

БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ: ПРИМЕНЕНИЕ В ЦЕЛЯХ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

О.Н. Зинченко, «Ракурс», Москва, Россия, 2011.

Введение

Стимулом к развитию беспилотной авиации во всем мире послужило успешное и широкое использование БПЛА армиями США и Израиля в ходе военных операций (Персидский залив, Югославия, Ближний Восток, арабо-израильские войны). При этом беспилотники зарекомендовали себя как эффективное средство разведки, сопровождения боя, в качестве ложных мишеней для обнаружения зенитных установок противника, доставки грузов, для выполнения прочих боевых задач.

На сегодняшний день по данным UVS International (ведущей международной ассоциации беспилотных систем www.uvs-international.org) БПЛА производят в 52 странах мира. Десятки больших предприятий и малых фирм конкурируют на этом рынке. Обширный, хотя и не полный перечень производителей и моделей доступен по ссылке на ежегодный отчет этой организации 2009/2010 UAS Yearbook http://www.uasresearch.com/UserFiles/File/156-181_Reference-Section_UAS_All-Categories&Classes.pdf.

Не смотря на то, что запросы военных ведомств на БПЛА велики и разнообразны, далеко не все производители могут надеяться на получение оборонных заказов. В результате, многие компании, имеющие разработки в области БПЛА, склонны обращать внимание на перспективы применения БПЛА в гражданской и коммерческой сферах.

В свою очередь заинтересованные государственные ведомства и спецслужбы, функции которых связаны с охраной, контролем и мониторингом объектов, ликвидацией ЧС; предприятия ТЭК, а также фирмы, бизнес которых связан с получением пространственных данных, также проявляют встречный интерес к БПЛА.

В данном материале акцент будет сделан на перспективы применения БПЛА для проведения аэрофотосъемки в целях картографирования, а также представлен обзор некоторых моделей БПЛА, предназначенных для выполнения этой задачи.

Терминология

1. Определение понятия

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА или БЛА) — в общем случае это летательный аппарат без экипажа на борту.

Понятие летательный аппарат включает в себя большое число типов, у каждого из которых есть свой беспилотный аналог. В прессе, когда речь идет о резком всплеске интереса к беспилотникам, и в данном материале под определение БПЛА попадает более узкое понятие. А именно: 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 (см. Табл. 1).

Таблица 1. Типы беспилотных летательных аппаратов

	Аэростатические	Аэродинамические			Реактивные
		Гибкое крыло	Фиксированное крыло	Вращающееся крыло	
безмоторные	Аэростаты	Воздушные змеи и аналоги безмоторных аппаратов сверхлегкой авиации (парапланы, дельтапланы и др.)	Планеры		
моторные	Дирижабли	Аналоги моторных аппаратов сверхлегкой авиации (парапланы, дельтапланы и др.)	БПЛА самолетного типа	БПЛА вертолетного типа	Космические реактивные аппараты

Приоритет БПЛА самолетного и вертолетного типов над остальными можно проиллюстрировать следующей диаграммой:

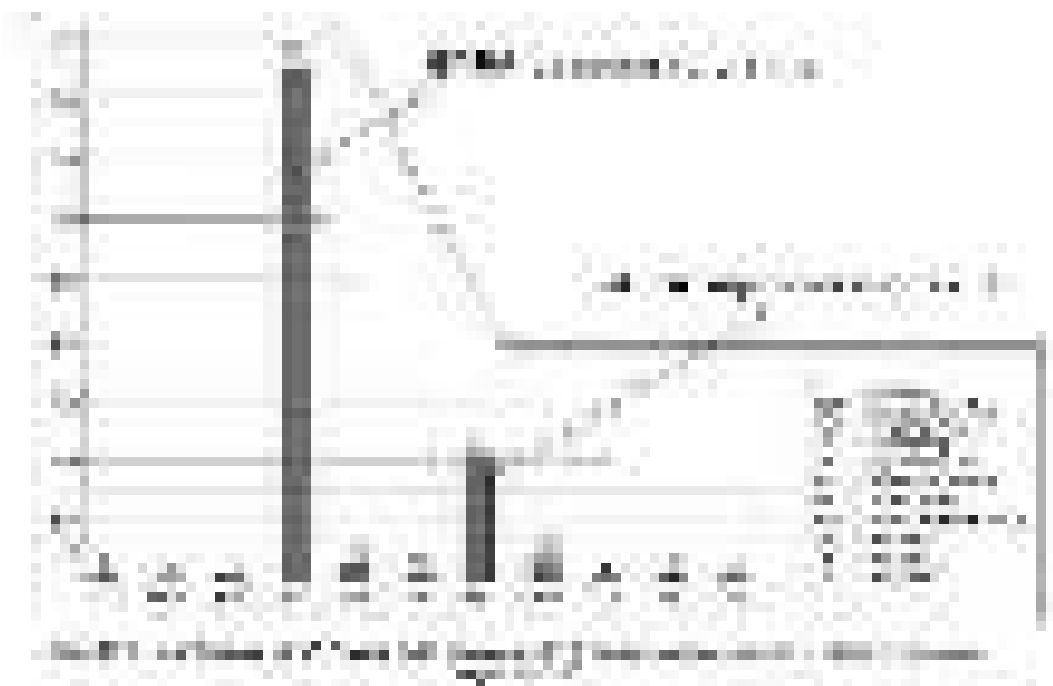


Диаграмма 1. Соотношение числа БПЛА самолетного и вертолетного типов ко всем прочим (по данным UVS International).

2. Управление

Для еще более точного определения тех БПЛА, которые будут рассматриваться ниже, необходимо подробнее остановиться на такой важной характеристике как способ управления БПЛА.

Существуют следующие способы:

Ручное управление оператором (или дистанционное пилотирование) с дистанционного пульта управления в пределах оптической наблюдаемости или по видовой информации, поступающей с видеокамеры переднего обзора. При таком управлении оператор прежде всего решает задачу пилотирования: поддержание нужного курса, высоты и т.д.

Автоматическое управление обеспечивает возможность полностью автономного полета БЛА по заданной траектории на заданной высоте с заданной скоростью и со стабилизацией углов ориентации. Автоматическое управление осуществляется с помощью бортовых программных устройств.

Полуавтоматическое управление (или дистанционное управление) – полет осуществляется автоматически без вмешательства человека с помощью автопилота по первоначально заданным

параметрам, но при этом оператор может вносить изменения в маршрут в интерактивном режиме. Таким образом, оператор имеет возможность влиять на результат функционирования, не отвлекаясь на задачи пилотирования.

Ручное управление может быть одним из режимов для БПЛА, а может быть единственным способом управления. БПЛА, лишенные каких-либо средств автоматического управления полётом – радиоуправляемые авиамodelи – не могут рассматриваться в качестве платформы для выполнения серьезных целевых задач.

Последние два способа в настоящее время являются наиболее востребованными со стороны эксплуатантов беспилотных систем, т.к. предъявляют наименьшие требования к подготовке персонала и обеспечивают безопасную и эффективную эксплуатацию систем беспилотных летательных аппаратов. Полностью автоматическое управление может быть оптимальным решением для задач аэрофотосъемки заданного участка, когда нужно снимать на большом удалении от места базирования вне контакта с наземной станцией.

В то же время, поскольку за полет отвечает лицо, осуществляющее запуск, то возможность влиять на полет с наземной станции может помочь избежать внештатных ситуаций.

3. БАС

Для выполнения специальных задач, в частности для аэрофотосъемки, БПЛА должен рассматриваться в совокупности с его приборным оснащением и полезной нагрузкой, для чего введен термин беспилотная авиационная система (БАС).

БАС, помимо БПЛА, состоит из бортового комплекса управления, полезной нагрузки и наземной станции управления.

1. Бортовой комплекс:

- ✓ Интегрированная навигационная система;
- ✓ Приемник спутниковой навигационной системы;
- ✓ Автопилот. Задачи автопилота:
 - пилотирование:
 - автоматический полет по заданному маршруту,
 - автоматический взлет и заход на посадку,
 - поддержание заданной высоты и скорости полета, стабилизация углов ориентации.
 - принудительная посадка в случае отказа двигателя или прочих серьезных неполадок.
 - программное управление бортовыми системами и полезной нагрузкой, например стабилизация видеокамеры и синхронизация по времени и координатам срабатывания затвора фотоаппарата, выпуск парашюта.
- ✓ Накопитель полетной информации.

2. К полезной нагрузке для задач аэрофотосъемки относится цифровая фотокамера, как дополнение могут использоваться видеокамера, тепловизор, ИК-камера.

3. Функции наземного пункта управления:

- ✓ слежение за полетом;
- ✓ прием данных;
- ✓ передача команд управления.

