

УДК 528.7

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ОРТОФОТОПЛАНОВ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

IMPROVEMENT TECHNOLOGY OF CREATION ORTOPHOTOPLANS OF LINEAR OBJECTS



Варварина Е.А. / Varvarina E.A.

ассистент кафедры аэрофотогеодезии Государственного Университета по Землеустройству, ведущий специалист отдела развития ОАО «ОПИН» / assistant to chair airphoto-geodesy, State University Of Land Use Planning, The leading expert of department of development OPIN

e-mail: varvarinakatya@rambler.ru



Гаврилова Л.А. / Gavrilova L.A.

кандидат технических наук, доцент кафедры аэрофотогеодезии Государственного Университета по Землеустройству / Ph.D., the senior lecturer of chair airphotogeodesy, State University Of Land Use Planning

e-mail: wernjer@gmail.com

Аннотация. В работе рассмотрена технологическая схема создания ортофотоплана на линейный объект и предложено ее совершенствование на стадии планово-высотной привязки. Также представлено описание экспериментальных работ по уравниванию сети фототриангуляции с использованием координат центров фотографирования и различного числа наземных опорных точек.

Ключевые слова: Фотограмметрия, ортофотоплан, ортофототрансформирование, фототриангуляция, использование координат центров фотографирования, планово-высотная привязка, внешнее ориентирование фотограмметрической модели, линейные объекты.

Abstract. In work the technological scheme of creation ortophotoplans on linear object is considered and its perfection at a stage of an according to plan-high-rise binding is offered. Also the description of experimental works on equalizing of a network of a phototriangulation with use of coordinates of the centers of photographing and various number of land reference points is presented.

Keywords: Photogrammetry, ortofotoplan, ortophototransformation, a photo triangulation, use of coordinates of the centers of photographing, an according to plan-high-rise binding, external orientation photogrammetric models, linear objects.

В настоящее время в связи с широким внедрением в картографическое производство цифровых технологий планово-картографической основой для создания топографических, земельно-кадастровых и других картографических документов являются ортофотопланы. Технология создания орто-

фотоплана включает этап планово-высотной привязки снимков. Альтернативой планово-высотной подготовки снимков может являться использование координат центров фотографирования (КЦФ), получаемых с помощью спутникового GPS-приемника, установленного на борту летательного аппарата.

В данной работе рассмотрены особенности технологии создания ортофотопланов линейных объектов по материалам одномаршрутной аэрофотосъемки.

Суть экспериментальных работ заключалась в анализе уравнивания сети фототриангуляции с использованием координат центров фотогафрирования.

На ЦФС «ТАЛКА» были выполнены работы по развитию одномаршрутной фототриангуляции, на территорию автодороги по трассе Володарск-Дзержинск Дзержинского района Нижегородской области. Маршрут включал 20 снимков. Аэрофотосъемка была выполнена камерой LMK с фокусным рас-

стоянием 305,170 мм. Масштаб снимков 1/12 000. Также на борту самолета был установлен GPS-приемник, с помощью которого были определены КЦФ каждого снимка. Координаты 4 опорных точек определены GPS-приемником JAVAD с точностью 0,02 м. Схема расположения опорных точек представлена на рисунке 2.

Аэрофотоснимки были сканированы с линейным разрешением 12 мкм на фотограмметрическом сканере DeltaScan-10. Внутреннее ориентирование было выполнено с точностью 6 мкм, что составляет половину величины пикселя сканирования.

