

ОБЩЕЕ НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АФК VISIONMAP A3

М.Я. Печатников (VisionMap, Израиль)

Окончил физико-математическую школу и математический факультет Тель-Авивского университета. В 1999 г. организовал компанию Telmap по разработке технологии и предоставлению навигационных услуг на мобильные телефоны, а в 2004 г. — компанию VisionMap по разработке автоматизированных систем аэросъемки, включая цифровые камеры и фотограмметрическую обработку данных. В настоящее время — президент и главный технический руководитель компании VisionMap Ltd.

Ю.Г. Райзман (VisionMap, Израиль)

В 1980 г. окончил аэрофотогеодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-аэрофотогеодезист», а в 1985 г. — аспирантуру ЦНИИГАиК по специальности «фотограмметрия». После окончания аспирантуры работал в Ташкентском аэрогеодезическом предприятии ГУГК СССР, с 1992 г. — в Геодезической службе Израиля. С 2008 г. работает в компании VisionMap Ltd., в настоящее время — заместитель директора по НИР.

Начиная с 2000 г., цифровые аэросъемочные системы находят все большее применение в практической фотограмметрии. Если в предыдущие 100 лет в основном говорили об аэрофотокамерах, то в настоящее время приходится рассуждать об аэросъемочных фотограмметрических системах, позволяющих практически в автоматизированном режиме выполнять основной комплекс фотограмметрических работ — от получения одиночного снимка до создания ортофото, а иногда и автоматического дешифрирования при составлении карт и планов.

Существующие системы различаются по конструкции аэрокамер, методам фотографирования, точности, уровню автоматизации производственных процессов и программному обеспечению. Можно провести условное деление этих систем по различным признакам, таким как тип системы фотографирования, формат кадра, количество объективов, способ стабилизации аэрокамеры и сдвига изображения, весовые и габаритные параметры, уровень авто-

матизации, вид конечной фотограмметрической продукции и ее точность.

Практически у каждой системы имеются преимущества и недостатки. Многие из них запрокированы для выполнения узкого круга специальных фотограмметрических задач, например, коридорной съемки или создания ортофотопланов.

Для массового фотограмметрического производства жизненно важными являются следующие характеристики:

— полная автоматизация процессов обработки: аэротриангуляции, создания цифровой модели местности (ЦММ) и цифровой модели рельефа (ЦМР), а также получения ортофотоплана как конечной продукции производственного процесса;

— большой формат кадра и высокая точность для эффективного проведения стереофотограмметрических работ, дешифрирования и составления картографической продукции, которые, в основном, еще не автоматизированы.

В компании VisionMap всегда считали, что полная автоматиза-

ция основных фотограмметрических процессов возможна, и, разработав аэросъемочный фотограмметрический комплекс (АФК) VisionMap A3, достигли этой цели.

VisionMap A3 — это полностью автоматизированный аэросъемочный фотограмметрический комплекс, предназначенный для проведения основных видов фотограмметрических работ — от аэросъемки до создания ортофотопланов. АФК VisionMap A3 состоит из бортового и наземного сегментов обработки информации.

▼ Бортовой сегмент

Он включает цифровую аэрокамеру с двумя объективами и двумя ПЗС (CCD) матрицами, двухчастотный приемник GPS с поддержкой сервиса OmniSTAR, специальный бортовой компьютер для управления работой камеры и бортовых устройств, навигационный компьютер для пилота или штурмана, также связанный с камерой. Бортовой компьютер обеспечивает работу аэрокамеры в соответствии с заданием, выполняет разного

рода тестирование и контроль работы камеры, позволяет провести визуальную проверку и радиометрический анализ получаемого изображения и, при необходимости, изменить установки камеры во время полета. Он содержит съемный модуль Flash-памяти, объемом 0,5 Тбайт, достаточным для выполнения аэросъемки в течение 6–8 часов. После приземления модуль памяти с информацией (цифровые изображения, данные приемника GPS, информация о работе комплекса) передается в наземный сегмент для дальнейшей обработки.