Предпосылки применения БПЛА для аэрофотосъемки

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).

Данные спутниковой съемки позволяют получить снимки с максимальным общедоступным разрешением 0,5 м, что недостаточно для крупномасштабного картирования. Кроме того, не всегда удается подобрать безоблачные снимки из архива. В случае съемки под заказ теряется оперативность получения данных. В отношении компактных участков операторы и дистрибьюторы зачастую не проявляют гибкой ценовой политики.

Традиционная аэрофотосъемка, которая проводится с помощью самолетов (Ту-134, Ан-2, Ан-30, Ил-18, Cessna, L-410) или вертолетов (Ми-8Т, Ка-26, AS-350) требует высоких экономических затрат на обслуживание и заправку, что приводит к повышению стоимости конечной продукции.

Применение стандартных авиационных комплексов нерентабельно в следующих случаях:

- ✓ Съемка небольших объектов и малых по площади территорий. В этом случае экономические и временные затраты на организацию работ, приходящиеся на единицу отснятой площади, существенно превосходят аналогичные показатели при съемке больших площадей (тем более для объектов, значительно удаленных от аэродрома);
- ✓ При необходимости проведения регулярной съемки в целях мониторинга протяженных объектов: трубопроводы, ЛЭП, транспортные магистрали.

Таким образом, плюсами применения БПЛА являются:

1. Рентабельность
2. Возможность съемки с небольших высот и вблизи объектов. Получение снимков высокого разрешения.
3. Оперативность получения снимков.
4. Возможность применения в зонах чрезвычайных ситуаций без риска для жизни и здоровья пилотов.

Стоит отметить, что технология аэрофотосъемки с БПЛА в значительной степени отработана. В настоящее время большая часть существующих и эксплуатируемых БПЛА предназначены для воздушной разведки и наблюдения, которые осуществляются с помощью фото- и видеосъемки.

Факторы, сдерживающие развитие рынка

1. На сегодняшний день развитие рынка гражданских БПЛА, в том числе и для нужд аэрофотосъемки, тормозится отсутствием нормативно-правовой базы для интеграции БПЛА в единое воздушное пространство. Эта проблема не решена полностью ни в одной стране мира. В России пока предприняты только первые шаги в этом направлении. С 1 ноября 2010 года вступили в силу новые Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации. Впервые в этот документ включено определение беспилотного летательного аппарата, а также введены положения относительно порядка использования беспилотного летательного аппарата в воздушном пространстве. Однако этот документ должен быть дополнен рядом сопутствующих документов, содержащих подробные правила и инструкции.

Пока что, не дожидаясь создания нормативно-правовой базы, беспилотные системы, закупают структуры, имеющие особые полномочия (пограничники, полиция, МЧС).

В настоящее время легальные запуски БПЛА в коммерческих целях осуществляются на основании разрешения, технология получения которого отработана компаниями-поставщиками БПЛА. При этом ответственность за полет лежит на операторе, который осуществляет запуск.

2. Повышенная аварийность БПЛА. В настоящее время БПЛА не снабжены системой распознавания препятствий и ухода от столкновений, кроме того, многие модели оснащены не вполне совершенными автопилотами (для удешевления стоимости и уменьшения веса бортового оборудования). Риск потери аппарата и оборудования приводит к тому, что многие компании могут предпочесть покупать не БПЛА, а летные часы у организаций, которые бы специализировались на беспилотных запусках.
3. Не урегулированы до конца вопросы сертификации, страхования, регистрации.

Обзор моделей БПЛА, разработанных в целях аэрофотосъемки

Исходя из вышеприведенного, можно сформулировать ряд признаков для определения аэрофотосъемочных БПЛА.

1. Тип конструкции: БПЛА самолетного или вертолетного типа.
2. Способ управления: автоматический или полуавтоматический.
3. БПЛА для аэрофотосъемки в целях картографирования должен иметь на своем борту полноценный автопилот, способный выдерживать параметры съемки (маршрут, углы наклона фотоаппарата, процент продольного и поперечного перекрытия, высоту и т.д.) даже при малой массе аппарата в широком диапазоне метеоусловий.
2. Полезная нагрузка: откалиброванная цифровая автоматическая фотокамера (возможно в качестве дополнения видеокамера, тепловизор и ИК-камера), отсутствие излишней целевой нагрузки, необходимой для военных беспилотников.
3. На сегодняшний день это должны быть модели, летающие на малых высотах (в классе воздушного пространства G с высотой до 4,5 км в ненаселенных территориях, в пределах которого планируется ввести уведомительный порядок полетов для малой и беспилотной авиации). Получение разрешения на полеты в классах A и C пока возможно только военными.
4. Коммерчески доступные – выдержавшие экспериментальные полеты и поступившие в серийное производство.
5. С помощью модели выполнены фотограмметрические проекты, на которые есть ссылки на сайте производителя, либо по материалам проектов выпущены статьи. На сайте компании есть указание, что главным или одним из назначений является аэрофотосъемка.

