

# НАЗЕМНАЯ ЦИФРОВАЯ ФОТОСЪЕМКА

**А.И. Алчинов** (ИПУ РАН)

В 1972 г. окончил Ленинградское военно-топографическое училище, в 1982 г. — геодезический факультет Военно-инженерной академии им. В.В. Куйбышева. В настоящее время — заведующий 22-й лабораторией Института проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова, президент Группы компаний «Талка». Доктор технических наук, профессор. Заслуженный работник геодезии и картографии РФ.

**С.В. Баландин** (НПФ «Талка»)

В 2006 г. окончил факультет аэрокосмических съемок фотограмметрии МИИГАиК по специальности «аэрофотогеодезия». С 2005 г. по настоящее время — инженер-фотограмметрист НПФ «Талка».

**В.Б. Кекелидзе** (НПФ «Талка-ТДВ»)

В 1997 г. окончил Московский колледж геодезии и картографии по специальности «аэрофотогеодезист», в 2000 г. — горный факультет Московского открытого университета по специальности «горный инженер-маркшейдер». С 2000 г. по настоящее время — младший научный сотрудник 22-й лаборатории ИПУ РАН. С 2002 г. — заместитель генерального директора НПФ «Талка-ТДВ».

С появлением цифровых фотоаппаратов для решения задач по построению трехмерных моделей объектов все чаще используется наземная фотосъемка. Этот метод фотосъемки по сравнению с другими методами, такими как, например, наземное лазерное сканирование, фасадная съемка с помощью электронных тахеометров, является наиболее доступным, так как не требует применения дорогостоящего оборудования, но при этом позволяет построить модель объекта с заданной точно-

стью. Для проведения наземной фотосъемки достаточно иметь откалиброванный цифровой фотоаппарат, компьютер и программное обеспечение «ЦФС-Талка».

Перед съемкой необходимо определить количество станций и их расположение, чтобы снять объект при минимальном количестве точек фотографирования и обеспечить заданную точность. Для высоких объектов можно запроектировать фотосъемку с наклоном оптических осей или с вертикальных базисов фотографирования.

При выборе схемы съемки необходимо обеспечить следующее:

— заданную точность определения координат точек объекта при минимальном количестве станций фотографирования (снимков). Для этого следует правильно выбрать расстояние от камеры до объекта и величину базиса фотографирования;

— полное покрытие изучаемого объекта снимками, чтобы была возможность построения

стереоскопического изображения объекта и отсутствовали мертвые зоны (части объекта, не отобразившиеся на снимках);

— дешифрируемость отдельных элементов объекта по снимкам (возможность распознавания на снимках мелких деталей объекта, рис. 1).

Для обеспечения заданной точности определения координат точек объекта ( $m_x$ ,  $m_z$ ) необходимо рассчитать базис фотографирования  $B$  и расстояние  $S$  от камеры до объекта (рис. 2).

Величина базиса фотографирования на местности  $B$  и в масштабе снимка  $b$  вычисляется по известным формулам:

$$B = Sb/f \text{ и}$$

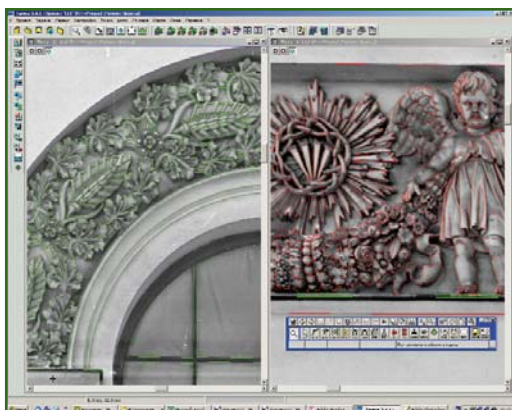
$$b = l_x(100\% - P_x)/100\%,$$

где  $f$  — значение фокусного расстояния фотокамеры в пикселях;

$b$  — базис фотографирования в масштабе снимка в пикселях;

$l_x$  — размер снимка вдоль оси  $X$  в пикселях;

$P_x$  — продольное перекрытие в %.



