

БЫТОВАЯ ЦИФРОВАЯ КАМЕРА КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ТОЧНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Д. Джарроуш (Jad Jarroush) — Datumate, Израиль

Окончил Израильский технологический институт в Технионе с присвоением степени бакалавра в области инженерной геодезии (2000 г.) и в области гражданского строительства (2002 г.), степени магистра в области инженерной геодезии (2002 г.) и степени доктора наук в области картографии и инженерной геоинформатики (2009 г.). В 2010 г. основал компанию Geo-Point. В настоящее время — генеральный директор компании Datumate Ltd.

В последние годы произошел крупный технологический прогресс в области цифровой фотографии, что привело к значительному улучшению качества цифровых камер и увеличению на порядок разрешения изображений. Причем повышение качества фотографий сочетается со значительным уменьшением цены на цифровые камеры. В результате специалисты впервые получили возможность применять цифровые камеры в качестве геодезического измерительного инструмента. Использование цифровых камер в области инженерной геодезии может привести к беспрецедентному повышению производительности при полевых геодезических работах.

Компания Datumate (Израиль) разработала программное обеспечение DatuGram3D, позволяющее с помощью бытовой цифровой камеры выполнять точные геодезические измерения. В основе данного программного обеспечения лежат принципы наземной фотограмметрии [1, 2].

Наземная фотограмметрия имеет несколько ключевых преимуществ.

1. Высокая метрическая точность, поскольку снимки объектов получают прецизионными камерами, а их обработку выполняют строгими методами.

2. Высокая производительность, достигаемая не средствами измерений на объекте, а за счет оперативного получения его цифровых изображений. Это позволяет автоматизировать процессы вычисления геометрических параметров объекта по фотоснимкам в камеральных условиях.

3. Объективность и достоверность данных, так как информацию об объекте получают путем фотосъемки.

4. Возможность повторения измерений в случае получения спорных результатов.

5. Получение в короткий срок информации о состоянии как всего объекта, так и его отдельных частей.

6. Безопасность работ, поскольку измерения выполняются безконтактным методом. Это имеет особое значение, когда объект недоступен или пребывание в его зоне опасно для здоровья человека.

Использование специализированного программного обеспечения для наземной фотограмметрии превращает компьютер в высокоточное измерительное средство. Координаты точек на цифровых изображениях заменяют необходимые для их вычисления расстояния, горизонтальные и вертикальные углы, определяемые с помощью геодезических прибо-

ров в полевых условиях. Однако обычно трудно заранее определить точное пространственное положение камеры во время съемки. Более того, на изображении показывается только небольшой сегмент пространства вокруг камеры. Таким образом, определение точного расположения и ориентации камеры должно основываться на хорошо известных опорных точках по всей области измерения.

Было проведено множество полевых испытаний для проверки качества результатов и оценки точности координат, полученных с помощью фотограмметрической модели, созданной в программном обеспечении DatuGram3D. В полевых условиях координаты опорных и контрольных точек на объектах были измерены с помощью безотражательного тахеометра с точностью измерения горизонтальных и вертикальных углов 3", а дальности — 5 мм (без призмы) при расстоянии до 250 м. Это позволяет определить координаты точек снимаемого объекта, находящегося на расстоянии 70–80 м относительно точки установки тахеометра, с предельной погрешностью 5–10 мм.

На рис. 1 и 2 показаны примеры исследования предлагаемого метода при съемке фасада