Отечественные модели

В таблице 2 подробно рассмотрены три модели БПЛА отечественного производства, разработанные специально для аэрофотосъемки: ZALA 421-Ф, Птеро-Е4 и Дозор-50. Эти модели удовлетворяют вышеперечисленным признакам и активно применяются на практике. Российские эксплуатанты БПЛА предпочитают закупать отечественные модели, поскольку данная техника требует высокого уровня тех. поддержки (тестирование перед покупкой, обучение работе с БПЛА персонала) и оперативного сервиса (ремонт, зап. части). Кроме того, ввоз импортных БПЛА сопряжен с таможенными хлопотами и получением разрешений (техника потенциально может быть использована в военных целях).

Зарубежные разработки

В таблице 3 приведены некоторые зарубежные модели БПЛА, предназначенные для аэрофотосъемки. Модели были отобраны из списка UVS International и удовлетворяют вышеперечисленным признакам.

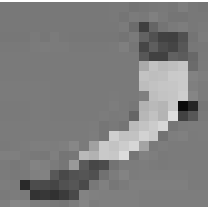
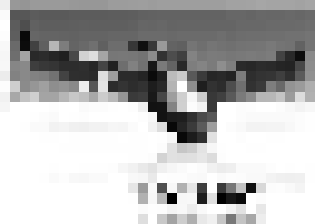

Таблица 2. Отечественные БПЛА, разработанные специально для аэрофотосъемки


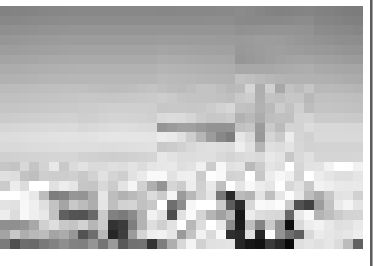
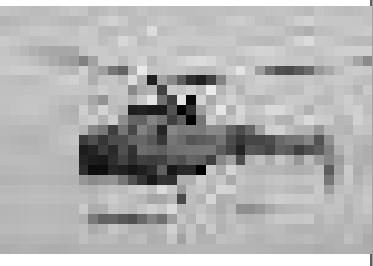
Модель	ZALA 421-Ф	Птеро-Е4	Дозор-50
Фото			
Производитель	«Беспилотные системы ЗАЛА АЭРО» (на международном рынке A-Level Aerosystems), Россия, Ижевск http://zala.aero	«АФМ-Серверс», Россия, Москва www.ptero.ru	ЗАО «Транзас», Россия, Санкт-Петербург http://avia.transas.com
Краткое описание с сайта	Отвечая на потребности рынка аэрофотосъемки инженеры компании разработали специальный комплекс ZALA 421-04Ф. Комплекс разработан на базе серийного беспилотного самолета ZALA 421-04 специально для решения задач аэрофотосъемки.	Комплекс Птеро на базе БЛА Птеро Е, предназначен для проведения аэрофотосъемки днем и ночью в полностью автоматическом режиме, имеет как аварийное, так и профилактическое применение. Предназначен для решения задач: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Оперативной и систематической дистанционной диагностики протяженных и площадных объектов; ✓ Картографирования, паспортизации. 	БЛА "Дозор-50" (ранее известный как проект "Дозор-2") является компактной беспилотной авиационной платформой для проведения различных видов авиационного мониторинга как со стандартной целевой нагрузкой, так и с аппаратурой заказчика. БЛА "Дозор-50" с цифровой фотокамерой представляет собой идеальное решение для выполнения аэрофотосъемочных работ в качестве поставщика первичной фотографической информации.
Масса пустого, кг	4,1	9,5	32
Макс. взлетная масса, кг	4,5	20	50
Размах крыла, м	1,6	3,03	4
Тип двигателя	Электрический двигатель	Вентильный электродвигатель	Бензиновый двигатель ДВС 3W - 106
Макс. дальность полета, км	Не менее 100	130	600
Рабочая высота полета, м	50-500	Минимальная безопасная высота 80, до 1км (зависит от задач)	500 - 1000
Практический	Не менее 3600	2000	4000

