

О ФОТОТРИАНГУЛЯЦИИ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ОРТОФОТОПЛАНА

С.В.УШНОВА¹, Ч.Н.ЖЕЛТКО², Я.И.ЖУЛИН²

¹ОАО «Госземкадастрсъёмка»-ВИСХАГИ
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул.40 лет Победы, 37
электронная почта: ushnovasv@mail.ru.

²Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: chnzheltko@mail.ru.

Первичные аэроснимки содержат геометрические искажения, основными из которых являются смещения за наклон снимка и рельеф. Их исключают при трансформировании снимков, в котором большое место занимает фототриангуляция, служащая для сгущения опорных точек в количестве не менее четырёх на каждый снимок. Целью исследований, результаты которых приведены в статье, является поиск оптимальных условий при выборе опорных точек и их числа при фотограмметрическом уравнивании. Предлагается в случае недопустимой точности конечного результата последовательно исключать из уравнивания по одной опорной точке до получения допустимой точности. Отбракованные точки затем использовать в качестве контрольных точек и для выявления грубых ошибок их координат.

Ключевые слова: фототриангуляция, уравнивание, опорная точка, связующая точка, среднеквадратическая погрешность.

Определение оптимального объема работ при изготовлении ортофотопланов по аэрофотоснимкам важно для сокращения сроков выполнения, повышения качества и точности изготовленной продукции. Одним из основных процессов создания фотопланов является фототриангуляция.

Фототриангуляция - метод определения координат точек местности по фотоснимкам, используется для сгущения геодезической сети с целью обеспечения снимков опорными точками, необходимыми для создания ортофотоплана, топографической карты и решения ряда инженерных задач.

В рамках проекта по изготовлению ортофотопланов масштаба 1:2000 на территорию Ярославской области экспериментальным путем выявлен оптимально необходимый и достаточный объем входных данных для процесса фототриангуляции, соответствующего требованиям нормативно-технической документации.

Проект состоит из одного блока цветного изображения аэрофотоснимков, снятых цифровой камерой DMC II 230–022. Панхроматическая камера имеет ПЗС-матрицу размером 230 мегапикселей (15104×14400 пикселей). Размер пикселя 5,6 мкм. Масштаб съемки 1:8930. В проекте восемь аэрофотоснимков (рис. 1).

Внутреннее ориентирование снимков известно. Внесены параметры камеры, фокусное расстояние и координаты главной точки. Снимки собраны в проект в соответствии с репродукцией накладки монтажа. Направление маршрута и нумерация снимков слева на право. Выбрана левая прямоугольная система координат. Обработка велась в компьютерной программе PHOTOMOD 4.1 [1].

