

ЖТМЗ, 1971, № 5, с. 67-69.

19/11-71

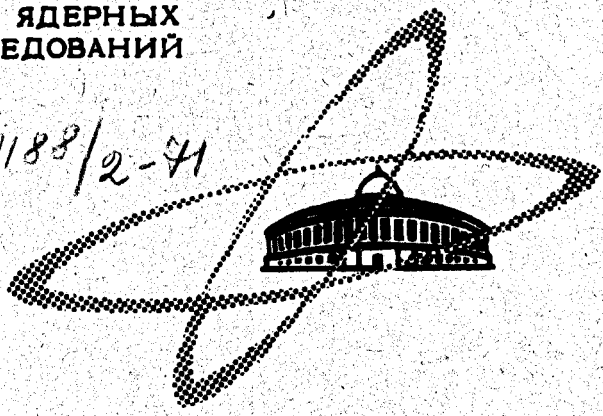
K-592

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

1188/2-71

13-5670



Э.В. Козубский, Э.М. Лившиц

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

О КОРРЕКЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ
ВНЕШНЕГО ОРИЕНТИРОВАНИЯ
ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ КАМЕР
ПРИ СТЕРЕОСЪЕМКЕ
В ТРЕКОВЫХ ПРИБОРАХ

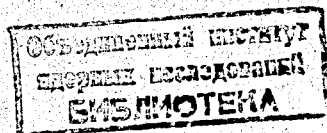
1971

13-5670

Э.В. Козубский, Э.М. Лившиц

О КОРРЕКЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ
ВНЕШНЕГО ОРИЕНТИРОВАНИЯ
ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ КАМЕР
ПРИ СТЕРЕОСЪЕМКЕ
В ТРЕКОВЫХ ПРИБОРАХ

Направлено в ПТЭ



При стереосъемке объектов, расположенных в рабочем объеме трековых приборов, например, следов частиц в пузырьковых камерах, возникает задача корректировки элементов внешнего ориентирования (ЭВО) фотокамер. Корректировка ЭВО должна производиться даже в том случае, когда для стереосъемки применяются фотограмметрические камеры, положение которых относительно фотографируемого объема может быть выверено контрольными инструментами с точностью, достаточной для пренебрежения влиянием погрешностей ЭВО на фотограмметрические измерения.

Необходимость корректировки ЭВО связана с действием различных причин: температурными деформациями, деформациями от действия собственного веса или давления рабочей среды, погрешностями изготовления и др. Вследствие этих причин возможны, в частности, наклоны или смещения фотокамер, каждой в отдельности, и наклоны всего блока фотокамер относительно защитных стекол трекового прибора, т.е. смещения центров проекции. Все это приводит к некоторым отступлениям от принятой схемы стереосъемки и, следовательно, к необходимости корректировки ЭВО фотокамер.

Известно, что для исключения подобных погрешностей в наземной топографической съемке вводятся взамен истинных условные значения отстояний или условные значения базиса фотографирования^{/1/}, т.е. про-

изводится корректировка ЭВО фотокамер. Это допустимо потому, что суммарное действие погрешностей ЭВО при ориентировании фотограмметрических камер с помощью точных инструментов невелико. Оно может привести в пределах требуемой точности измерений к линейному преобразованию масштаба геометрической модели, которая восстанавливается по стереоснимкам.

В случае точного инструментального ориентирования фотокамер относительно рабочего объема трекового прибора и учёта погрешностей ЭВО упрощается восстановление пространственных координат, но усложняется конструкция стереофотограмметрической аппаратуры. Наоборот, при отказе от точного инструментального ориентирования фотограмметрических камер упрощается конструкция аппаратуры, но усложняется обработка результатов измерений.

Способы аналитического определения ЭВО при стереосъемке событий в пузырьковых камерах описаны в работах ^{2,3/}. Ниже рассматривается один из возможных приемов контроля и коррекции инструментально определяемых значений ЭВО стереофотограмметрической установки для наиболее распространенного - нормального случая стереосъемки: оптические оси всех фотокамер взаимно параллельны и ортогональны плоским границам раздела сред в пространстве объекта. При этом предполагается, что индивидуальные характеристики, или так называемые элементы внутреннего ориентирования, и фотограмметрическая дисторсия каждой фотокамеры определены заранее с необходимой для практических целей точностью.

При стереосъемке тремя фотокамерами имеется избыточная информация о положении точек объекта. Эта избыточная информация может быть использована для коррекции ЭВО, например, следующим образом.