Модель	ZALA 421-Ф	Птеро-Е4	Дозор-50
потолок (высота), м			
Время полета, ч	1,5	Электрический вариант (Птеро-Е4) – 1,5 Бензиновый вариант (Птеро_G0) – 6	6
Скорость км/ч	65-120	85-115 (крейсерская) , 180 (максимальная)	Минимальная безопасная – 80, крейсерская 110-130
Старт	С помощью эластичной или механической катапульты	Автоматический с пневматической катапульты	По самолетному: 100 м разбег
Приземление	В точку старта на парашюте в автоматическом либо полуавтоматическом режиме	Автоматическое на парашюте с амортизационной подушкой	По самолетному: 100 м пробег
Режимы полета	Полет в автоматическом или полуавтоматическом режиме	Полностью автоматический и полуавтоматический с возможностью смены траектории в полете	Автоматический и полуавтоматический
Бортовое оборудование и полезная нагрузка	Цифровой фотоаппарат Canon 550 D (18 мегапикселей)	В зависимости от выполняемых задач можно установить: фотокамеру CANON 5D (12 мегапикселей) с различными объективами; тепловизор VarioCAM hr head 480; высокоточный GPS приемник TOPCON euro 160; лазерный дальномер собственной разработки до 600м с разрешением 1м; фотовспышку собственной разработки для ночной съемки с высот 100-150м; либо другую полезную нагрузку весом до 3кг с габаритами, позволяющими разместить в отсеке полезной нагрузки.	Модуль автопилота разработки ЗАО «Транзас Авиация», малогабаритная инерциальная система разработки ООО «Транзас Телематика», встроенный ГЛОНАСС/GPS приемник, бортовой накопитель полетной информации, система воздушных сигналов, командная радиопередача. Видеокамера переднего обзора, фотокамера CANON 21 мегапикселей.
Подробное описание	http://zala.aero/ru/uav/1264672544.htm	http://www.ptero.ru/bpla/ttx/	http://www.uav-dozor.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=13&Itemid=
Дополнительная информация	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Укреплен для возможности его многократного применения на неподготовленных площадках. ✓ Плавучесть БЛА. ✓ Режим фото, видео, тепловизионной съемки. ✓ Передача видео в режиме онлайн и запись на борту. 	Один из самых тяжелых БЛА в России на электрической тяге, в разработке бензиновый вариант (лето 2011г. начало опытной эксплуатации), дальность и продолжительность бензинового варианта в 5 раз выше Ptero E4. Остальные параметры аналогичны.	В настоящее время на основании 4-х летнего опыта применения БЛА Дозор-50 в качестве АФС разрабатывается новая более универсальная модель БЛА "Филин-1". Заводские испытания планируются провести в период с мая по июль 2011 г.
Проекты	Различные проекты для предприятий ТЭК и силовых ведомств РФ.	1. В период с 14.10.2010 по 08.11.2010 выполнены работы по съемке шахтных отвалов. 2. Выполнение землеустроительных работ по	Комплекс прошел апробацию в ряде экспериментальных проектов по аэросъемке и подготовлен к серийному производству.

Модель	ZALA 421-Ф	Птеро-Е4	Дозор-50
		<p>СНТ «Аллея Перова», расположенному в Клинском районе Московской области.</p> <p>3. Участие БЛА Птеро в учениях по организации взаимодействия и устранения сложных технологических нарушений в электрических сетях в условиях низких температур, организованных Холдингом МРСК и МРСК Северо-Запада в конце сентября – начале октября 2009 года на территории Новгородской области.</p> <p>Осуществлены и другие проекты, информация по которым, а также образцы данных получаемых с БЛА Птеро доступны в коммерческом отделе компании.</p>	<p>http://www.uav-dozor.ru/index.php?option=com_content&task=blogsection&id=3&Itemid=25</p>