Аэрокамера состоит из станины для установки камеры, двух спаренных метрических длиннофокусных объективов, оси вращения объективов и мотора для управления угловым движением объективов (рис. 1). Объективы синхронно поворачиваются на оси поперек линии полета. Система поворота включает мотор, механизм трансмиссии, счетчик импуль-

сов, переключатели и электронную систему управления. Основные технические характеристики камеры приведены в таблице. Для управления камерой при аэросъемке специально разработан бортовой компьютер, включающий двухчастотный приемник GPS, съемный модуль памяти, блок подачи напряжения, интерфейсы соединения с камерой, монитором контроля и навигационным компьютером.

Для аэрокамеры была разработана специальная зеркально-оптическая система объектива. Общее фокусное расстояние объектива 300 мм позволяет проводить аэросъемку с большой высоты и с высоким разрешением на местности. Дополнительным положительным эффектом при полетах на большой высоте является увеличение площади съемки и, тем самым, уменьшение количества дорогостоящих съемочных часов. Разработанная зеркально-оптическая система позволила существ-

венно уменьшить размер и вес оптической системы, а также выполнять аэросъемку в различных температурных условиях: от -30°C до $+45^{\circ}\text{C}$.

В аэрокамере VisionMap A3 в момент экспонирования на качество изображения влияет поступательное движение самолета, угловое движение объективов и общая вибрация самолета. Для учета и компенсации этих движений была разработана единая зеркальная система компенсации, основанная на использовании сенсоров ускорения и данных приемников GPS для вычисления скорости самолета. В соответствии с результатами вычислений в момент экспозиции система поворачивает зеркало, установленное внутри объектива, на нужный угол, выполняя компенсацию сдвига изображения обоих типов — линейную и угловую. Из-за небольшого веса зеркала, оперативности вычислений, скорости и точности управляющего мотора, компенсация сдвига изображения осуществляется достаточно эффективно.

Поскольку требуемая скорость перезаписи изображения из ПЗС-матрицы в модуль памяти превышает возможности стандартных шин, для поддержания интерфейса с модулем памяти запись изображения проводится со сжатием JPEG2000 без потери качества. Сжатие данных выполняется на аппаратном уровне.

В процессе аэросъемки возможен просмотр и анализ отснятого материала и на базе этих данных, при необходимости, изменение параметров аэросъемки.

Установка бортового сегмента на борт летательного аппарата является одним из важных организационных моментов в аэросъемочном производстве, влияющим, по существу, на успех аэросъемки. Обычно для этого требуется несколько ча-