**Рис. 1**

Изображение мелких деталей объекта на снимке

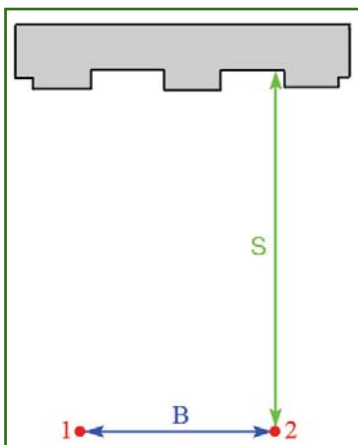


Рис. 2  
Схема съемки

Максимально допустимое расстояние  $S_{max}$  вычисляют по формуле:

$$S_{max} = bm_z / m_p, \quad (1)$$

где  $m_p$  — средняя квадратическая ошибка измерения продольных параллаксов по снимкам;

$m_z$  — заданная средняя квадратическая ошибка определения координаты Z (вдоль оптической оси камеры).

Если в результате наземной съемки нужно получить не трехмерную модель объекта, а только ортофотоизображение, тогда максимальное расстояние  $S$  вычисляется по формуле:

$$S_{max} = fm_{xy} / m_p, \quad (2)$$

где  $m_{xy}$  — заданная средняя квадратическая ошибка определения координат X и Y.

В связи с тем, что для наземной съемки используются камеры с большим фокусным расстоянием, базис фотографирования  $b$  получается меньше, чем фокусное расстояние. Поэтому точность определения координат по осям X, Y будет выше, чем точность определения координат по оси Z. Если для наземной съемки будет использована фотокамера с коротким фокусным расстоянием, необходимо по формулам (1) и (2) вычислить величину расстояния  $S$  и выбрать из двух значений наименьшее. При вычислении  $S$

следует иметь в виду, что ошибка измерения продольных параллаксов содержит ошибки, связанные с остаточными искажениями снимка, которые не удалось исправить после учета дисторсии. Такие искажения возникают из-за несовершенства существующих объективов. Как показала практика, чтобы иметь «запас прочности», при расчетах среднюю квадратическую ошибку измерения продольных параллаксов  $m_p$  следует увеличить в три раза.

Если высота объекта больше, чем величина захвата камеры, необходимо выполнить дополнительную съемку в виде второго маршрута. Рекомендуется снимать второй маршрут с вертикального базиса, например, из окон соседнего дома (рис. 3).

Если нет возможности организовать вертикальный базис, допускается выполнение съемки под разными углами наклона с тем, чтобы обеспечить съемку верхней части объекта (рис. 4).

Следует отметить, что наклонное расстояние  $S_2$  от точки фотографирования до верхней кромки здания в верхнем маршруте будет больше, чем расстояние  $S_1$  в нижнем маршруте. Поэтому, если съемка объекта выполняется несколькими маршрутами, величину базиса фотографирования  $B$  вычисляют для каждого маршрута отдельно. При этом для верхнего маршрута базис фотографирования будет больше, а количество снимков в верхнем маршруте будет меньше, чем в нижнем.

Для внешнего ориентирования фотограмметрической модели необходимо определить координаты опорных точек и точек центров фотографирования. Как правило, координаты опорных точек измеряют с помощью безотражательных электронных тахеометров. В качестве опорных точек выбираются участки снимаемого объекта, которые хоро-

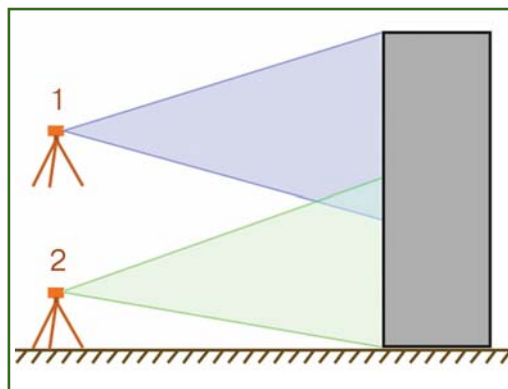


Рис. 3  
Съемка объекта с вертикальным базисом

шо дешифрируются на снимках. Если выполняется съемка с двух и более маршрутов, необходимо