Рассмотрим рисунок, на котором в ортогональной проекции на базовую плоскость (оптические оси фотокамер ортогональны к этой базовой плоскости) указан ход лучей от точки объекта A_i , где i - номер

точки объекта, до ее изображений A'_{ji} , построенных тремя фотокамерами ($j = 1, 2, 3$ - номера фотокамер). Точки C_j , C'_j на этом рисунке - это проекции совмещенных передних и задних узловых точек фотокамер по данным инструментальных измерений. Однако, как указывалось выше, вследствие причин разного рода, в частности из-за наклона защитных стекол, приводящего к излому хода лучей в точках g_j и g'_j , положение центров проекций системы фотографирования может оказаться иным, например, в точках H_j ($j = 1, 2, 3$) на рисунке. Реальный ход лучей от точки A_i до точек A'_{ji} указан сплошной линией. При репроекции путем продолжения отрезков $C_j A'_{ji}$ появятся три точки пересечения (a_{12i} , a_{23i} и a_{31i}) вместо одной. Если же точки C_j , C'_j совместить с точками H_j и при этом осуществить параллельный перенос отрезков $C_j A'_{ji}$, то репроекция даст одну точку пересечения A_i .

Таким образом, задача о коррекции ЭВО сводится к определению положений точек H_j . В действительности точки H_j могут не совпадать с реальным положением проекций входных эрщков. Но H_j - это такие точки, которые могут быть условно приняты за положение центров входных эрщков, так как при этом происходит взаимная компенсация некоторых систематических искажений стереомодели и достигаются минимальные погрешности в определении координат точки объекта. Следовательно, точки H_j естественно назвать местоположением условных центров входных эрщков фотокамер, а отрезки $H_1 H_2$, $H_2 H_3$ и $H_3 H_1$ - условными базисами. При этом масштабы изображений всех фотокамер сохраняются прежними.

Пусть нам известны (по данным инструментальных измерений) координаты точек $C_j (X_j, Y_j)$ и пусть координаты точек H_j будут $(X_j + \Delta X_j; Y_j + \Delta Y_j)$, где ΔX_j и ΔY_j - искомые поправки к координатам центров проекции фотограмметрических камер. Для отыскания этих поправок будем исходить из условия коллинеарности, которое

определяет положение точки объекта A_i , центра проекции H_j и точки снимка A''_{ji} на одной прямой ^{/4/}. Уравнение этой прямой определяется выражением

$$Y_i - (Y_j + \Delta Y_j) = \frac{y_{ji}}{x_{ji}} [X_i - (X_j + \Delta X_j)], \quad (1)$$

где X_i, Y_i - координаты i -той точки объекта, x_{ji}, y_{ji} - координаты изображения этой точки объекта j -той фотокамерой, X_j, Y_j - координаты центра проекции j -той фотокамеры по данным инструментальных измерений.

Уравнение прямой (1) удобно представить в виде

$$Y_i - t_{ji} X_i + t_{ji} (X_j + \Delta X_j) - (Y_j + \Delta Y_j) = 0, \quad (2)$$

где $t_{ji} = y_{ji} / x_{ji}$ - угловой коэффициент прямой, проходящей через центр проекции j -той фотокамеры. Необходимым условием пересечения в одной точке трех прямых (2) для $j = 1, 2, 3$ является равенство нулю следующего определителя:

$$D_{1231} = \begin{vmatrix} t_{11} & 1 & t_{11}(X_1 + \Delta X_1) - (Y_1 + \Delta Y_1) \\ t_{21} & 1 & t_{21}(X_2 + \Delta X_2) - (Y_2 + \Delta Y_2) \\ t_{31} & 1 & t_{31}(X_3 + \Delta X_3) - (Y_3 + \Delta Y_3) \end{vmatrix} \quad (3)$$

Раскрывая определитель (3), получаем линейное уравнение относительно шести искомых поправок ΔX_j ; ΔY_j ($j = 1, 2, 3$), а именно:

$$\begin{aligned} \Delta t_{321} \Delta Y_1 + \Delta t_{131} \Delta Y_2 + \Delta t_{211} \Delta Y_3 + \Delta t_{231} t_{11} \Delta X_1 + \\ + \Delta t_{311} t_{21} \Delta X_2 + \Delta t_{121} t_{31} \Delta X_3 + \epsilon_{1231} = 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где

$$\begin{aligned} \epsilon_{1231} &= t_{31} \Delta Y_{12} + t_{21} \Delta Y_{31} + t_{11} \Delta Y_{23} + \\ &+ t_{11} t_{21} \Delta X_{12} + t_{21} t_{31} \Delta X_{23} + t_{31} t_{11} \Delta X_{31} \\ \Delta t_{321} &= -\Delta t_{231} = t_{31} - t_{21} \quad \text{и т.д. и} \\ \Delta Y_{32} &= Y_3 - Y_2, \quad \Delta X_{32} = X_3 - X_2 \quad \text{и т.д.} \end{aligned}$$

Для определения шести поправок к координатам центров проекции трех фотокамер необходимо не менее шести уравнений типа (4). Следовательно, для определения поправок к центрам проекции трех фотокамер по описанному способу требуется получить в картинных плоскостях всех трех фотокамер изображения не менее шести точек объекта.

Точность определения поправок к координатам центров проекции будет выше, когда число точек объекта больше шести. В этом случае система уравнений (4), построенных по данным измерений координат точек объекта, будет несовместна. Как система условных линейных уравнений, она должна быть преобразована в систему нормальных уравнений.

При определении из системы уравнений (4) поправок к координатам центров проекции фотокамер не требуется знания координат точек объекта, фокусного расстояния и масштаба изображения для каждой фотокамеры, которые могут быть различны. Однако в измеренные по снимкам координаты изображений точек объекта вносятся поправки в соответствии с индивидуальными характеристиками фотокамер.

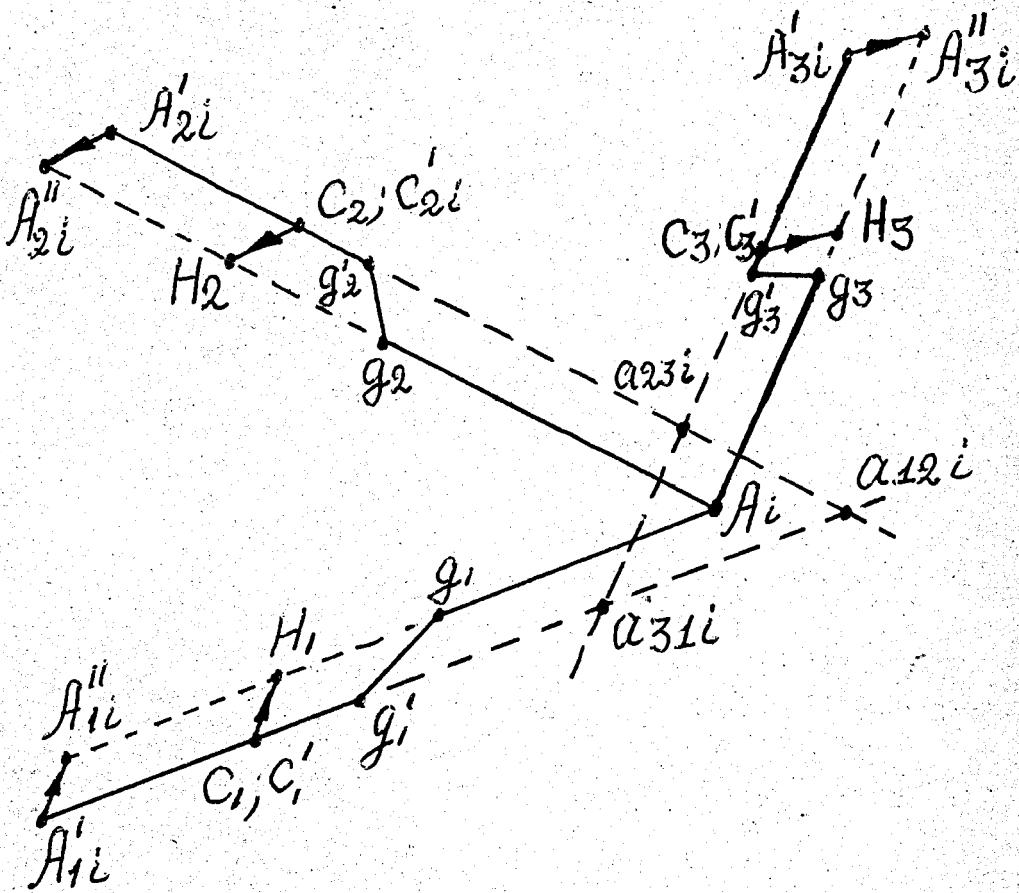
Если известны координаты точек объекта (например, при съемке реперных крестов), то имеется возможность проверки величин найденных поправок /5/ .

Л и т е р а т у р а

1. И.П. Рапасов. Составление карт методом комбинированной наземной и воздушной стереофотограмметрической съемки, ст. 113-124. Изд-во геодезической литературы, 1958.
2. Pietro Negri. Rev.Sci.Instrum., 40, N1, 148-154 (1969).
3. Г. Либман, Ж.П. Пустыльник. Сообщение ОИЯИ, 13-5034, Дубна, 1970.
4. Пособие по фотограмметрии, Под редакцией В.И. Кораблева. Издательство "НЕДРА", 152, 1970.
5. Э.В. Козубский, Нго Куанг Зуй, Препринт ОИЯИ, 13-4201, Дубна, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел

4 марта 1971 года.



A_i - точка объекта; A'_1i , A'_2i , A'_3i - изображения точки объекта A_i ; C_1 , C'_1 ; C_2 , C'_2 ; C_3 , C'_3 - совмещенные передние и задние узловые точки трех фотокамер 1, 2 и 3, соответственно; H_1 , H_2 и H_3 - условные центры проекции трех фотокамер 1, 2 и 3, соответственно; A''_1i , A''_2i , A''_3i - условные местоположения изображений точки объекта A_i .