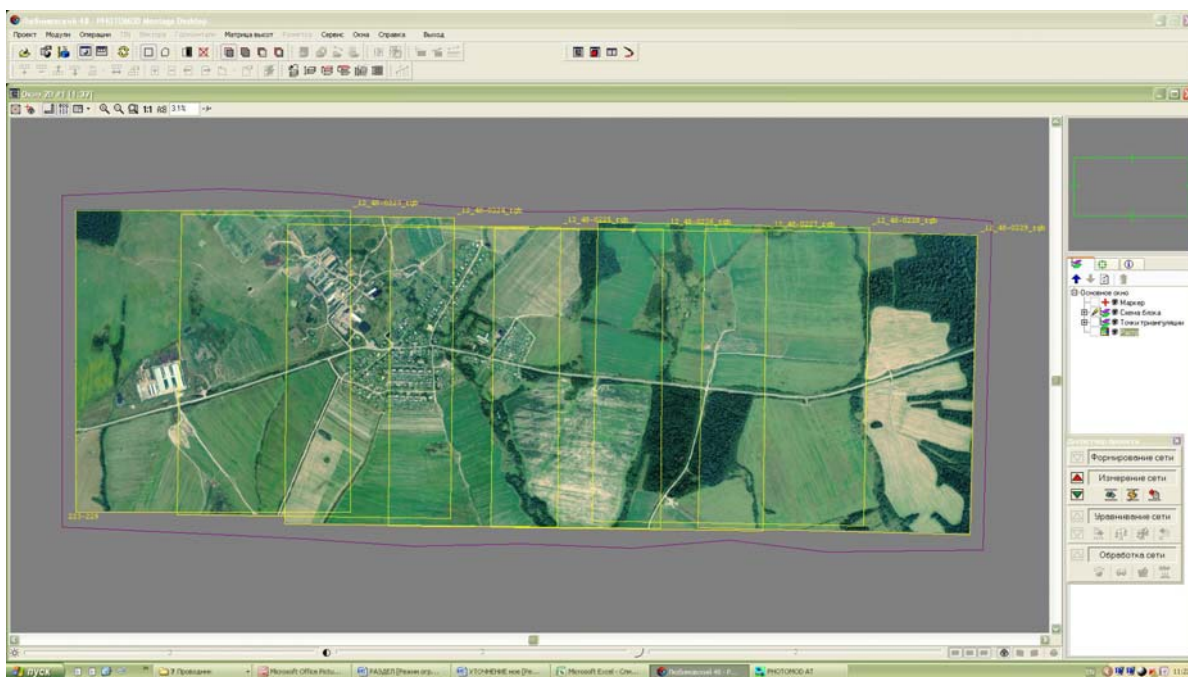


Рис. 1. Маршрут из восьми аэроснимков

Для внешнего ориентирования снимков в стандартных зонах тройного перекрытия снимков найдены и опознаны (идентифицированы) по 3 связующие точки на каждом снимке (рис. 2). Всего выбрано 24 связующие точки, которые дают 66 их изображений на всех 8 снимках.

Поскольку маршрут в проекте один, то построение межмаршрутных связей не выполнялось.



Рис. 2. Размещение точек на стереопаре

Качество опознавания точки на двух соседних изображениях и определение ее местоположения имеют большее значение, но даже в автоматическом режиме они опознаются хорошо и удовлетворяют точностным фотограмметрическим параметрам. Среднеквадратические погрешности (СКП) определения пространственных координат X, Y, Z связующих точек должны быть менее 0,2 м, что соответствует требованиям [2].

В проекте планово-высотной подготовки аэрофотоснимков содержится также десять опорных точек, наколотых и опознанных в полевых условиях на увеличенных фрагментах изображения. Координаты получены в системе координат Ярославской области.

Количество опорных точек избыточно для уравнивания блока. Возможно, среди этих точек есть точки с ошибочно вычисленными координатами или неверно опознанные, что позволит легко исключить их из процесса уравнивания или исправить их. При этом все ошибочные точки надо исправлять только в полевых условиях.

Каталог координат опорных точек импортируется в проект в текстовом формате. На этапе измерения опорных точек сети на каждом соседнем снимке в области двойного или тройного перекрытий точки следует опознавать с максимальной точностью. Для этого используются фрагменты увеличенных изображений. В отдельных случаях используется стереорежим. Каждой точке присваивается наименование по каталогу и соответствующие координаты.

При уравнивании вводится допустимое значение ошибок 0,200 метров и включаются все точки фотограмметрической сети.

С целью выявления погрешностей конечного результата в зависимости от числа опорных точек было выполнено многократное уравнивание с разным числом опорных точек: последовательно от 10 до 3 точек. В каждом последующем уравнивании исключалась из обработки одна опорная точка, имеющая максимальное отклонение в предыдущем уравнивании. Отклонения показывает программа в виде вектора для всех опорных точек. Результаты этого эксперимента приведены в таблице 1. С уменьшением числа опорных точек уменьшаются как невязки по опорным точкам, так и СКП связующих точек. При этом если исключаются из уравнивания не худшие опорные точки, а выбранные в случайном порядке, то зависимость другая: невязки и СКП или увеличиваются, или колеблются в большую или меньшую сторону при уменьшении числа опорных точек.

Такое последовательное исключение худших опорных точек может быть использовано для достижения требуемой по Инструкции [2] точности, равной 0,2 мм (0,2м).

Таблица 1. Зависимость невязок и СКП от числа опорных точек

Количество опорных точек в блоке	Невязки по опорным точкам			СКП на связующих точках		
	$\Delta x, \text{ м}$	$\Delta y, \text{ м}$	$\Delta z, \text{ м}$	$\delta x, \text{ м}$	$\delta y, \text{ м}$	$\delta z, \text{ м}$
1	2	3	4	5	6	7
10	1,121	0,987	0,590	0,531	0,687	0,390
9	0,921	0,787	0,480	0,498	0,569	0,250
8	0,701	0,735	0,235	0,456	0,498	0,235
7	0,446	0,606	0,173	0,289	0,350	0,173
6	0,271	0,489	0,096	0,250	0,246	0,056
5	0,095	0,069	0,135	0,160	0,080	0,020
4	0,025	0,084	0,104	0,001	0,002	0,000
3	0,001	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000
2	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-

Из полученных результатов можно сделать вывод, что достаточное и необходимое количество для уравнивания фотограмметрического блока - три опорных точки. Четвертая может быть контрольной и не участвовать в процессе. При меньшем количестве точек программа выдает ошибку об их нехватке и уравнивать фотограмметрический блок невозможно.