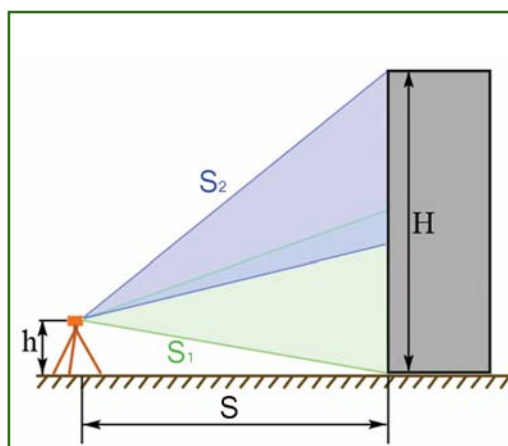


Рис. 4  
Наклонная съемка объекта

определить дополнительные опорные точки в зоне перекрытия маршрутов (рис. 5).

Технология обработки материалов наземной съемки в ПО

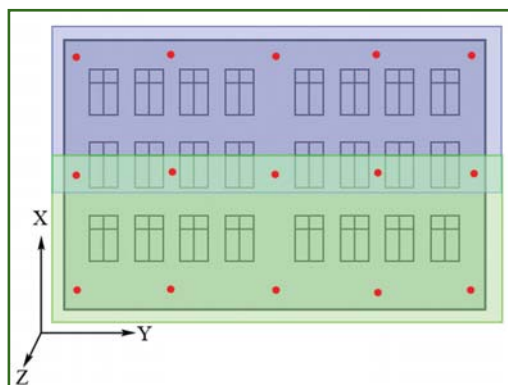
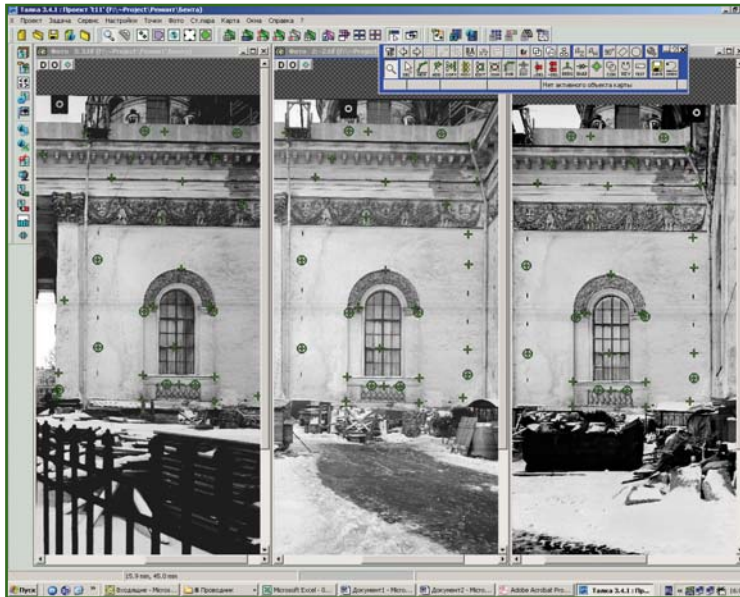


Рис. 5  
Схема расположения опорных точек



**Рис. 6**  
Пример построения фотограмметрической модели

«ЦФС-Талка» будет следующей:

1. Исправление дисторсии на снимках.
2. Ввод элементов внутреннего ориентирования.
3. Измерение связующих точек.
4. Измерение опорных точек.
5. Построение фотограмметрической модели (рис. 6).

6. Стереорисовка и создание трехмерной модели объекта.

7. Создание ортофотоплана.

8. Экспорт трехмерной модели объекта в требуемый формат.

Создание ортофотопланов в ПО «ЦФС-Талка» выполняется на плоскости  $XY$ . Это обстоятельство следует учитывать при формировании системы координат объекта. Если создание ортофотопланов не требуется, то ориентирование системы координат может быть произвольным.

#### RESUME

A description is given for the technology of creating orthophotoplans and digital models of various objects using ground digital surveying data. Various surveying techniques are considered. Formulas are given for determining optimal surveying parameters in order to meet the requirements for accuracy.