

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЦИФРОВОЇ КОРОТКОБАЗИСНОЇ СТЕРЕОФОТОГРАМЕТРІЇ

© Дорожинський О.Л., Ільків Т.Я., 2012

Представлено решение основных фотограмметрических задач при использовании спаренной съёмочной камеры с постоянным базисом: внутреннее и внешнее ориентирование, прямая фотограмметрическая засечка.

The solution of main photogrammetric problems when using duplex camera with permanent basis: inner and external orientation, direct photogrammetric intersection is presented.

Постановка проблеми. Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. Короткобазисна фотограмметрія мала широке застосування в 60–80-ті роки минулого століття під час дослідження архітектурних об'єктів, деформацій споруд, в криміналістиці тощо. З переходом на цифрове знімання можливості таких систем значно розширились, що є актуальною проблемою теоретичних розробок і практичної реалізації. Через різні обставини цією проблемою займається обмежене коло фотограмметричних лабораторій, що пояснюється тим, що спарені цифрові системи не випускаються серійно.

Аналіз досліджень і публікацій, присвячених вирішенню цієї проблеми. Найпоширенішими спареними стереознімальними системами були камери SMK-5,5/0808, з базами 40 см та 120 см (фірми Zeiss), камера C40 фірми Wild в двох модифікаціях (база 40 см або 102 см) та камера



Рис. 1. Цифрова знімальна система

TS120 фірми Nikon з базою 120 см [3]. Нині відсутні цифрові аналоги таких систем. Зважаючи на широкий круг дослідницьких задач [1, 4], доцільно розвинути цей напрям, базуючись на застосуванні цифрових знімальних систем.

Тому на кафедрі фотограмметрії та геоінформатики Львівської політехніки створено цифрову систему, що є прототипом камери SMK з базою 120 см, з використанням двох цифрових камер Canon EOS450D (рис. 1).

Невирішені частини загальної проблеми та постановка завдання. Фотограмметричне опрацювання цифрових стереопар повинно базуватись на дещо інших теоретичних засадах, які підлягають вивченню. Враховуючи реальну модель знімання об'єктів спареною цифровою стереосистемою, створені математичні моделі основних фотограмметричних задач, суть яких подана нижче.

Викладення основного матеріалу.

Задача 1. Внутрішнє орієнтування. Оскільки сенсором у кожній камері є ПЗЗ-матриця, то до них можна застосувати принцип центральної проєкції. Тоді елементами внутрішнього орієнтування є фокусна віддаль f та координати головної точки o , зафіксовані в наперед вибраній плоскій прямокутній системі координат. Початок системи розміщено в початковому пікселі, а вісь x скерована вздовж першої строки матриці, вісь z перпендикулярно до цієї строки. Оскільки для подальшої обробки використовується математичний апарат аналітичної фотограмметрії, то виконується перехід до координатної системи так, як подано в роботах [2, 3]. Водночас для кожної з

камер проводять калібрування з визначенням параметрів дисторсії у вигляді коефіцієнтів апроксимуючих функцій або в дискретному представленні для зон цифрового образу.

Задача 2. Зовнішнє орієнтування – загальний випадок.

Геометрична схема спареного стереознімання показана на рис. 2.

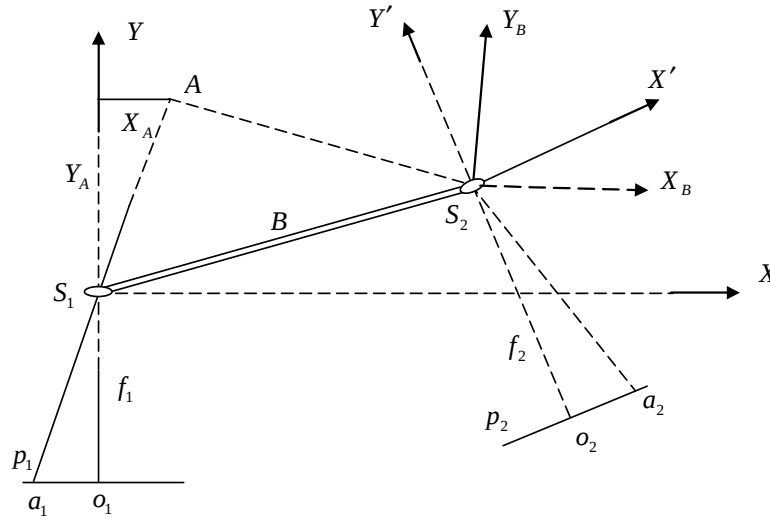


Рис. 2. Геометрична схема стереознімання, загальний випадок

Вибір просторової фотограмметричної системи координат може бути довільним, що витікає з рис. 2: S_1XYZ , S_2XYZ , $S_1X_BY_BZ_B$. Логічним є такий вибір: початок системи в лівому центрі знімання S_1 , вісь Y скерована вздовж головного променя S_1O_1 , вісь X перпендикулярна до осі Y , вісь Z перпендикулярна до площини XY в точці S_1 . Тоді правий центр знімання S_2 визначається довжиною бази B та кутами орієнтації бази $\alpha_B, \omega_B, \chi_B$, які формують відповідну матрицю напрямних косинусів:

$$[X_{S_2} Y_{S_2} Z_{S_2}]^T = A_{\alpha_B \omega_B \chi_B} \cdot B \quad (1)$$

Однією із істотних практичних переваг короткобазисного стереознімання є те, що для координування точок об'єкта можна застосувати пряму фотограмметричну засічку при відомих елементах внутрішнього та зовнішнього орієнтування зображень. Але для цього положення обох камер та бази повинні бути визначені на підставі спеціальних тестових (калібрувальних) досліджень. Їх результатом є визначення зафіксованого положення лівого зображення: $X_{S_1} = Y_{S_1} = Z_{S_1} = 0, \alpha_l, \omega_l, \chi_l$; для правого зображення маємо: $B_x = B_y = B_z = 0, \alpha_B, \omega_B, \chi_B$.

Задача 3. Пряма фотограмметрична засічка при $f_1 \neq f_2$ (нерівності фокусних віддалей лівої і правої камер).

Просторові координати точки об'єкта A (рис. 2)

$$X = N \cdot X'_1, \quad Y = N \cdot Y'_1, \quad Z = N \cdot Z'_1, \quad (2)$$

$$N = \frac{1}{2}(N_1 + N_2), \quad N_1 = \frac{B_x Y'_2 - B_y X'_2}{X'_1 Y'_2 - X'_2 Y'_1}, \quad N_2 = \frac{B_x Y'_1 - B_y X'_1}{X'_1 Y'_2 - X'_2 Y'_1} \quad (3)$$

Для лівого знімка

$$\begin{aligned} X'_1 &= a_1(x - x_0) + a_2 f + a_3(z - z_0) \\ Y'_1 &= b_1(x - x_0) + b_2 f + b_3(z - z_0) \\ Z'_1 &= c_1(x - x_0) + c_2 f + c_3(z - z_0) \end{aligned} \quad (4)$$

Для правого знімка обчислюють $X'_2 Y'_2 Z'_2$ за аналогією з (4), але елементи внутрішнього та зовнішнього орієнтування – це параметри правого зображення.

Базисні компоненти вираховують за формулами (1). Наближено $B_X \approx B$, $B_Y \approx 0$.

Задача 4. Абсолютне орієнтування моделі. Перехід від просторової фотограмметричної системи координат до абсолютної (“геодезичної”) виконується за відомими розв’язками (рис. 3).

$$\begin{bmatrix} X_a \\ Y_a \\ Z_a \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} X_{S1} \\ Y_{S1} \\ Z_{S1} \end{bmatrix}^T + A_{\alpha_0 \omega_0 \chi_0} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}^T,$$

де X_{S1}, Y_{S1}, Z_{S1} – перенесення початку координат;

$\alpha_0, \omega_0, \chi_0$ – кутові елементи абсолютного орієнтування моделі.

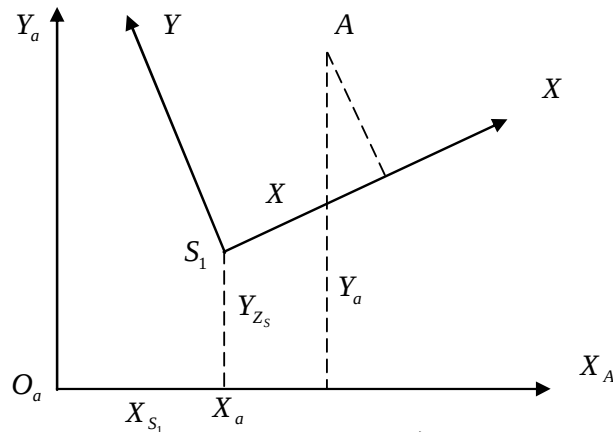


Рис. 3. Абсолютна та фотограмметрична системи координат

На відміну від класичного представлення тут масштабний коефіцієнт дорівнює одиниці, оскільки базис знімання відомий.

Задача 5. Визначення взаємного положення обох камер та бази.

Згідно з поставленим завданням необхідно знайти 12 елементів зовнішнього орієнтування для обох камер. Для цього доцільно застосувати подвійну обернену фотограмметричну засічку з використанням формул наземної фотограмметрії. Для отримання шуканих параметрів необхідно мати тестовий полігон з оптимальною кількістю опорних точок. Мінімум це 3, проте для надійного розв’язку та об’єктивної оцінки точності треба 15–20 опорних точок, які б рівномірно покривали всю площину зображення.

Висновки. Як витікає з наведених і описаних математичних моделей спареного цифрового стереознімання, вибір систем координат та розв’язання основних фотограмметричних задач має свої специфічні можливості, які необхідно врахувати при аналітичному опрацюванні зображень. Результати практичних досліджень будуть описані в подальших публікаціях.

1. Ганьшин В. Н, Коськов Б.И., Зимин К.И. и др. Геодезические работы в строительстве. – М.: Стройиздат, 1975. – 406 с. 2. Дорожнинський О.Л., Тукай Р. Фотограмметрія: Підручник. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2008. – 332 с. 3. Дорожнинський О.Л. Основи фотограмметрії: Підручник. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2003. – 214 с. 4. Исследование и анализ отклонений главной точки снимка при фокусировании объектива камеры // Геодезия и аэрофотосъемка. – 1991. – С.89–95.