониторинга технического состояния конструкций при контроле качества и надзоре за объектами строительства // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. — 2012. — № 6. — С. 62–77.
11. *Geomechanical evaluation and analysis of research shafts and galleries in MIU Project Research Gate, 01/2003.*
12. *Волохов Е. М., Новоженин С. Ю., Нгуен С. Б.* Современные системы контроля сдвижений и деформаций при строительстве подземных сооружений // Записки Горного института. — 2012. — Т. 199. — С. 253–259.
13. *Токин А. А., Токин А. А.* Мониторинг деформаций подземных горных выработок с помощью лазерных сканирующих систем // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2013. — Т. 1. — № 3. — С. 120–123. **ГИИС**

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Тихонов Алексей Анатольевич*<sup>1</sup> — студент, e-mail: Skrap18@yandex.ru,  
*Акматов Дастан Женишбекович*<sup>1</sup> — студент, e-mail: Dastan.akmatov.1994@mail.ru,  
<sup>1</sup> МГИ НИТУ «МИСиС».

---

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 12, pp. 192–198.

## Review of aerophotography data processing programs

*Tikhonov A.A.*<sup>1</sup>, Student, e-mail: Skrap18@yandex.ru,  
*Akmatov D.Zh.*<sup>1</sup>, Student, e-mail: Dastan.akmatov.1994@mail.ru,  
<sup>1</sup> Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

**Abstract.** With the recent advancement in microelectronics and application of new materials in UAV design, it is possible to have high-quality orthophotomaps and 3D terrain models. The new processing programs enable automation of conventional labor-intensive photogrammetric processes. Advantageous

for low cost and operational flight arrangement, UAVs find wide application in architectural engineering, generation of GIS data bases, ground surface monitoring, etc. This study focuses on software-based optimization of surveying and geodesy using UAV. Development of the photogrammetry technologies and engineering of simple UAV equipped with photo and video cameras inspired interest of various specialists in aerophotography and its data interpretation with a view to obtaining and operating such geographic products as orthophotomaps, digital terrain models and three-dimensional models. The market offers a wide range of equipment (mostly UAVs) and software programs to this effect.

**Key words:** aerophotography, unmanned aerial vehicles UAV, photogrammetry, orthophotomap, photogrammetric processing, 3D model, digital terrain model, GIS, image, camera calibration, gridding.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-12-0-192-198

## REFERENCES

1. Sergeev P.N. *Lesnaya taksatsiya: Uchebnoe posobie* [Forest taxation: Educational aid], Moscow, Izdvo Goslesbumizdat, 1953, pp. 248–251.
2. Vorob'eva A.A. *Distsionnoe zondirovanie. Metodicheskoe posobie* [Remote sensing. Methodical manual], Saint-Petersburg, ITMO, 2012, 23 p.
3. *Vvodnaya informatsiya o kopterakh (mul'tirotonnykh platformakh)*, available at: <http://forum.brothers-blog.com/index.php?topic=13.msg112#msg112>
4. URL: <http://pskovstroyka.ru/drony-budut-stroit-doma-s-vozduha/>
5. Baklashov I.V., Borisov V.N. *Proektirovanie i stroitel'stvo gornotekhnicheskikh zdaniy i sooruzheniy* [Design and construction of mining buildings and structures], Moscow, Nedra, 1991.
6. Kartoziya B.A., Borisov V.N. *Inzhenernye zadachi mekhaniki podzemnykh sooruzheniy* [Engineering problems of underground structures mechanics], Moscow, Nedra, 2001, 246 p.
7. Kartoziya B.A. *Stroitel'naya geotekhnologiya* [Construction geotechnology], Moscow, MGGU, 1998.
8. Frenzel C., Delabbio F., Burger W. *Shaft boring systems for mechanical excavation of deep shafts*. Australian Centre for Geomechanics, 2010, pp. 289–295.
9. Luis Ribeiro e Sousa, Roberto Azevedo M.M. Fernandes. Euripedes Vargas Jr. *innovative Numerical Modelling in Geomechanics* CRS Press, 2012, pp. 474.
10. Grosse K.U. *Nerazrushayushchiy kontrol' i tekhnologiya monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya konstruksiy pri kontrole kachestva i nadzore za ob'ektami stroitel'stva* [Nondestructive testing and technology of structure monitoring control and surveillance in construction], *ALITinform: Tsement. Beton. Sukhie smesi*. 2012, no 6, pp. 62–77.
11. *Geomechanical evaluation and analysis of research shafts and galleries in MIU Project Research Gate*, 01/2003.
12. Volokhov E.M., Novozhenin S.YU., Nguen S.B. *Sovremennye sistemy kontrolya sdvizheniy i deformatsiy pri stroitel'stve podzemnykh sooruzheniy* [Modern systems of movement and deformation control in underground construction], *Zapiski Gornogo instituta*. 2012, vol. 199, pp. 253–259.
13. Tokin A.A., Tokin A.A. *Monitoring deformatsiy podzemnykh gornykh vyrabotok s pomoshch'yu lazernykh skaniruyushchikh sistem* [Deformation monitoring in underground mines using laser scanning systems], *Interesko Geo-Sibir'*. 2013, vol. 1, no 3, pp. 120–123. [In Russ].



На Международной выставке «IMPC 2018-EXPO»