

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДВИЖНЫХ НАВИГАЦИОННО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ МОНИТОРИНГЕ ЗЕМЕЛЬ

Халин И.А.¹, Кретов Л.Т.¹, Подколзин О.А.¹, Иванников Д.И.¹, Сивоконь Ю.В.¹, Чекин В.В.¹

¹ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет», Ставрополь, Россия (355012, Ставрополь, пер. Зоотехнический 12), e-mail: sgaukadastr26@mail.ru

В статье дано описание подвижного навигационно-геодезического комплекса ПНГК-1, авиационного комплекса лазерного и оптического сканирования земной поверхности FALCON II германской фирмы TopoSys и программный комплекс TopPIT для всесторонней камеральной обработки результатов сканирования, рассмотрены возможности аэрофотограмметрического оборудования в целях расширения области применения комплекса по сравнению со стандартной аэрофотосъемкой на сканирование крупных площадей земной поверхности, определены задачи, решаемые геодезическим комплексом. Обосновывается использование новых технологий воздушного сканирования земной поверхности, что обеспечит высокую степень автоматизации обработки информации и высокую производительность. Рассмотрены особенности монтажа и калибровки оборудования, обосновывается необходимость и целесообразность применения программного пакета TopPIT для повышения точности, надежности, быстродействия и информационной гибкости всего комплекса.

Ключевые слова: подвижный навигационно-геодезический комплекс ПНГК-1, авиационный комплекс лазерного и оптического сканирования земной поверхности FALCON II, воздушное сканирование, аэрофотограмметрия, аэросъемка.

POSSIBILITIES OF USE OF MOBILE NAVIGATION AND GEODETIC COMPLEXES AT REMOTE MONITORING OF LANDS

Khalin I.A.¹, Kretov L.T.¹, Podkolzin O.A.¹, IvannikovD.I.¹, SivokonYu.V.¹, Chekin V.V.¹

¹Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia (355012, Stavropol, Zootechnichesky Lane 12), e-mail: sgaukadastr26@mail.ru

In article the description of the mobile navigation and geodetic PNGK-1 complex, aviation complex of laser and optical scanning of a terrestrial surface of FALCON II of the German firm TopoSys and the program TopPIT complex for comprehensive cameral processing of results of scanning is given, possibilities of the aerofotogrammetrichesky equipment for expansion of a scope of a complex in comparison with standard air photography on scanning of the large areas of a terrestrial surface are considered, the tasks solved by a geodetic complex are defined. Use of new technologies of air scanning of a terrestrial surface that will provide high extent of automation of information processing and high efficiency locates. Features of installation and equipment calibration are considered, need and expediency of application of a software package of TopPIT for increase of accuracy, reliability, speed and information flexibility of all complex locates.

Keywords: mobile navigation and geodetic PNGK-1 complex, aviation complex of laser and optical scanning of a terrestrial surface of FALCON II, air scanning, aerofotogrammetriya, aerial photograph.

В настоящее время в российских Вооруженных силах проводится работа по созданию современного самолета-картографа нового поколения. Напомним, что аэрофотосъемка местности сегодня выполняется соответствующими подразделениями ВВС, на вооружении которых находятся самолеты, оборудованные аэрофотосъемочной аппаратурой. В целях заблаговременной подготовки геопространственной информации и ее оперативного получения и обновления Топографической службой ВС РФ созданы и приняты на снабжение современные образцы вооружения и военной техники – программно-технические комплексы. В частности, для хранения и выдачи геопространственной информации, для получения

астрономо - геодезических и гравиметрических данных - подвижный навигационно-геодезический комплекс ПНГК-1. С развитием цифровых технологий и получением материалов ДЗЗ в цифровой форме, разработаны и внедряются в производство новые программно-аппаратные комплексы и средства, созданные как специалистами научно-исследовательской организации Топографической службы ВС РФ, так и организациями-разработчиками программно-аппаратных средств РФ. В 2013 году была закончена опытно-конструкторская работа, результатом которой стали разработка и принятие на снабжение программно-аппаратных комплексов: единой автоматизированной системы обеспечения геопространственной информацией и системы цифровой информации о местности. Обе системы являются составными частями подсистемы топогеодезического и навигационного обеспечения перспективной автоматической системы управления войсками. Такие комплексы могут успешно применяться на воздушных носителях или быть наземными системами [4].