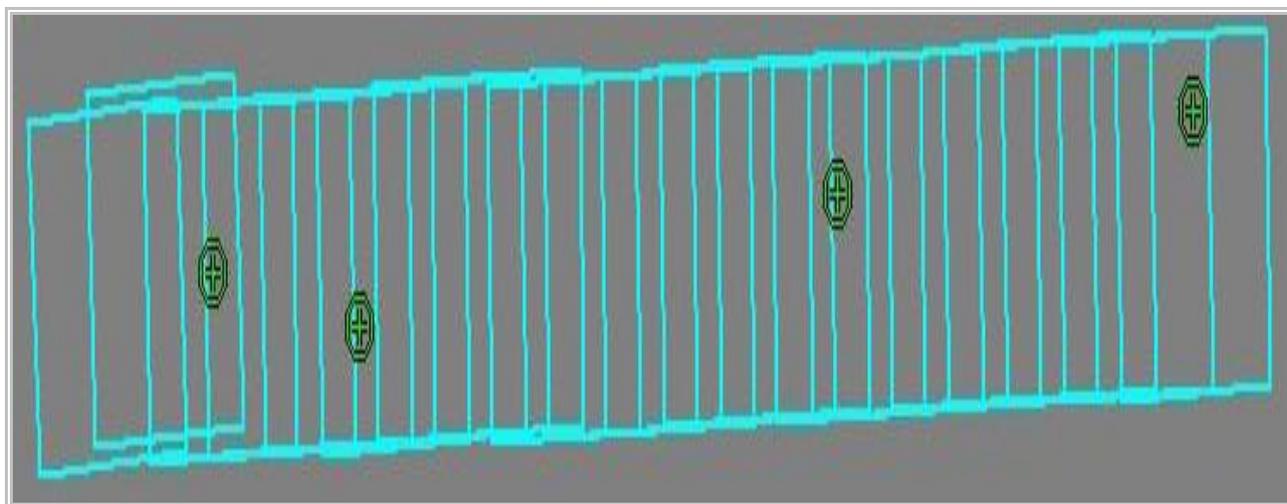


Рис.2.

Развитие фототриангуляции в ЦФС «Талка» производится способом независимых моделей. Точность взаимного ориентирования каждой стереопары не превышает 12 мкм, что соответствует удвоенной точности внутреннего ориентирования. Поскольку при проведении АФС с определением КЦФ из семи элементов внешнего ориентирования единой фотограмметрической модели возможно определить линейные элементы, продольный

$$\begin{aligned} X^r &= X_o^r + (a_1 X^M + a_2 Y^M + a_3 Z^M) t; \\ Y^r &= Y_o^r + (b_1 X^M + b_2 Y^M + b_3 Z^M) t; \\ Z^r &= Z_o^r + (c_1 X^M + c_2 Y^M + c_3 Z^M) t, \end{aligned} \quad (1)$$

На изложенном выше предположении и был построен эксперимент.

угол наклона модели, угол ее разворота и масштабный коэффициент. Таким образом, наземные опорные точки необходимы для определения поперечного угла наклона модели. Так как одна опорная точка дает три уравнения связи геодезических и фотограмметрических координат вида (1), то одной опорной точки достаточно для нахождения поперечного угла наклона маршрута с оценкой точности.

Эксперимент состоял в построении маршрутной фототриангуляции с использованием одной опорной точки и КЦФ всех снимков маршрута. Контроль построенной фототриангуляционной сети осуществлен по 30 контрольным точкам, равномерно распределенным по всему маршруту. Далее в таблицах приведены результаты эксперимента. Каждая таблица включает в себя исходные координаты

ты контрольных точек, координаты этих точек при уравнивании фототриангуляции с использованием КЦФ и одной опорной точки (рассмотрено 4 варианта выбора опорной точки) и расхождения координат. Также по ре-

зультатам эксперимента была составлена сводная таблица максимальных отклонений и СКП по каждому варианту эксперимента (табл.1) на опорных и контрольных точках.

Таблица 1.

Точки	СКП			Максимальное отклонение		
	М _X , м	М _Y , м	М _Z , м	Max ΔX, м	Max ΔY, м	Max ΔZ, м
Опорные точки				0,51	0,45	1,2
Контрольные точки	0,49	0,44	0,90	0,75	0,75	1,96

Предварительно была составлена таблица точностей для планов различных масштабов и допустимых погрешностей по определению плановых и высотных координат опорных и контрольных точек в этих масштабах (таблица 2). По инструкции по фотограмметрическим работам для создания цифровых карт и планов остаточные расхождения в плановых координатах опорных точек должны быть не более (2):

$$M_{xy} = 0,2\text{мм} \cdot M_{\text{созд}}, \quad (2)$$

где $M_{\text{созд}}$ - знаменатель масштаба создаваемого плана.

Остаточные расхождения в высотных координатах опорных точек должны быть не более:

$$M_z = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,3\text{мм} \cdot f \cdot M_{\text{созд}}}{r}, \quad (3)$$

где $M_{\text{созд}}$ - знаменатель масштаба создаваемого плана, r - расстояние от точки надира до угла рабочей площади снимка, f - фокусное расстояние АФА.

Для контрольных точек СКП определения плановых координат должна быть не более:

$$M_{xy} = 0,3\text{мм} \cdot M_{\text{созд}}, \quad (4)$$

где $M_{\text{созд}}$ - знаменатель масштаба создаваемого плана.