Таблица 3. Зарубежные БПЛА для аэрофотосъемки

Производитель	Название модели	Фото	д винта, мРазмах крыла/	Масса, кг	Рабочая высота, м	Тип двигателя	Информация
SmartPlanes AB, Швеция www.smartplanes.se	SmartOne – Personal Aerial Mapping System Самолёт, построенный для аэрофотосъемки небольших территорий. http://www.smartplanes.se/technical/specifications/		1,2	1,1 (МВМ)	200	Электрический	Проекты: http://www.smartplanes.se/category/projects/
Gatewing NV, Бельгия www.gatewing.com	Gatewing X100 Модель разработана именно для аэрофотосъемки и презентована на Интергео в Кельне, 2010. http://www.gatewing.com/DB/media/180.pdf		1	1,9	150	Электрический	Ссылка на реализованный проект: http://www.gim-international.com/news/id5349-Successful_Photography_Trial_with_Unmanned_Aerial_Vehicle.html
CropCam, Канада http://cropcam.com/	CropCam Предназначен для проведения аэрофотосъемки высокого разрешения и мониторинга линейных и площадных территорий.		2,5	3 (МВМ)	200-600	Электрический	CropCam имеет официального дилера в России и, соответственно, российских пользователей www.forgis.ru Ссылка на проекты http://www.forgis.ru/content/photo/index.php Подробное описание модели на русском: http://www.netstyle.kz/index.php?p=data&lang_id=1&id=24&lv=2

Производитель	Название модели	Фото	d винта, м Размах крыла/	Масса, кг	Рабочая высота, м	Тип двигателя	Информация
C-ASTRAL d.o.o., Словения http://c-astral.com	Bramor Предназначен для аэрофотосъемки и мониторинга http://c-astral.com/products/bramor-uas/technical-data/		2,3	3,6	300	Электрический	Страница про аэрофотосъемку в разработке
Norut (North Research Institute), Норвегия http://uas.norut.no	CryoWing Модель специально разработана для применения в условиях крайнего севера с низкими температурами и ветрами с целью мониторинга и картирования снежных покрытий и береговой линии Норвегии. http://uas.norut.no/UAV_Remote_Sensing/CryoWing.html		3,8	30	2500	Бензиновый	Список проектов: http://uas.norut.no/UAV_Remote_Sensing/Projects.html Эта модель пока не является коммерческой, но она имеет хорошие перспективы для северных районов России, поэтому добавлена в список.
Geocopter B.V., Нидерланды www.geocopter.nl	Geocopter БАС вертолетного типа для гражданского применения в целях мониторинга чрезвычайных ситуаций, а также для применения в целях фотограмметрии. http://www.epicos.com/EPCompanyProfileWebContent/GEOCOPTER2/GC-201_UAS.pdf Компания IGI (известный производитель цифровых камер DigiCam и навигационных систем для аэрофотосъемки), оснастила своей продукцией эту модель в рамках совместного проекта. http://www.igi.eu/uav.html		2.8	35	900	Бензиновый	Статья об использовании http://www.geocopter.nl/documents/120_Geocopter.pdf Ссылка на статью о четырех выполненных фотограмметрических проектах, выполненных с помощью Geocopter с мелкоформатными цифровыми камерами Fuji FinePix Pro S5, Canon D20, Nikon 2DXS http://www.geocopter.nl/documents/214.pdf

Резюме

На сегодняшний день БПЛА для аэрофотосъемки – это в основном легкие аппараты из классов «микро» до 5 кг и «мини» до 30 кг.