Комплекс ПНГК-1 предназначен для оперативного определения плановых координат и высот точек местности в движении и на остановках. Применяется при заблаговременной подготовке территории в топогеодезическом отношении и при оперативном навигационно-геодезическом обеспечении [3].

Решаемые ПНГК-1 задачи:

- определение координат и высот пунктов специальных геодезических сетей;
- определение координат и высот точек местности по маршрутам передвижения;
- обследование и восстановление геодезических сетей в перепланируемых районах;
- контроль геодезической привязки элементов обстановки.

Интерес к авиационным геодезическим лазерным сканирующим комплексам вызван рядом несомненных потенциальных преимуществ, которые эти средства могут обеспечить по сравнению с традиционной аэрофотосъемкой.

В статье представлен новый для российского рынка высокоточный комплекс лазерного сканирования земной поверхности FALCON II германской фирмы TopoSys, построенный на оригинальных технических решениях и обладающий уникальными потребительскими характеристиками. Аппаратно FALCON II состоит из трех функциональных блоков. Первый— измерительный— содержит многоканальный лазерный сканер LIDAR, цифровую авиационную фотокамеру (поставляемый опционно-линейный, т.е. оптический, сканер с зеленым, красным, синим и инфракрасным каналами) и инерциальную навигационную систему с GPS корректором. Второй— вычислительный— это специальный компьютер и третий— пульт оператора (рис. 1).



Рис.1. Состав и размещение комплекса FALCON II на борту

Элементы первого блока, чувствительные к нестабильности взаимного пространственного расположения монтируются жестко по отношению к друг другу на едином «навигационном» основании подобно астроинерциальным навигационным системам космических кораблей.

Для всесторонней камеральной обработки результатов сканирования фирмой поставляется программный комплекс TopPIT.

Оптоволоконный лазерный сканер LIDAR работает на длине волны 1560 Нм и обеспечивает измерение расстояний до «сцены» с погрешностью не более 2 см.

Существенно новым является то, что световые импульсы сканера поочередно передаются и синхронно принимаются им по двум отдельным «связкам», состоящим из 127 оптоволоконных световодов каждая, в которых направления лазерных излучателей и приемников друг относительно друга строго фиксированы с общим углом раствора в 14.3 градуса. Понятно, что такая жесткая «веерная» оптоволоконная конструкция имеет многочисленные преимущества по сравнению с обычными «зеркальными» системами, в которых пространственное качание лазерного луча задается вращающимся зеркалом [7].

В схему сканера дополнительно введен высокостабильный калибровочный контур, который позволяет убрать временные задержки и нестабильности как оптических, так электронных каскадов сбора дальномерной информации. В результате лазерный сканер комплекса воспринимает и обрабатывает до девяти возвратных сигналов от отражающих поверхностей сцены, находящихся на разных высотных уровнях. Это обеспечивает необычайно полную информацию для пространственной фильтрации поверхностей, т.е. отделения рельефа местности от рельефа растительного покрова и строений, на ней находящихся.

Частота следования световых импульсов в комплексе FALCON II составляет 83 гц. Высокий темп измерений приводит к многократному частичному перекрытию облучаемой на конкретном интервале времени зоны земной поверхности, т.е. к значительной

избыточности коррелированных измерений. Это позволяет применять методы математической обработки отраженных световых сигналов, которые сходны по своим свойствам со случайными, что с успехом и выполняется компьютером комплекса и в последующей камеральной обработке модулями пакета. В результате достигаются чрезвычайно высокие точность, разрешение и стабильность работы комплекса.