Следует отметить, что с позиций метода наименьших квадратов последовательное исключение из обработки худших точек не совсем корректно: нужно включать в обработку все измерения за исключением явно ошибочных. Однако такой способ обработки с последовательным исключением худших точек не противоречит требованиям нормативных документов, поэтому его можно считать приемлемым.

В результате построения цифровой модели рельефа точность превышений точек составила в среднем 0,18 м при допуске 0,65 м в узлах матрицы высот (цифрового картографического представления поверхности

земли в виде регулярной сетки значений высот) и на всех точках фотограмметрического блока.

После построения ортофотоплана выполняют еще раз определение местоположения опорных и контрольных точек на изображении. Расхождения между их исходными координатами и снятыми на ортофотоплане приведены в таблице 2.

Таблица 2. Расхождения в координатах опорных точек

№	Номер опорной точки	Δx , м	Δy , м	Δz , м
1	2	3	4	5
1	К-47-0216а	0,054	0,157	0,032
2	Оп-47-0216б	0,046	0,004	0,100
3	Оп-47-0215а	0,076	0,170	0,213
4	Оп-47-0215 б	0,101	0,057	0,062

Результаты проведенных измерений не превышают допустимых расхождений.

Непосредственное изготовление фрагментов ортофотопланов, соответствующих картографическим материалам масштаба 1:2 000, выполнено в произвольной разграфке и условной номенклатуре листов. Листы нарезались размером 50x50 см по прямоугольным рамкам планшетов. Полученные растровые файлы сохранялись в формате TIFF.

После создания файлов с зарамочным оформлением они были преобразованы в программном продукте MapInfo (ТАВ) в стандартные файлы. Затем каждый ортофотоплан вместе с координатной сеткой и зарамочным оформлением вставляется в MapInfo на картограмму расположения ортофотопланов для проверки точного его местоположения и коррекции ошибок транслятора.

Выполненные работы по созданию ортофотопланов соответствуют в полном объеме требованиям Инструкции [3]. Полученные выходные материалы

и результаты отчетной документации соответствует техническому заданию и требованиям нормативных документов.

Для изготовления фотопланов, выполнения фототриангуляции оптимальными условиями является наличие трех опорных точек и одной или двух контрольных, по три связующие точки на каждый снимок в зонах тройного перекрытия.

Однако полезно иметь избыточное количество опорных точек: всего от 6 до 8 точек на блок. Это позволит из общего числа выбрать те точки, которые содержат минимальные погрешности в определении их местоположения без повторного выполнения полевых работ по перевычислению координат, потому что переопределение опорных точек останавливает процесс изготовления ортофотопланов, растягивает его во времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. ЗАО «РАКУРС». Руководство пользователя. Система Photomod 4.1. Программа Photomod. Solver.-М: Ракурс, 2006. – С. 67.
2. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов, ГКИНП – 02-036-02. М: ЦНИИГАиК, 2002.
3. Роскартография. «Инструкции о проведении контроля и приемки геодезических, топографических и картографических работ» (ГКИНП(ГНТА)-17-004-99)-М: ЦНИИГАиК, 1999г- 69с.

REFERENCES

1. ZAO «RAKURS». Rukovodstvo polzovatelya. Sistema Photomod 4.1. Programma Photomod. Solver.-M: Rakurs, 2006. – P. 67.
2. Instruktsiya po fotogrammetricheskim rabotam pri sozdanii tsifrovyykh topograficheskikh kart i planov, GKINP – 02-036-02. M: TsNIIGAiK, 2002.
3. Roskartografiya. «Instruktsii o provedenii kontrolya i priemki geodezicheskikh, topograficheskikh i kartograficheskikh rabot» (GKINP(GNTA)-17-004-99)-M: TsNIIGAiK, 1999g- 69p.

ABOUT TRIANGULATION TO PRODUCE ORTHOPHOTO

S.V.USHNOVA¹, CH.N.ZHELTKO², YA.I.ZHULIN²

¹ *OAO "Goszemkadastrsyomka" –VISKHAGI,
37, 40 let Pobedy st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: ushnovasv@mail.ru*

² *Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: chnzheltko@mail.ru*

Primary aerial photographs contain geometric distortions, the main ones are offset for oblique images and relief. They are excluded in the transformation of images, which occupies an important place phototriangulation serving for condensation control points in an amount of not less than four on each image. The purpose of research, the results of which are given in the article, is to find the optimal conditions when selecting control points and their number at photogrammetric adjustment. It is proposed in the case of unacceptable accuracy of the final result consistently excluded from the adjustment to one reference point to obtain acceptable accuracy. Rejected point then be used as reference points and to identify gross errors of their coordinates.

Keywords: triangulation, equalization, reference point, tie points, mean-square error.