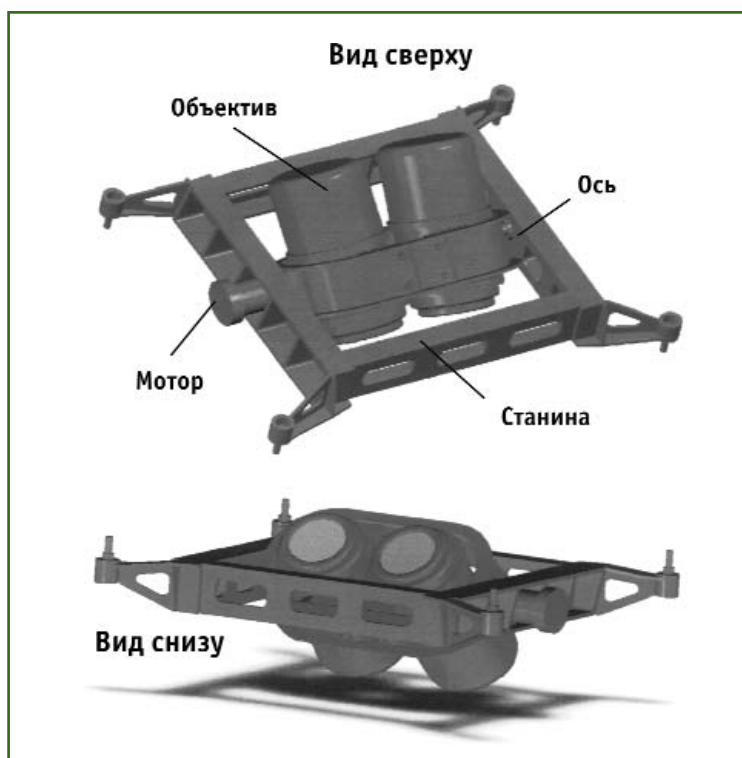


Рис. 1
Общий вид аэрокамеры VisionMap A3

Технические характеристики аэрокамеры VisionMap A3

Наименование элемента	Тип/Размер
ПЗС (CCD) матрица	Kodak KAI-11002
Цвет	RGB
Глубина цвета, бит	12
Размер пикселя, мкм	9
Оптика объектива	Система линз и зеркал
Фокусное расстояние объектива, мм	300
Апертура объектива	f/4,5
Угол поля зрения одного объектива, °	6,9x4,6
Время поворота объективов, с	3–4
Суммарный угол поля зрения камеры, °	13x104
Одиночный кадр, пиксель	4006x2666
Двойной кадр, пиксель	~7812x2666
Перекрытие между одиночными кадрами в направлении полета, пиксель	~100
Квази-снимок для стереосъемки, пиксель	62 517x7812
Максимальное количество двойных кадров на один поворот	27
Компенсатор линейного и углового сдвигов изображения	Зеркально-оптическая система компенсации сдвига изображения
Скорость съемки, кадров/с	7
Скорость чтения данных, Мбайт/с	155
Тип компрессии изображения	JPEG2000
Максимальное время съемки, час	5
Вес камеры, кг	~30
Размер камеры, см	70x70x30
Температурный диапазон аэросъемки, °C	От -30 до +45

сов и достаточное количество людей, ответственных за установку, используется множество комплектующих элементов, что делает процесс сложным и ответственным. Кроме того, оборудование имеет не только большое количество комплектующих элементов, но и значительную массу, поэтому необходимы специальные средства перевозки. В случае с АФК VisionMap A3, за счет небольших габаритов и веса комплекса, установка может быть проведена одним оператором в течение 10–15 мин и, в принципе, не требует специальных средств перевозки (рис. 2). Бортовая часть АФК VisionMap A3 состоит из следующих элементов: аэро-

камеры (15 кг), бортового переносного компьютера (10 кг) со съемным модулем памяти (1 кг) и навигационного компьютера для пилота или штурмана (2 кг). Наличие небольшого количества оборудования в бортовой части АФК обеспечивает простоту монтажа и проведения пред- и послеполетных работ. Дополнительно упрощается работа по обслуживанию и тестированию аэрокамеры.

▼ Наземный сегмент

Сегмент состоит из группы серверов ПК и программного обеспечения. Стандартная конфигурация включает четыре сервера с 8 процессорами в каждом. Основное программное обеспечение содержит следующие

модули: планирования полетов и аэросъемки, переноса информации из бортового блока памяти в наземную систему, предварительной обработки данных, WEB-модуль управления подготовкой и выполнением задач, корреляции изображений и поиска связующих точек, блочной аэротриангуляции по методу связок с самокалибровкой, вычисления ЦММ и ЦМР, построения ортофотопланов и конечных ортофотомозаик. Для каждого этапа вычислений автоматически выполняется оценка точности, и создаются отчеты. При необходимости, всегда можно вернуться на любой предыдущий этап. Все процессы регулируются WEB-модулем управления, т. е. переход из процесса в процесс происходит автоматически. Дополнительно модуль управления позволяет заранее спланировать и выполнять параллельно разные проекты, дальнейшая обработка которых будет вестись автономно. Производительность системы в общем случае зависит от конфигурации компьютера, которую можно легко изменить, добавив дополнительные ресурсы, и количества параллельно выполняемых заданий. Таким образом, при необходимости выполнения срочных и больших по объему проектов, всегда можно повысить производительность системы до требуемой.

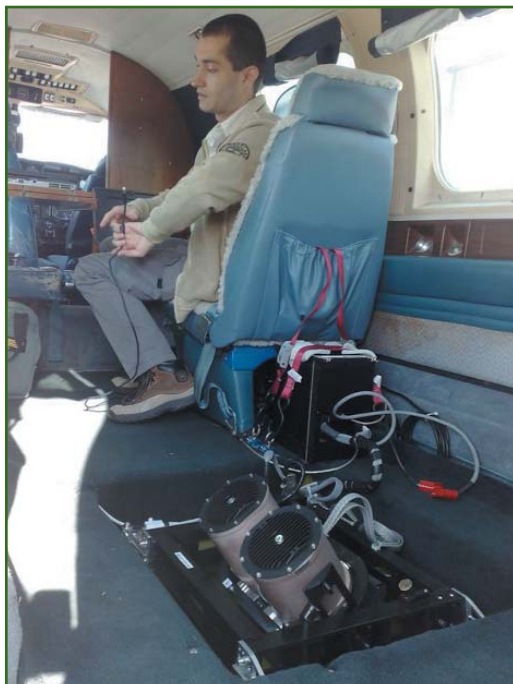
Существуют дополнительные специальные модули:

- преобразования двумерной векторной карты в трехмерную на основе ЦММ;
- проверки и оценки точности нового ортофотоплана, созданного на базе старого аэрофотосъемочного материала.