Линейный сканер фиксирует цифровые изображения в четырех цветовых компонентах: красном, зеленом, синем и ближнем инфракрасном. Он построен с применением высококачественных оптической и светочувствительной систем, которые позволяют собирать данные даже в условиях плохой освещенности. Получение и накопление данных в красном, зеленом и синем каналах обеспечивает впоследствии реалистичное цветовоспроизведение (truecolor) деталей сцены, а данные красного, зеленого и инфракрасного каналов используются для получения синтезированных цветовых изображений [6].

Комплексирование и временная синхронизация прецизионного многоканального лазерного измерения дальности с высокоскоростной цифровой фото системой, имеющей кроме основных цветовых каналов ещё и инфракрасный канал, открывают комплексу новые широкие возможности обогащения и обработки информации, например, синтезирование цветовой кодировки высотных отметок рельефа, фильтрацию растительности и сооружений и т.д. Автоматический контроль экспозиции и диафрагмы устраняет необходимость в ручной настройке линейного сканера. Конечный продукт обработки данных сканирования— это точный ортотрансформированный снимок [5].

Инерциальная система и GPS приемник, работающий в дифференциальном режиме, обеспечивают непрерывное вычисление точных значений трех координат местоположения борта относительно базовой станции GPS и выбранной для проведения съемки местной или государственной системы координат, а так непрерывное определение компонент пространственной скорости движения борта и построение местной вертикали, необходимой для работы обоих сканеров и последующих многочисленных вычислений. Размещение двух сканеров и обоих навигационных средств на одной жесткой платформе привело к устранению громадного количества инструментальных погрешностей и нестабильностей и существенному упрощению вычислительных процедур [2].

Все перечисленные компоненты измерительного блока, управляемые встроенными в них процессорными средствами и вычислительным блоком, и его программным обеспечением, генерируют и обрабатывают измерительную информацию исключительно в цифровом виде. Это обеспечивает высокую степень автоматизации обработки информации и высокую производительность, расширяя тем самым область применения комплекса по

сравнению со стандартной аэрофотосъемкой на сканирование крупных площадей земной поверхности. Это обстоятельство чрезвычайно важно для понимания оснований высокой точности, надежности, быстродействия и информационной гибкости всего комплекса.

Упомянутые выше методические и конструктивные решения, принятые при создании измерительного блока, позволили специалистам компании TopoSys за короткий срок (всего три года) создать и успешно использовать в многочисленных практических работах, уникальный по разрешающей способности и точности воспроизведения ортопроекции надежный геодезический комплекс для точного сканирования земной поверхности и наземных объектов (лесной покров, городские строения, линии электропередач и т.д.). Основу этого успеха составило использование чрезвычайно высоких плотностей разнородных информационных потоков в контурах комплекса, что обеспечило получение громадных объемов избыточной информации, позволивших в результате её математической обработки достичь практически предельных характеристик воздушного сканирования земной поверхности (рис. 2, 3, 4).