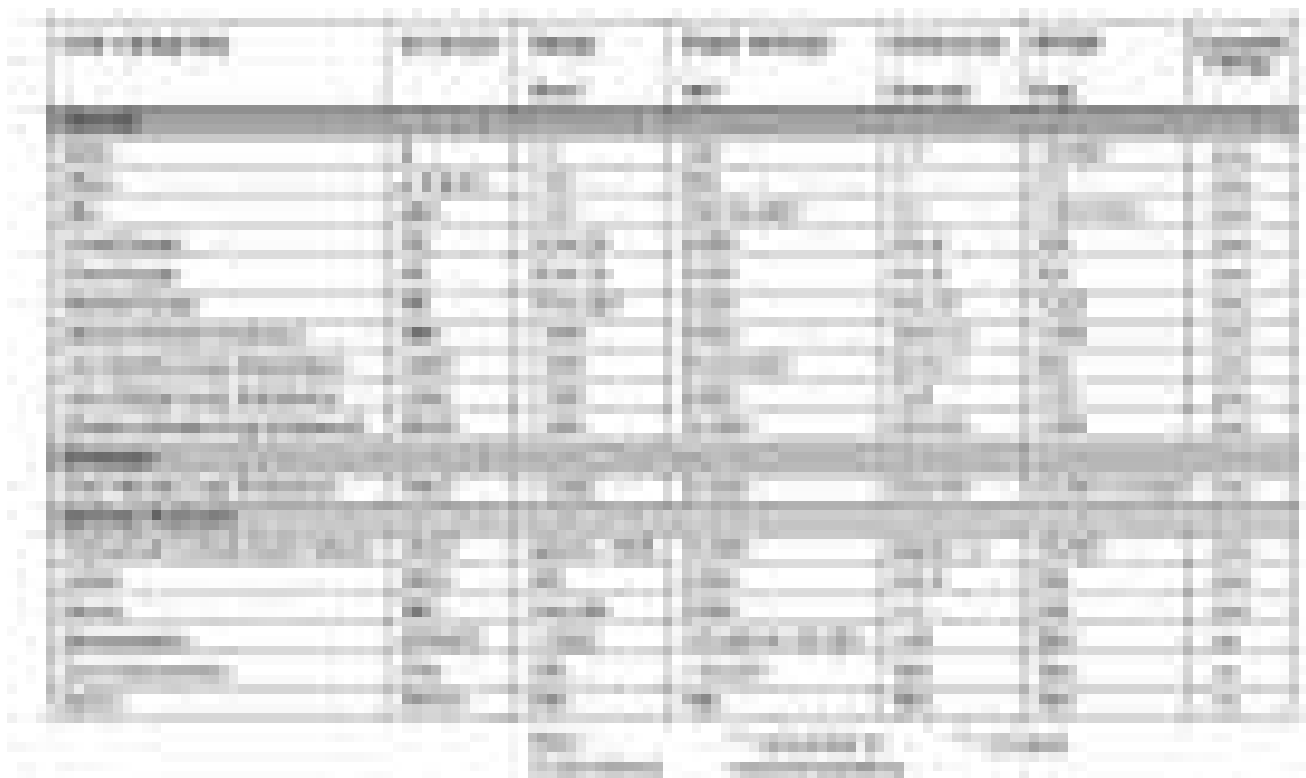


Диаграмма 2. Классы БПЛА по данным UVS International.

Результаты аэрофотосъемки с БПЛА могут применяться в разных областях, таких как рекламная съемка объектов недвижимости, различный мониторинг (экологический, сельскохозяйственный) и т.д.

Выполнение аэрофотосъемки с целью профессионального картографирования предъявляет повышенные требования к выходным данным, а именно к выдерживанию геометрических параметров съемки. Небольшие БПЛА экономичны в эксплуатации и портативны, однако менее стабильны с этой точки зрения. Как следствие, блоки снимков, полученные с БПЛА, обладающие отличной детальностью, яркостью и контрастом могут иметь низкое фотограмметрическое качество с точки зрения традиционных фотограмметрических пакетов.

Широкое применение беспилотников для профессиональной картографической аэрофотосъемки возможно при консолидации усилий как производителей БПЛА (в том числе производителей полноценного бортового оборудования), так и разработчиков профессионального фотограмметрического программного обеспечения. С одной стороны должно повышаться качество съемки, с другой стороны программные пакеты должны быть доработаны в сторону снижения требований к входным данным в случае работы со снимками, полученными с БПЛА.

Детальный анализ проблем, возникающих при фотограмметрической обработке данных с БПЛА, рекомендации по используемым камерам и средствам позиционирования, особенностям фотограмметрической обработки этих данных, примеры получения конечных продуктов картографического качества в ЦФС РНОТОМОД являются предметом продолжения данного обзора, которое будет опубликовано в ближайшее время.

Список литературы:

1. www.uvs-international.org
2. <http://zala.aero>
3. www.ptero.ru
4. <http://avia.transas.com>
5. www.smartplanes.se
6. www.gatewing.com
7. <http://cropcam.com/>
8. <http://c-astral.com>
9. <http://uas.norut.no>
10. www.geocopter.nl
12. Салычев О.С. Автопилот БПЛА с инерциальной интегрированной системой – основа безопасной эксплуатации беспилотных комплексов. http://www.uav.ru/articles/TeKnol_Autopilot.pdf
13. Чистяков Н.В. Что такое ДПЛА // <http://dpla.ru/Articles/WhatIsDPLA.htm>
14. Henri Eisenbeiß. UAV Photogrammetry. ETH ZURICH. DISS. ETH NO. 18515. Zurich, 2009.