Все процессы, как основные, так и дополнительные, выполняются в автоматическом режиме.

▼ Производительность

Производительность любого фотограмметрического комплекса определяется временем

**Рис. 2****АФК VisionMap A3 на борту самолета**

полета, площадью аэросъемки и временем, необходимым на обработку информации и получение конечной фотограмметрической продукции. Опыт реализации множества проектов с помощью АФК VisionMap A3 позволяет утверждать следующее.

При выполнении достаточно типичного проекта с площадью съемки 3000 км² на высоте полета 3650 м и созданием ортофотоплана с разрешением на местности 12,5 см, время аэросъемки составит 1–2 съемочных дня. В результате аэросъемки получится примерно 250 000 одиночных базисных снимков и около 5000 квази-снимков большого формата для стереорисовки. При стандартной конфигурации наземного сегмента (4 сервера по 8 процессоров в каждом) в день можно обработать до 500 км² съемки с получением в качестве конечной продукции ортофотоплана. Таким образом, вычислительные работы займут около 6 дней. Результатом такого проекта являются одиночные базисные цифровые аэроснимки, перспективные снимки и квази-снимки для

стереорисовки с известными элементами ориентирования, ЦММ с разрешением 30–50 см, ЦМР с разрешением 5–7 м (можно и больше) и ортофотоплан на всю территорию с разрешением на местности 12,5 см.

Необходимо отметить, что вычисления ведутся с использованием одиночных базисных снимков. Вследствие их значительного количества и, соответственно, большого числа геометрических связей, достигаются высокая стабильность и точность вычислений.

Кроме вышеперечисленных технических характеристик и особенностей АФК VisionMap A3, следует отметить ее следующие принципиальные возможности:

- полная автоматизация процессов подготовки фотограмметрической продукции;
- аэросъемка включает горизонтальные и перспективные снимки с углами наклона до 52°;
- каждая точка местности изображается на большом количестве снимков и просматривается со всех сторон;
- проведение съемки с больших высот фотографирования, что особенно важно при съемке городов, где существуют ограничения полета по высоте;
- аэротриангуляция в общем случае не требует наличия опорных точек;
- ЦМР для подготовки ортофотопланов вычисляется автоматически;
- снимки (горизонтальные и перспективные) хранятся в базе данных вместе с вычисленными элементами внешнего ориентирования и дополнительной информацией, что значительно повышает доступность к ним и повторное использование.

С практической точки зрения использование АФК VisionMap A3 дает следующие преимущества.

1. Во время аэросъемки:

- сокращение полетного времени за счет увеличения высот фотографирования и пло-

щади покрытия;

- уменьшение чувствительности к изменению погодных условий за счет сокращения времени предполетной подготовки и полета;

- высокую эффективность при съемке городской территории за счет съемки с больших высот;

- уменьшение количества самолетов и камер при выполнении больших проектов или множества проектов в ограниченные сроки.

2. При фотограмметрической обработке:

- выполнение всех процессов в одном программном комплексе;

- полную автоматизацию процессов, даже при съемке городов;

- высокую производительность системы;

- возможность одновременно выполнять множество проектов в автономном режиме без вмешательства оператора;

- встроенные возможности по вычислению ЦММ и ЦМР;

- отсутствие необходимости в опорных точках;

- эффективное выполнение стереосъемки при помощи квази-снимков для стереорисовки.

Таким образом, обеспечивается сокращение затрат как на аэросъемку, так и на фотограмметрическую обработку, а в итоге уменьшается стоимость проекта в целом.

RESUME

General information, functionality and the principal characteristics of the Aerial Imaging Photogrammetric System VisionMap A3, created by the VisionMap company in 2004, are given. The VisionMap A3 main distinctive features are as follows: horizontal and perspective imaging by a single camera during a single flight, automatic creation of the DTMs and orthophotomaps as well as the full automation of all processes.