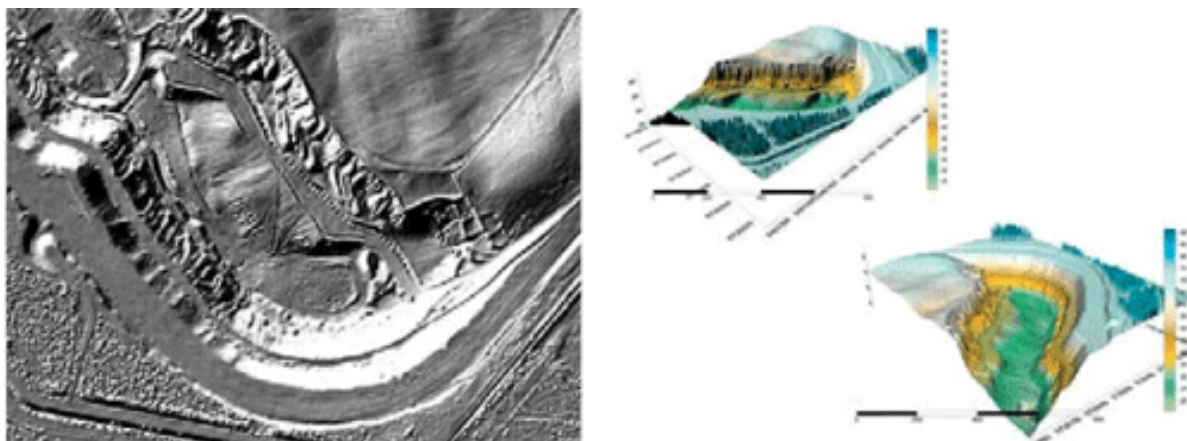


Рис.2.Использование сканера для мониторинга деградации рельефа местности

Пульт оператора FALCON II отображает результаты автотеста аппаратуры, а также всю оперативную контрольно-измерительную информацию. Отображение осуществляется в режиме реального времени в удобном и легком для понимания виде, поэтому контроль рабочего прохода борта предельно прост.

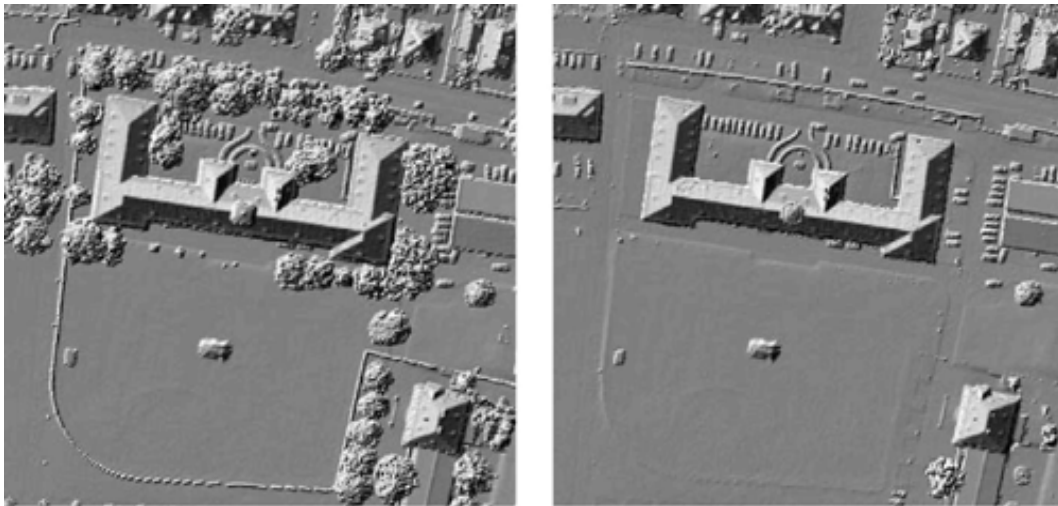


Рис. 3 Сканы городского ландшафта по первому и последнему отражению. Фильтрация растительности и выделение реального ландшафта



Рис. 4. Работа ортонормирующих программ. На правом изображении убрана вертикальная стена здания и видна проезжая часть, скрытая ранее впереди стоящим зданием

Монтаж и калибровка FALCON II на борту самолета или вертолета любого класса требует минимума механических и электрических соединений и занимает не более одного часа, поскольку все элементы первого блока собраны на жестком основании из углеродного волокна, а технологические настройки, произведенные на заводе, остаются неизменными при смене борта.

Комплекс предназначен для работы в условиях с минимальными ограничениями как днем, так и в ночное время. Естественными ограничениями являются присутствие облачности или тумана под бортом. При работе ночью невозможно получать снимки поверхности. Оптимальная высота при съемке— 1600 м над поверхностью земли выбрана как некий компромисс между такими требованиями проведения измерений от плохо отражающих поверхностей, как малого энергопотребления, высокой скорости измерений и наиболее вероятной высоты нижней кромки облачности в средних широтах.

Программный пакет TopPIT позволяет обрабатывать результаты, полученные сканером LIDAR, линейным сканером и навигационными средствами, т.е. приемником GPS и инерциальной системой, а также строить и воспроизводить изображения. В TopPIT входят и отдельные модули для анализа данных, планирования полетов и контроля качества и др. TopPIT позволяет производить:

- вычисление местоположения и пространственную ориентацию лазерной системы;
- преобразование цифровых массивов;
- создание цифровых моделей поверхности и рельефа местности (высот);
- создание достоверных ортоизображений.