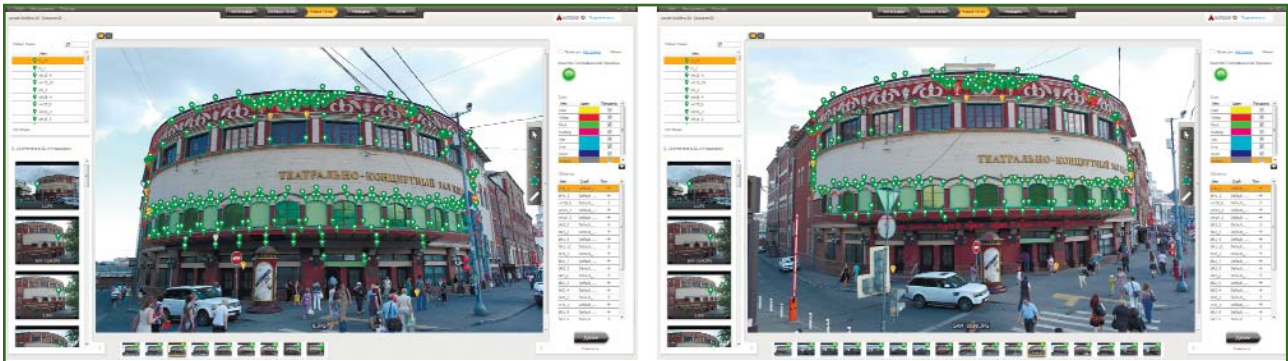


Рис. 1

Пример исследования фотограмметрической модели для съемки фасада здания

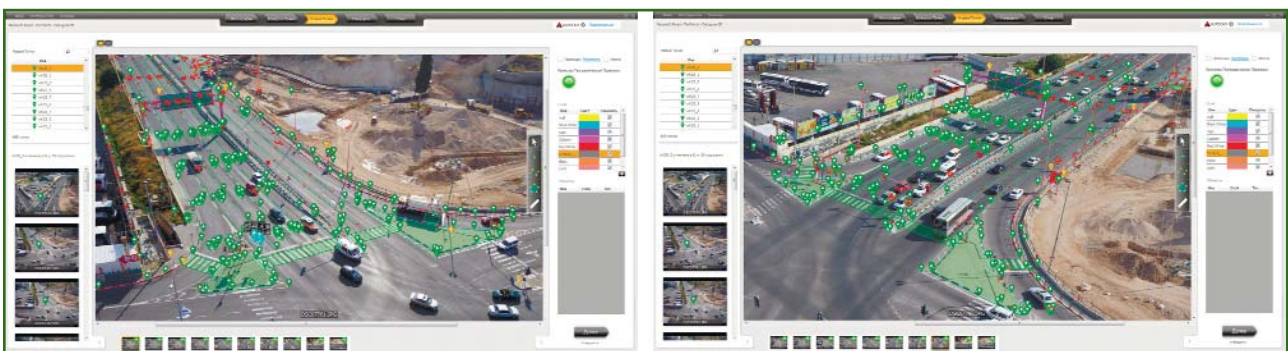


Рис. 2

Пример исследования фотограмметрической модели для съемки автодороги



Рис. 3

Пешеходный мост через шоссе в г. Новосибирске

зданий и автодороги. В ходе полевых испытаний координаты опорных точек для привязки изображений (отмечены желтым цветом на рис. 1 и 2) и координаты контрольных точек, которые использовались для сравнения и проверки точности фотограмметрической модели (отмечены зеленым цветом на рис. 1 и 2), измерялись безот-

ражательным тахеометром. Оба проекта были обработаны с помощью фотограмметрического программного обеспечения DatuGram3D.

Координаты контрольных точек, которые были измерены тахеометром, сравнивали с координатами, полученными фотограмметрическим методом с помощью программы

DatuGram3D. Результаты испытаний показали, что разница между значениями этих координат составила: в плане — 10–25 мм, а по высоте — 3–15 мм. Это доказывает возможность использования наземной фотограмметрии для геодезических измерений.

В апреле 2014 г., в Новосибирске, была проведена съемка пешеходного моста через шоссе (рис. 3) традиционным геодезическим методом и фотограмметрическим методом с использованием программы DatuGram3D. Стояла задача: по результатам съемки построить план (обмерный чертеж) и трехмерную модель моста с точностью в плане и по высоте до 2 см. При этом определялись трудозатраты каждым методом.

Классический метод. В качестве классического геодезического метода была выбрана электронная тахеометрия.

Съемка пешеходного моста выполнялась безотражательным тахеометром с использованием призмы, с трех станций. На полевые измерения было затрачено 2 дня. По результатам обработки данных, полученных тахеометром, и, используя абрис полевых измерений, через 1,5 дня был составлен детальный план моста.

Следует отметить, что из-за плотного трафика движения транспортных средств на магистрали проведение измерений тахеометром было весьма затруднительно. Поэтому для обеспечения безопасности необходимо проводить работы в выходные дни или с частичным перекрытием полос движения транспорта.

Кроме того, покрытие пешеходного моста сделано из полупрозрачного материала со светоотражающим покрытием, что также усложняло выполнение точных измерений тахеометром, особенно при съемке под острым углом.

Фотограмметрический метод. Фактическое время, затраченное на съемку моста в полевых условиях, составило 1 час.



Рис. 4
Общий вид квадрокоптера Phantom 2

Сюда вошли: съемка моста со всех сторон при помощи бытовой цифровой камеры и измерения координат нескольких опорных точек тахеометром для привязки изображений. Изображения были получены обычной цифровой камерой Nikon S6500 (16 Мпикселей) с широкоугольным объективом, имеющим фокусное расстояние 24 мм. В общей сложности было сделано 27 фотоснимков моста

как с поверхности земли, так и с высоты 50 м при помощи такой же цифровой камеры, закрепленной на квадрокоптере Phantom 2 (рис. 4). Координаты опорных точек были измерены с помощью безотражательного тахеометра с одной станции. В качестве опорных точек выбраны контрастные, четко определяемые контуры: углы крыши моста, края дорожных знаков и т. п. (рис. 5).

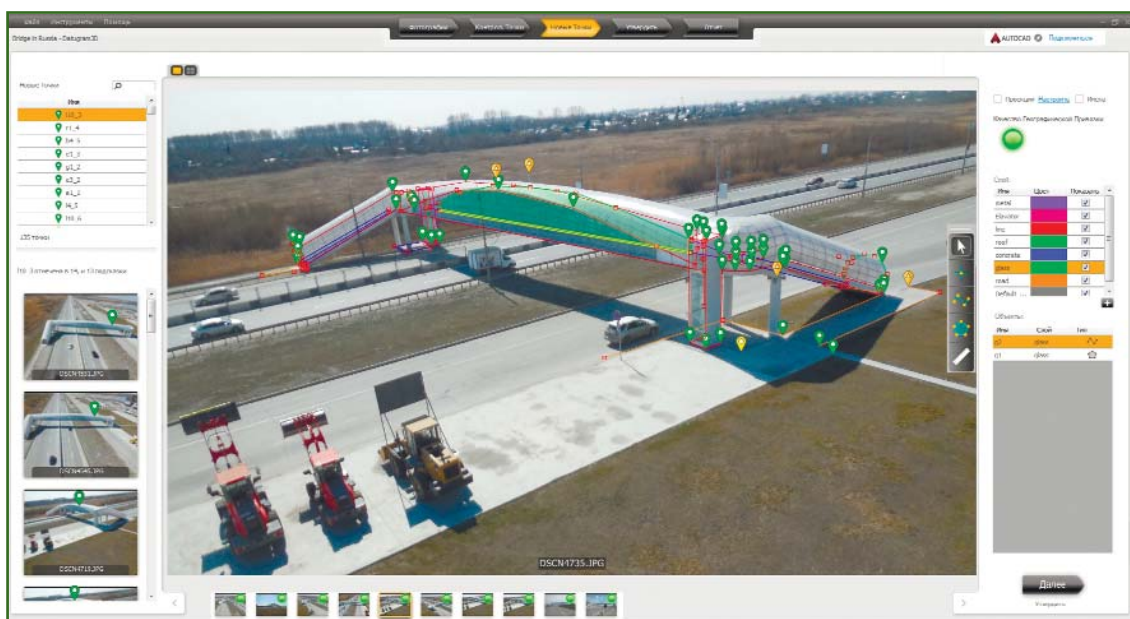


Рис. 5
Снимок пешеходного моста с опорными точками в ПО DatuGram3D (показаны желтым цветом)

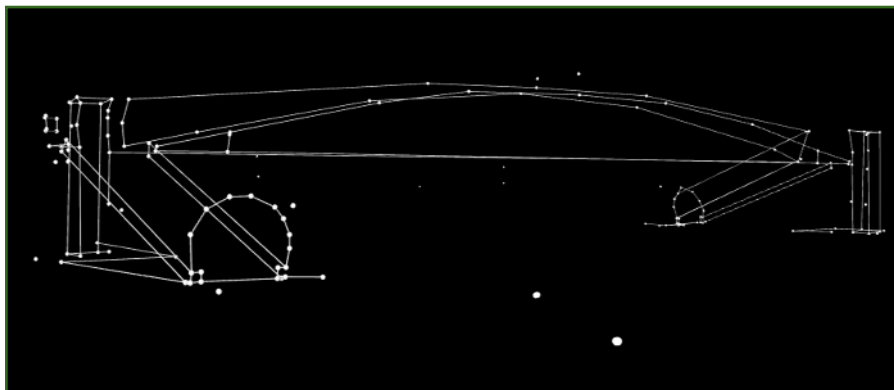


Рис. 6

Трехмерная модель пешеходного моста в формате DXF

Для построения детального объемного чертежа моста в камеральных условиях непосредственно по фотограмметрической модели в программном обеспечении DatuGram3D потребовалось 0,5 дня. В результате была получена трехмерная модель моста в формате DXF с перечнем всех координат, которые были отмечены на изображениях (рис. 6). Точность измерений составила менее 2 см по трем координатам.

Оценка трудозатрат каждым методом показала, что на проведение работ в полевых условиях с помощью цифровой камеры и квадрокоптера требуется в 10 раз меньше времени по сравнению с традиционным геодезическим методом — электронной тахеометрией. В целом, фотограмметрический метод позволяет сократить время работы в полевых условиях с 2 дней до 1 часа и в камеральных — с 1,5 до 0,5 дня.

Использование программного обеспечения DatuGram3D позволило избежать ряда трудностей, возникающих при использовании безотражательного тахеометра. Была обеспечена безопасность при съемке на дороге с интенсивным движением и исключены проблемы, связанные с измерением координат точек на белых и отражающих поверхностях.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

Использование наземной фотограмметрии дает следующие потенциальные преимущества:

- трехкратное увеличение производительности полевых работ;

- не требуется ведение абриса при проведении съемки в полевых условиях, так как измерения выполняются непосредственно по фотограмметрической модели;

- появляются уникальные методы контроля качества измерений: просмотр и исправление ошибок при необходимости;

- возможность выполнения дополнительных измерений в камеральных условиях;

- предоставляется идеальный метод документирования результатов съемки, который обеспечивает возможность проводить измерения или контролировать качество выполненных работ другим специалистам.

По мнению автора, дальнейшее совершенствование алгоритмов автоматической обработки изображений позволит автоматизировать определение положения большинства пикселей данного изображения среди остальных изображений области, которые были сняты на камеру с высоким разрешением с известной внутренней ориентацией. Такая технология на-

земной фотограмметрии в будущем даст возможность заменить трехмерное наземное лазерное сканирование для получения 3D моделей с предельной точностью определения координат в 2 см. Эта технологическая революция ожидается уже в ближайшем будущем.

В любом случае, уже сегодня можно использовать технологию наземной фотограмметрии для крупномасштабной топографической съемки, инженерно-геодезических измерений и контроля качества выполненных геодезических измерений. Для этого компании необходимо предусмотреть дополнительные технические и управленческие ресурсы.

▼ Список литературы

1. Джарроуш Д. Обычная цифровая камера как практический геодезический измерительный инструмент: проблемы и решения. — www.geoprofi.ru.

2. Slama C.C., Theurer C., Henriksen S.W. Руководство по фотограмметрии (4-е издание). — Американское общество фотограмметрии, 1980.

RESUME

There are given the results of field trials to assess the geometric accuracy and productivity of getting measuring drawings and three-dimensional models for various objects with the help of a home digital camera and DatuGram3D software. It is noted that this technology usage for engineering geodesy can lead to an unprecedented rise in productivity in the fieldwork.



000 «Датумэйт» — представитель
компании Datumate Ltd. в РФ
109382, Москва,
ул. Люблинская, 141
Тел: (495) 983-10-87,
(916) 757-97-74
E-mail: yagudin@datumate.com
Интернет: www.datumate.com