СКП определения высотных координат контрольных точек должна быть не более:

$$M_z = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,3\text{мм} \cdot f \cdot M_{\text{созд}}}{r} * 1,5, \quad (5)$$

где $M_{\text{созд}}$ - знаменатель масштаба создаваемого плана, r - расстояние от точки надира до самой удаленной точки снимка, f - фокусное расстояние АФА

Таблица 2

Знаменатель масштаба плана	Опорные точки		Контрольные точки	
	М _{XY} , м	М _Z , м	М _{XY} , м	М _Z , м
1000	0,20	0,50	0,30	1,50
2000	0,40	0,8	0,60	1,5
2500	0,50	1,40	0,75	2,10
5000	1,00	2,80	1,50	4,20
10000	2,00	5,50	3,00	8,25

Проанализировав данные, приведенные в табл. 2 и 1, можно сделать вывод о том, какому крупнейшему масштабу создаваемого плана соответствует развитая фототриангуляция. Очевидно, что в случае уравнивания фототриангуляции с использованием КЦФ и одной опорной точки, точность будет соответствовать масштабу 1/2500 и мельче. При этом

не имеет значения, как относительно оси маршрута и относительно центра тяжести маршрута будет располагаться наземная опорная точка. Также в данной работе рассмотрим вариант уравнивания фототриангуляции с использованием КЦФ и двух опорных точек, предполагая, что точность фототриангуляции увеличится. По результатам экспе-

римента была составлена сводная таблица максимальных отклонений и СКП по каждому

варианту эксперимента (табл. 3) на опорных и контрольных точках.

Таблица 3

	СКП			Максимальное отклонение		
	М _X , м	М _Y , м	М _Z , м	MaxΔX, м	MaxΔY, м	MaxΔZ, м
Опорные точки				0,036	0,123	0,067
Контрольные точки	0,286	0,314	1,043	0,610	0,605	1,664

СКП, вычисленные для контрольных точек, не превосходят допустимых значений при создании ортофотопланов масштаба 1/2000 (табл.2). Результаты проведенных экспериментов позволяют сделать следующие выводы:

- при построении ортофотопланов на линейные объекты аэрофотосъемку целесообразно проводить с определением координат центров фотографирования;

- внешнее ориентирование фототриангуляционной сети с определенными в полете координатами центров фотографирования, но без наземных опорных точек производить не представляется возможным;

- уравнивание фототриангуляционной сети с использованием координат центров фотографирования и одной опорной точки позволяет создавать ортофотопланы масштаба 1 / 2500 и мельче по снимкам, полученным в масштабе 1: 12 000 с указанными выше параметрами (фокусное расстояние и апертура сканирования). При этом расположение опорной точки относительно центра тяжести маршрута и относительно оси маршрута не имеет значения;

- уравнивание фототриангуляционной сети с использованием координат центров фотографирования и двух опорных точек позволяет создавать ортофотопланы масштаба 1 / 2000 и мельче по снимкам, полученным в масштабе 1: 12 000 с указанными выше параметрами (фокусное расстояние и апертура сканирования). Взаимное расположение

опорных точек, а также их положение относительно центра тяжести маршрута и относительно оси маршрута не имеет значения;

- проложение оси маршрута вдоль оси линейного объекта позволит создавать ортофотопланы более крупного масштаба

$$M_z = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,3\text{мм} \cdot f \cdot M_{\text{созд}}}{r},$$

где $M_{\text{созд}}$ - знаменатель масштаба создаваемого плана; r – расстояние от точки надира до угла рабочей площади снимка, f – фокусное расстояние АФА.

В этом случае размер рабочей площади снимка может быть уменьшен, а, следовательно, уменьшено r . При том же значении M_z , масштаб создаваемого плана может быть крупнее.

В табл.4 представлена экономическая эффективность трудозатрат, рассчитанная по формуле:

$$\zeta = (1 - \nu/\eta) \cdot 100\% \quad (6)$$

где ζ – экономическая эффективность трудозатрат, ν - предлагаемое количество опорных точек, η - рекомендуемое количество опорных точек.

Из приведенных расчетов видно, что экономическая эффективность трудозатрат на плано-высотную подготовку снимков превышает 50 %.

Таблица 4

Параметры	Масштаб создаваемого ортофотоплана	
	1/2500	1/2000
Рекомендуемое число опорных точек	4	5
Число опорных точек, доказанное экспериментально	1	2
Экономическая эффективность	75 %	60%