Данные лазерного сканирования и навигационного местоопределения преобразуются модулем «XYZ-Coordinates» в любую систему координат. Этот массив точек сохраняется в текстовом или в двоичном формате. Цифровая модель поверхности в растровом формате получается путем сортировки данных массива точек по минимальному искажению. Используя координатную сетку (привязку) модуля TopPIT, можно получать растры различной ширины.

Модуль RGBI программы TopPIT создает ортотрансформированные снимки рельефа из одновременно произведенных снимков и данных, полученных лазерным сканером. Ортотрансформированные снимки рельефа получаются на основе цифровой модели поверхности земли (растрового изображения), данные которой берутся за основу для получения снимка местности. Цветные (в натуральных цветах и синтезированных) снимки с координатной привязкой производятся в масштабах от 1:2500 до 1:10000.

Средства фильтрации по последнему эхо позволяют устранить растительность и объекты, чтобы получить цифровую модель рельефа. Существует несколько фильтров, которые могут быть выбраны в зависимости от вида приложения, динамики рельефа и т.д.[1].

Воздушные линии электропередач выделяются из результатов измерений, полученных системой FALCON II, с помощью интерактивной программы «HSL». Эта программа воспринимает массив точек по высотам, полученных лазерным сканером, и создает 3D векторы линий ЛЭП. Представление выходных данных возможно, как в стандартных форматах, так и в форматах, задаваемых пользователем.

В целом, не будет большим преувеличением сказать, что комплекс FALCON II— это своеобразное новое слово в аэрофотограмметрии, практически уникальная разработка, постоянно расширяющая сферу своего применения и количество пользователей.

Список литературы

1. Шварев В.В. Методика оценки состояния системы с. Железнодорожной в условиях природно-технической эрозионной опасности использованием аэрокосмического зондирования : дис. докт. геогр, наук. — М.. 2006. — С. 63-65.
2. Шевченко Д.А. Создание топографических планов с использованием геоинформационных технологий и российской орбитальной группировки ГЛОНАСС/ Д. А. Шевченко, А. Ю. Перов, В. В. Чекин/ В мире научных открытий. Красноярск: 2011. Т. 21. № 9.6. С. 1327-1336.
3. Шопская Н.Б. Применение данных дистанционного зондирования для картографического обеспечения мониторинга природной среды в Ставропольском крае/ Н. Б. Шопская, О.А. Подколзин, В.А. Стукало/ Вестник АПК Ставрополя, Ставрополь: «Агрус» 2012. Т. 7. № 3. С. 107-115.
4. Шопская Н.Б. Развитие геодезии и картографии на Северном Кавказе / Н.Б. Шопская, Д.А. Шевченко, С.С. Ткаченко, Л.Т. Кретов, С.В. Одинцов // Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции / Ставрополь: Ставропольское издательство «Параграф», 2013. – С. – 261–264.
5. Сивоконь Ю.В. Объектные модели межкомпонентных связей (на примере фаций горных ландшафтов) / Ю.В. Сивоконь, Т.В. Дегтярева // Наука. Инновации. Технологии. – Ставрополь, 2011. – № 3. – С. 154-161.
6. Ткаченко С.С. Эколого-мелиоративная оценка земель террас реки Кубани / А.В. Лошаков, С.И. Лопатин, С.С. Ткаченко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. №5. / Барнаул, 2012. – С. 26-29.
7. Сивоконь Ю.В. ГИС-технологии при анализе распределения химических элементов в почве / Ю. В. Сивоконь // Aktualne problemy nowoczesnych nauk Materialy VIII Miedzynarodowej naukowii-praktycznej konferencji, 2012. – С. 50-52.

Рецензенты:

Есаулко А.Н., д.с.-х.н., профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь;

Подколзин А.И., д.б.н., профессор кафедры агрономической химии и физиологии растений, ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь.