

مثلث بندی هوایی

مفهوم و روشها

حیدر راستی ویس

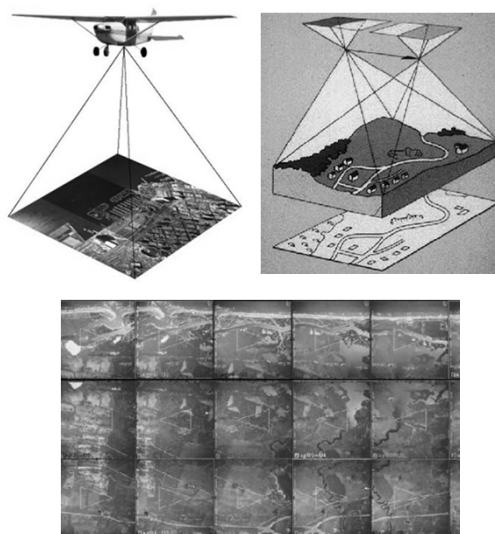
May 12



فهرست مطالب

- مقدمه
- مفهوم مثلث بندی هوایی
- روشهای مثلث بندی هوایی
 - روش دسته اشعه
 - روش مدل مستقل
 - روش مدل پیوسته

مقدمه

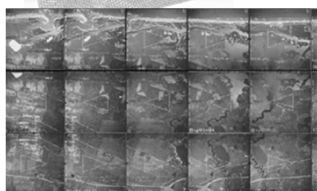
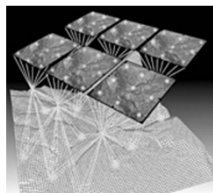


3

مفهوم مثلث بندی هوایی

○ تعریف مثلث بندی:

- مثلث بندی هوایی اصطلاح کلی روشهای فتوگرامتری برای بدست آوردن مختصات زمینی (شئی) با استفاده از یک سری عکسهای پوشش دار میباشد.

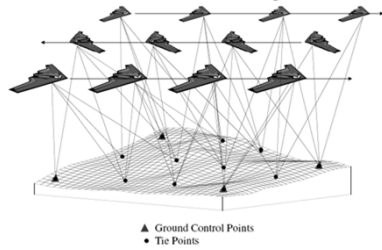


○ روشهای مثلث بندی

- مثلث بندی دستگاهی (دستی)
 - مثلث بندی شعاعی
 - مثلث بندی دستگاهی تک باند به صورت جدا
- مثلث بندی تحلیلی
 - روش باندل اجسمنت (دسته اشعه)
 - روش مدل مستقل
 - روش مدل پیوسته

4

روشهای مثلث بندی هوایی



○ روش باندل اجسمنت (دسته اشعه)

- از معادلات شرط هم خطی استفاده میشود.
- مشاهدات:
- مختصات عکسی نقاط کنترل و گرهی
- مجهولات:
- مختصات زمینی نقاط گرهی
- پارامترهای توجیه خارجی عکسها

$$x_{ij} = x_{oj} - f \frac{m_{11}^j (X_i - X_{lj}) + m_{12}^j (Y_i - Y_{lj}) + m_{13}^j (Z_i - Z_{lj})}{m_{31}^j (X_i - X_{lj}) + m_{32}^j (Y_i - Y_{lj}) + m_{33}^j (Z_i - Z_{lj})}$$

$$y_{ij} = y_{oj} - f \frac{m_{21}^j (X_i - X_{lj}) + m_{22}^j (Y_i - Y_{lj}) + m_{23}^j (Z_i - Z_{lj})}{m_{31}^j (X_i - X_{lj}) + m_{32}^j (Y_i - Y_{lj}) + m_{33}^j (Z_i - Z_{lj})}$$

5

روشهای مثلث بندی هوایی

○ روش باندل اجسمنت (دسته اشعه)

- معادلات نقاط کنترل:

$$\begin{bmatrix} J \\ K \end{bmatrix}_{ij} + \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix}_{ij} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & -b_{14} & -b_{15} & -b_{16} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & -b_{24} & -b_{25} & -b_{26} \end{bmatrix}_{ij} \begin{bmatrix} d\omega \\ d\phi \\ d\kappa \\ dX_L \\ dY_L \\ dZ_L \end{bmatrix}_j$$

$$F_{ij} + V_{ij} = B_{ij} \cdot dP_j$$

- معادلات نقاط گرهی:

$$\begin{bmatrix} J \\ K \end{bmatrix}_{ij} + \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix}_{ij} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & -b_{14} & -b_{15} & -b_{16} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & -b_{24} & -b_{25} & -b_{26} \end{bmatrix}_{ij} \begin{bmatrix} d\omega \\ d\phi \\ d\kappa \\ dX_L \\ dY_L \\ dZ_L \end{bmatrix}_j + \begin{bmatrix} b_{14} & b_{15} & b_{16} \\ b_{24} & b_{25} & b_{26} \end{bmatrix}_{ij} \begin{bmatrix} dX_i \\ dY_i \\ dZ_i \end{bmatrix}_i$$

$$F_{ij} + V_{ij} = B_{ij} \cdot dP_j + C_{ij} \cdot dX_i$$

6

روشهای مثلث بندی هوایی

○ روش باندل اجسمنت (دسته اشعه)

• معادلات نقطه کنترل ارتفاعی:

$$\begin{bmatrix} J \\ K \end{bmatrix}_{ij} + \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix}_{ij} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & -b_{14} & -b_{15} & -b_{16} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & -b_{24} & -b_{25} & -b_{26} \end{bmatrix}_{ij} \begin{bmatrix} d\omega \\ d\phi \\ d\kappa \\ dX_L \\ dY_L \\ dZ_L \end{bmatrix}_j + \begin{bmatrix} b_{14} & b_{15} \\ b_{24} & b_{25} \end{bmatrix}_{ij} \begin{bmatrix} dX \\ dY \end{bmatrix}_i$$

$$F_{ij} + V_{ij} = B_{ij} \cdot dP_j + CH_{ij} \cdot dX_i$$

• معادلات نقاط کنترل مسطحاتی:

$$\begin{bmatrix} J \\ K \end{bmatrix}_{ij} + \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix}_{ij} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & -b_{14} & -b_{15} & -b_{16} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & -b_{24} & -b_{25} & -b_{26} \end{bmatrix}_{ij} \begin{bmatrix} d\omega \\ d\phi \\ d\kappa \\ dX_L \\ dY_L \\ dZ_L \end{bmatrix}_j + \begin{bmatrix} b_{16} \\ b_{26} \end{bmatrix}_{ij} [dZ]_j$$

$$F_{ij} + V_{ij} = B_{ij} \cdot dP_j + CP_{ij} \cdot dX_i$$

7

روشهای مثلث بندی هوایی

○ روش باندل اجسمنت (دسته اشعه)

• مثال

1Δ 2★	1Δ 2★ 3Δ	★2 3Δ
4★ 5★	★4 5★ 6★	★5 6★
7○ 8★	○7 ★8 9○	★8 9○
○7 8★	○7 ★8 9○	★8 9○
★ 11★ 10★	★10 1★ 12★	★1 12★
Δ13 14	Δ13 14 Δ15	14 Δ15

★ نقطه گرهی

Δ نقطه کنترل کامل

□ نقطه کنترل مسطحاتی

○ نقطه کنترل ارتفاعی

• معادلات:

$$\text{معادلات شرط همخطی: } (6+9+6+6+9+6) \cdot 2 = 84$$

• مجهولات:

$$\text{توجیه خارجی: } 6 \cdot 6 = 36$$

$$\text{مختصات زمینی نقاط گرهی: } 8 \cdot 3 = 24$$

$$\text{مختصات } x, y \text{ نقاط کنترل ارتفاعی: } 2 \cdot 2 = 4$$

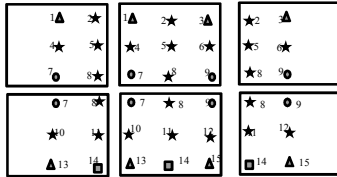
$$\text{مختصات } z \text{ نقاط کنترل مسطحاتی: } 1 \cdot 1 = 1$$

8

روشهای مثلث بندی هوایی

○ روش باندل اجسمنت (دسته اشعه)

• مثال



$$\Delta = [P_1 \ P_2 \ P_3 \ P_4 \ P_5 \ P_6 \ T_2 \ T_4 \ T_5 \ T_6 \ T_8 \ T_{10} \ T_{11} \ T_{12} \ H_7 \ H_9 \ PL_{14}]$$

$$P_j = [d\omega \ d\varphi \ d\kappa \ dX_L \ dY_L \ dZ_L]_j$$

$$T_i = [dX \ dY \ dZ]_i$$

$$H_i = [dX \ dY]_i$$

$$PL_i = [dZ]_i$$

9

روشهای مثلث بندی هوایی

○ روش باندل اجسمنت (دسته اشعه)

• مثال

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} J \\ K \end{bmatrix}_\vartheta + \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix}_\vartheta &= \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & -b_{14} & -b_{15} & -b_{16} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & -b_{24} & -b_{25} & -b_{26} \end{bmatrix}_\vartheta \begin{bmatrix} d\omega \\ d\varphi \\ d\kappa \\ dX_L \\ dY_L \\ dZ_L \end{bmatrix}_j + \begin{bmatrix} b_{14} & b_{15} & b_{16} \\ b_{24} & b_{25} & b_{26} \end{bmatrix}_\vartheta \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix}_i \\ \begin{bmatrix} J \\ K \end{bmatrix}_\vartheta + \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix}_\vartheta &= \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & -b_{14} & -b_{15} & -b_{16} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & -b_{24} & -b_{25} & -b_{26} \end{bmatrix}_\vartheta \begin{bmatrix} d\omega \\ d\varphi \\ d\kappa \\ dX_L \\ dY_L \\ dZ_L \end{bmatrix}_j + \begin{bmatrix} b_{14} & b_{15} \\ b_{24} & b_{25} \end{bmatrix}_\vartheta \begin{bmatrix} dX \\ dY \end{bmatrix}_i \\ \begin{bmatrix} J \\ K \end{bmatrix}_\vartheta + \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix}_\vartheta &= \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & -b_{14} & -b_{15} & -b_{16} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & -b_{24} & -b_{25} & -b_{26} \end{bmatrix}_\vartheta \begin{bmatrix} d\omega \\ d\varphi \\ d\kappa \\ dX_L \\ dY_L \\ dZ_L \end{bmatrix}_j + \begin{bmatrix} b_{16} \\ b_{26} \end{bmatrix}_\vartheta [dZ]_i \\ \begin{bmatrix} J \\ K \end{bmatrix}_\vartheta + \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix}_\vartheta &= \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & -b_{14} & -b_{15} & -b_{16} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & -b_{24} & -b_{25} & -b_{26} \end{bmatrix}_\vartheta \begin{bmatrix} d\omega \\ d\varphi \\ d\kappa \\ dX_L \\ dY_L \\ dZ_L \end{bmatrix}_j \end{aligned}$$

10

[illegible]

روشهای مثلث بندی هوایی

○ روش باندل اجسمنت (دسته اشعه)

- مقادیر اولیه؟
- امگا و فی را صفر میگیریم و برای بقیه پارامترها از یک کانفورمال دوبعدی استفاده میکنیم.
- معادلات نقاط کنترل

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 \\ y & -x & 0 & 1 \end{bmatrix}_y \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}_j$$

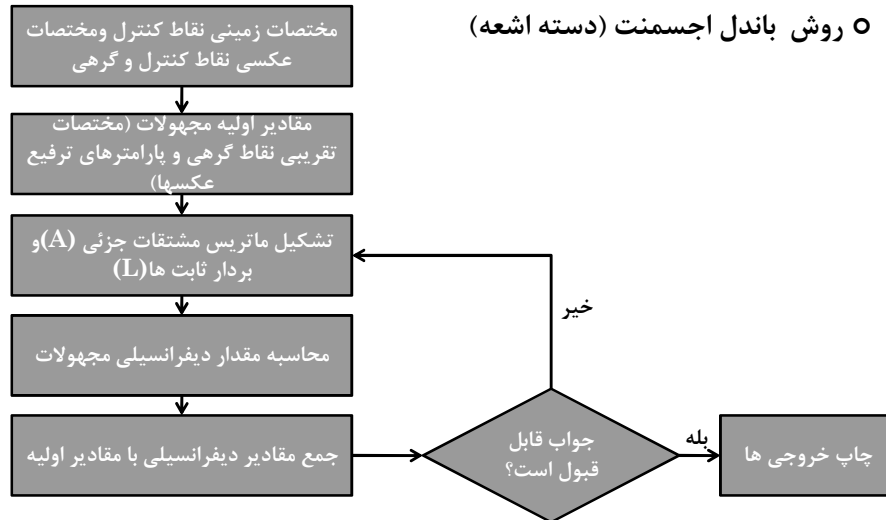
- معادلات نقاط گرهی

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 \\ y & -x & 0 & 1 \end{bmatrix}_y \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}_j + \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}_i$$

- بعد از محاسبه پارامترهای کانفورمال میتوان سایر پارامترها را حساب کرد.
- مختصات نقاط گرهی نیز همزمان بدست میآیند.

روشهای مثلث بندی هوایی

○ روش باندل اجسمنت (دسته اشعه)



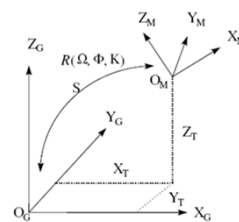
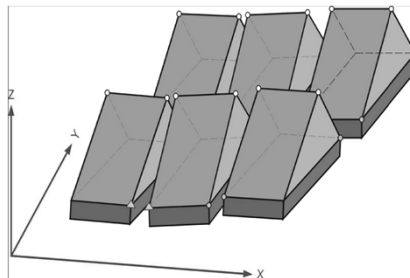
13

روشهای مثلث بندی هوایی

○ روش مدل مستقل

- ورودی در اینجا مختصات مدلی میباشد.
- مانند توجیه مطلق است ولی به صورت همزمان برای n مدل

- حل به صورت همزمان : M7
- حل به صورت دو مرحله ای: M4-3



14

روشهای مثلث بندی هوایی

روش مدل مستقل

• حل به صورت همزمان : M7

- از معادلات کانفورمال سه بعدی استفاده میشود.
- برای نقاط کنترل میتوان³ معادله کانفورمال را بصورت زیر نوشت.

$$\begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{bmatrix} + SR(\Omega, \Phi, K) \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \end{bmatrix}$$

- برای نقاط گرهی و مراکز تصویر مشترک میتوان از معادلات زیر استفاده کرد.

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{bmatrix} + SR(\Omega, \Phi, K) \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{bmatrix}$$

15

روشهای مثلث بندی هوایی

روش مدل مستقل

• حل به صورت همزمان : M7

$$\begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{bmatrix} + SR(\Omega, \Phi, K) \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \end{bmatrix}$$

$$F = X_T + S \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \end{bmatrix} - X_G = 0$$

$$G = Y_T + S \begin{bmatrix} r_{21} & r_{22} & r_{23} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \end{bmatrix} - Y_G = 0$$

$$H = Z_T + S \begin{bmatrix} r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \end{bmatrix} - Z_G = 0$$

16

روشهای مثلث بندی هوایی

روش مدل مستقل

- حل به صورت همزمان : M7

$$\begin{aligned}
 F &= F^0 + \left(\frac{\partial F}{\partial S}\right)dS + \left(\frac{\partial F}{\partial \Omega}\right)d\Omega + \left(\frac{\partial F}{\partial \Phi}\right)d\Phi + \left(\frac{\partial F}{\partial K}\right)dK + \left(\frac{\partial F}{\partial X_r}\right)dX_r + \left(\frac{\partial F}{\partial Y_r}\right)dY_r + \left(\frac{\partial F}{\partial Z_r}\right)dZ_r + \left(\frac{\partial F}{\partial X_g}\right)dX_g + \left(\frac{\partial F}{\partial Y_g}\right)dY_g + \left(\frac{\partial F}{\partial Z_g}\right)dZ_g = 0 \\
 G &= G^0 + \left(\frac{\partial G}{\partial S}\right)dS + \left(\frac{\partial G}{\partial \Omega}\right)d\Omega + \left(\frac{\partial G}{\partial \Phi}\right)d\Phi + \left(\frac{\partial G}{\partial K}\right)dK + \left(\frac{\partial G}{\partial X_r}\right)dX_r + \left(\frac{\partial G}{\partial Y_r}\right)dY_r + \left(\frac{\partial G}{\partial Z_r}\right)dZ_r + \left(\frac{\partial G}{\partial X_g}\right)dX_g + \left(\frac{\partial G}{\partial Y_g}\right)dY_g + \left(\frac{\partial G}{\partial Z_g}\right)dZ_g = 0 \\
 H &= H^0 + \left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)dS + \left(\frac{\partial H}{\partial \Omega}\right)d\Omega + \left(\frac{\partial H}{\partial \Phi}\right)d\Phi + \left(\frac{\partial H}{\partial K}\right)dK + \left(\frac{\partial H}{\partial X_r}\right)dX_r + \left(\frac{\partial H}{\partial Y_r}\right)dY_r + \left(\frac{\partial H}{\partial Z_r}\right)dZ_r + \left(\frac{\partial H}{\partial X_g}\right)dX_g + \left(\frac{\partial H}{\partial Y_g}\right)dY_g + \left(\frac{\partial H}{\partial Z_g}\right)dZ_g = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} -F^0 \\ -G^0 \\ -H^0 \end{bmatrix}_g = \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial F}{\partial S}\right) & \left(\frac{\partial F}{\partial \Omega}\right) & \left(\frac{\partial F}{\partial \Phi}\right) & \left(\frac{\partial F}{\partial K}\right) & \left(\frac{\partial F}{\partial X_r}\right) & \left(\frac{\partial F}{\partial Y_r}\right) & \left(\frac{\partial F}{\partial Z_r}\right) \\ \left(\frac{\partial G}{\partial S}\right) & \left(\frac{\partial G}{\partial \Omega}\right) & \left(\frac{\partial G}{\partial \Phi}\right) & \left(\frac{\partial G}{\partial K}\right) & \left(\frac{\partial G}{\partial X_r}\right) & \left(\frac{\partial G}{\partial Y_r}\right) & \left(\frac{\partial G}{\partial Z_r}\right) \\ \left(\frac{\partial H}{\partial S}\right) & \left(\frac{\partial H}{\partial \Omega}\right) & \left(\frac{\partial H}{\partial \Phi}\right) & \left(\frac{\partial H}{\partial K}\right) & \left(\frac{\partial H}{\partial X_r}\right) & \left(\frac{\partial H}{\partial Y_r}\right) & \left(\frac{\partial H}{\partial Z_r}\right) \end{bmatrix}_g \begin{bmatrix} dS \\ d\Omega \\ d\Phi \\ dK \\ dX_r \\ dY_r \\ dZ_r \end{bmatrix}_g + \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial F}{\partial X_g}\right) & \left(\frac{\partial F}{\partial Y_g}\right) & \left(\frac{\partial F}{\partial Z_g}\right) \\ \left(\frac{\partial G}{\partial X_g}\right) & \left(\frac{\partial G}{\partial Y_g}\right) & \left(\frac{\partial G}{\partial Z_g}\right) \\ \left(\frac{\partial H}{\partial X_g}\right) & \left(\frac{\partial H}{\partial Y_g}\right) & \left(\frac{\partial H}{\partial Z_g}\right) \end{bmatrix}_g \begin{bmatrix} dX_g \\ dY_g \\ dZ_g \end{bmatrix}_g$$

$$L_{ij} = B_{ij}P_j + C_{ij}dX_i$$

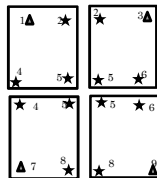
17

روشهای مثلث بندی هوایی

روش مدل مستقل

- حل به صورت همزمان : M7

- مثال:



- تعداد مجهولات: 49

- 28=پارامتر*7 مدل 4
- 15=مختصات زمینی*3 گرهی 5
- 6=مختصات زمینی*3 مرکز تصویر مشترک 2

- تعداد معادلات: 60

- 15=3*(مرکز تصویر مشترک 1+گرهی 3+کنترل 1): مدل اول
- 15=3*(مرکز تصویر مشترک 1+گرهی 3+کنترل 1): مدل دوم
- 15=3*(مرکز تصویر مشترک 1+گرهی 3+کنترل 1): مدل سوم
- 15=3*(مرکز تصویر مشترک 1+گرهی 3+کنترل 1): مدل چهارم

18

روشهای مثلث بندی هوایی

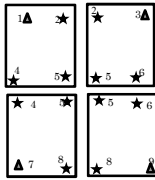
$$L_{ij} = B_{ij}P_j + C_{ij}dX_i$$

○ روش مدل مستقل

• حل به صورت همزمان : M7

• مثال:

$$A = \begin{bmatrix} B_{11} & & & & & & & & & & \\ B_{21} & & & & & & & & & & \\ B_{41} & & & & & & & & & & \\ B_{51} & & & & & & & & & & \\ B_{pc11} & & & & & & & & & & \\ & B_{22} & & & & & & & & & \\ & B_{32} & & & & & & & & & \\ & B_{52} & & & & & & & & & \\ & B_{62} & & & & & & & & & \\ & B_{pc12} & & & & & & & & & \\ & & B_{43} & & & & & & & & \\ & & B_{53} & & & & & & & & \\ & & B_{73} & & & & & & & & \\ & & B_{83} & & & & & & & & \\ & & B_{pc23} & & & & & & & & \\ & & & B_{54} & & & & & & & \\ & & & B_{64} & & & & & & & \\ & & & B_{84} & & & & & & & \\ & & & B_{94} & & & & & & & \\ & & & B_{pc24} & & & & & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{21} \\ C_{41} \\ C_{51} \\ C_{pc12} \\ C_{22} \\ C_{32} \\ C_{62} \\ C_{pc12} \\ C_{43} \\ C_{53} \\ C_{83} \\ C_{pc23} \\ C_{54} \\ C_{64} \\ C_{84} \\ C_{pc24} \end{bmatrix} \Delta = [P_1 \ P_2 \ P_3 \ P_4 \ dX_2 \ dX_4 \ dX_5 \ dX_6 \ dX_8 \ dX_{pc1} \ dX_{pc2}]$$

$$L = \begin{bmatrix} L_{11} \\ L_{21} \\ L_{41} \\ L_{51} \\ L_{pc11} \\ L_{22} \\ L_{32} \\ L_{52} \\ L_{62} \\ L_{pc12} \\ L_{43} \\ L_{53} \\ L_{73} \\ L_{83} \\ L_{pc23} \\ L_{54} \\ L_{64} \\ L_{84} \\ L_{94} \\ L_{pc24} \end{bmatrix}$$


19

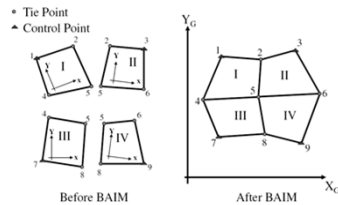
روشهای مثلث بندی هوایی

○ روش مدل مستقل

• روش دو مرحله ای

○ مرحله مسطحانی M4

• حل یکجای پارامترهای مسطحانی



○ مرحله ارتفاعی M3

• حل یکجای پارامترهای ارتفاعی

20

روشهای مثلث بندی هوایی

○ روش مدل مستقل

• روش دو مرحله ای

M4 ○

○ مدلها از نظر مسطحاتی نسبت به یکدیگر توجیه میشوند.

○ از کانفورمال دوبعدی استفاده میشود.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 \\ y & -x & 0 & 1 \end{bmatrix}_y \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}_j$$

$$F_{ij} + V_{ij} = B_{ij} \cdot dP_j$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 \\ y & -x & 0 & 1 \end{bmatrix}_y \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}_j + \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}_i$$

$$F_{ij} + V_{ij} = B_{ij} \cdot dP_j + C_{ij} \cdot dX_i$$

21

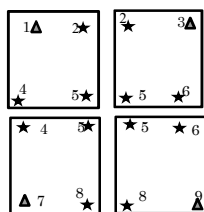
روشهای مثلث بندی هوایی

○ روش مدل مستقل

• روش دو مرحله ای

M4 ○

○ مثال



• معادلات:

$$(4+4+4+4)*2 = 32 \text{ معادلات کانفورمال دوبعدی}$$

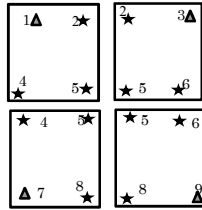
• مجهولات:

$$4*4=16 \text{ پارامترهای M4}$$

$$5*2=10 \text{ مختصات زمینی نقاط گرهی}$$

22

روشهای مثلث بندی هوایی



○ روش مدل مستقل

• روش دو مرحله ای

M4 ○

○ مثال

• معادلات:

معادلات کانفورمال دوبعدی: $(4+4+4+4)*2 = 32$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 \\ y & -x & 0 & 1 \end{bmatrix}_j \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}_j$$

$$F_{ij} + V_{ij} = B_{ij} \cdot P_j$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 \\ y & -x & 0 & 1 \end{bmatrix}_j \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}_j + \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}_i$$

$$F_{ij} + V_{ij} = B_{ij} \cdot P_j + C_{ij} \cdot dX_i$$

• مجهولات:

$$\Delta = [P_1 \quad P_2 \quad P_3 \quad P_4 \quad XY_2 \quad XY_4 \quad XY_5 \quad XY_6 \quad XY_8]$$

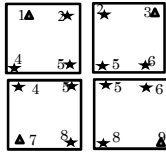
پارامترهای M4: $4*4=16$

مختصات زمینی نقاط گرهی: $5*2=10$

$$P_j = [a \quad b \quad c \quad d]_j \quad XY_i = [X \quad Y]_i$$

23

روشهای مثلث بندی هوایی



○ روش مدل مستقل

• روش دو مرحله ای

M4 ○

○ مثال

$$\Delta = [P_1 \quad P_2 \quad P_3 \quad P_4 \quad XY_2 \quad XY_4 \quad XY_5 \quad XY_6 \quad XY_8]^T$$

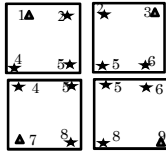
$$A = \begin{bmatrix} B_{11} & & & & & & & & \\ B_{21} & & & & C_{21} & & & & \\ B_{41} & & & & C_{41} & & & & \\ B_{51} & & & & C_{51} & & & & \\ & B_{22} & & & C_{22} & & & & \\ & B_{32} & & & & & & & \\ & B_{52} & & & & C_{52} & & & \\ & B_{62} & & & & C_{62} & & & \\ & & B_{43} & & & C_{42} & & & \\ & & B_{53} & & & C_{53} & & & \\ & & B_{73} & & & & & & \\ & & B_{83} & & & & & C_{83} & \\ & & & B_{54} & & & & C_{54} & \\ & & & B_{64} & & & & C_{64} & \\ & & & B_{84} & & & & C_{84} & \\ & & & B_{94} & & & & & \end{bmatrix}, L = \begin{bmatrix} F_{11} \\ F_{21} \\ F_{41} \\ F_{51} \\ F_{22} \\ F_{32} \\ F_{52} \\ F_{62} \\ F_{43} \\ F_{53} \\ F_{73} \\ F_{83} \\ F_{54} \\ F_{64} \\ F_{84} \\ F_{94} \end{bmatrix}$$

$$L = AX$$

$$X = (A^T A)^{-1} A^T L$$

24

روشهای مثلث بندی هوایی



○ روش مدل مستقل

• روش دو مرحله ای

M4 ○

○ بعد از مرحله M4 از رابطه زیر میتوان جهت به روز کردن مختصات مدلی استفاده کرد.

$$\begin{bmatrix} x_m \\ y_m \\ z_m \end{bmatrix}_{new} = \begin{bmatrix} a & b & 0 \\ -b & a & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{a^2 + b^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_m \\ y_m \\ z_m \end{bmatrix}_{old} + \begin{bmatrix} c \\ d \\ 0 \end{bmatrix}$$

25

روشهای مثلث بندی هوایی

○ روش مدل مستقل

• روش دو مرحله ای

M3 ○

○ مدلهای از نظر ارتفاعی نسبت به یکدیگر توجیه میشوند.

○ مراکز تصویر مشترک در این مرحله بکار گرفته میشوند و معادلات آنها در کنار نقاط کنترل و گرهی استفاده میشوند.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_i = R_{\Omega, \Phi} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{ij} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ Z_T \end{bmatrix}_j$$

○ با فرض کوچک بودن پارامترهای دورانی معادله زیر بدست می آید.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \Delta\Phi \\ 0 & 1 & -\Delta\Omega \\ -\Delta\Phi & \Delta\Omega & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ Z_T \end{bmatrix}$$

26

روشهای مثلث بندی هوایی

○ روش مدل مستقل

• روش دو مرحله ای

○ M3

○ معادلات نقاط کنترل:

$$[Z_i - z_{ij}] = [y \quad -x \quad 1]_{ij} \begin{bmatrix} \Delta\Omega \\ \Delta\Phi \\ dZ_T \end{bmatrix}_j \quad F_{ij} + V_{ij} = B_{ij} \cdot dP_j$$

○ معادلات نقاط گرهی

$$[-z_{ij}] = [y \quad -x \quad 1]_{ij} \begin{bmatrix} \Delta\Omega \\ \Delta\Phi \\ dZ_T \end{bmatrix}_j - [Z]_i \quad F_{ij} + V_{ij} = B_{ij} \cdot dP_j + C_{ij} \cdot dZ_i$$

○ معادلات مرکز تصویر

$$\begin{bmatrix} -x \\ -y \\ -z \end{bmatrix}_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & z & 0 \\ -z & 0 & 0 \\ y & -x & 1 \end{bmatrix}_{ij} \begin{bmatrix} \Delta\Omega \\ \Delta\Phi \\ dZ_T \end{bmatrix}_j - \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_i \quad F_{ij} + V_{ij} = B_{ij} \cdot dP_j + C_{ij} \cdot dX_i$$

27

روشهای مثلث بندی هوایی

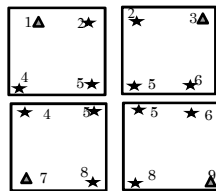
○ روش مدل مستقل

• روش دو مرحله ای

○ M3

○ مثال

• تعداد مجهولات: 23



○ 12=پارامتر*3*مدل 4

○ 5=(مختصات زمینی Z)*1*گرهی 5

○ 6=مختصات زمینی*3*مرکز تصویر مشترک 2

• تعداد معادلات: 28

○ 7=3*(مرکز تصویر مشترک 1)+1*(گرهی 3+کنترل 1):مدل اول

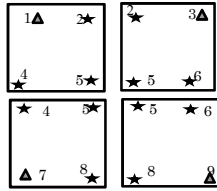
○ 7=3*(مرکز تصویر مشترک 1)+1*(گرهی 3+کنترل 1):مدل دوم

○ 7=3*(مرکز تصویر مشترک 1)+1*(گرهی 3+کنترل 1):مدل سوم

○ 7=3*(مرکز تصویر مشترک 1)+1*(گرهی 3+کنترل 1):مدل چهارم

28

روشهای مثلث بندی هوایی



○ روش مدل مستقل

• روش دو مرحله ای

M3 ○

○ مثال

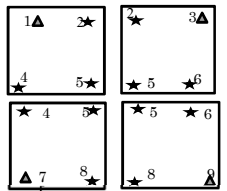
$$\begin{bmatrix} Z_i - z_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y & -x & 1 \end{bmatrix}_{ij} \begin{bmatrix} \Delta\Omega \\ \Delta\Phi \\ dZ_\tau \end{bmatrix}_j$$

$$\begin{bmatrix} -z \end{bmatrix}_{ij} = \begin{bmatrix} y & -x & 1 \end{bmatrix}_{ij} \begin{bmatrix} \Delta\Omega \\ \Delta\Phi \\ dZ_\tau \end{bmatrix}_j - \begin{bmatrix} Z \end{bmatrix}_i$$

$$\begin{bmatrix} -x \\ -y \\ -z \end{bmatrix}_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & z & 0 \\ -z & 0 & 0 \\ y & -x & 1 \end{bmatrix}_{ij} \begin{bmatrix} \Delta\Omega \\ \Delta\Phi \\ dZ_\tau \end{bmatrix}_j - \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_i$$

29

روشهای مثلث بندی هوایی



○ روش مدل مستقل

• روش دو مرحله ای

M3 ○

○ مثال

○ بردار مجهولات

$$A = \begin{bmatrix} \Delta = [P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & dZ_2 & dZ_4 & dZ_5 & dZ_6 & dZ_8 & dX_{pc1} & dX_{pc2}]^T \\ \begin{matrix} B_{11} \\ B_{21} \\ B_{41} \\ B_{51} \\ B_{pc11} \\ B_{22} \\ B_{32} \\ B_{52} \\ B_{62} \\ B_{pc12} \\ B_{43} \\ B_{53} \\ B_{73} \\ B_{83} \\ B_{pc23} \\ B_{54} \\ B_{64} \\ B_{84} \\ B_{94} \\ B_{pc24} \end{matrix} \end{bmatrix}$$

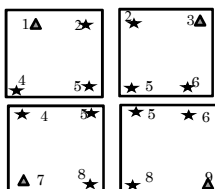
$$L = \begin{bmatrix} L_{11} \\ L_{21} \\ L_{41} \\ L_{51} \\ L_{pc11} \\ L_{22} \\ L_{32} \\ L_{52} \\ L_{62} \\ L_{pc12} \\ L_{43} \\ L_{53} \\ L_{73} \\ L_{83} \\ L_{pc23} \\ L_{54} \\ L_{64} \\ L_{84} \\ L_{94} \\ L_{pc24} \end{bmatrix}$$

$$L = A\Delta$$

$$\Delta = (A^T A)^{-1} A^T L$$

30

روشهای مثلث بندی هوایی



○ روش مدل مستقل

• روش دو مرحله ای

M3 ○

○ مثال

○ بعد از مرحله M3 از رابطه زیر میتوان مختصات مدلی را به روز کرد.

$$\begin{bmatrix} x_m \\ y_m \\ z_m \end{bmatrix}_{ij_new} = R_{\Omega_j, \Phi_j} \begin{bmatrix} x_m \\ y_m \\ z_m \end{bmatrix}_{ij_old} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ Z_T \end{bmatrix}_j$$

31

روشهای مثلث بندی هوایی

○ Strip Adj.

- ورودی در اینجا مختصات باندی میباشد.
- بعلت تاثیر خطاها در هنگام اتصال مدلهای و تشکیل باند، نمیتوان از کانفورمال³ بعدی برای اتصال باند به زمین استفاده کرد.



- از پلی نومیال های مختلفی برای x , y و z استفاده میشود.
- هم به صورت سه بعدی و هم به صورت مسطحاتی و ارتفاعی سرشکنی میتواند انجام شود.

32

روشهای مثلث بندی هوایی

روش Strip Adj.

- پلی نومیال پیشنهادی برای تصحیح خطاهای سیستماتیک در طول باند.

$$\Delta X = a_0 + a_1.X + a_2.X^2 - Y(b_1 + 2b_2.X) + Z(c_1 + 2c_2.X)$$

$$\Delta Y = b_0 + b_1.X + b_2.X^2 + Y(a_1 + 2a_2.X) + Z(d_1 + 2d_2.X)$$

$$\Delta Z = c_0 + c_1.X + c_2.X^2 + Y(d_1 + 2d_2.X) + Z(a_1 + 2a_2.X)$$

- سه بعدی:

$$\Delta X = a_0 + a_1.X + a_2.X^2 - Y(b_1 + 2b_2.X)$$

$$\Delta Y = b_0 + b_1.X + b_2.X^2 + Y(a_1 + 2a_2.X)$$

- مسطحاتی:

$$\Delta Z = c_0 + c_1.X + c_2.X^2 + Y(d_1 + 2d_2.X)$$

- ارتفاعی:

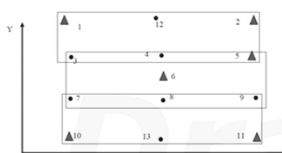
33

روشهای مثلث بندی هوایی

روش Strip Adj.

- مثال:

- با استفاده از پلی نومیال های زیر بلوک فتوگرامتری متشکل از 3 باند را از لحاظ مسطحاتی سرشکن کنید.



$$X = a_0 + a_1.x + a_2.x^2 - y(b_1 + 2b_2.x)$$

$$Y = b_0 + b_1.x + b_2.x^2 + y(a_1 + 2a_2.x)$$

- تعداد مجهولات: 28

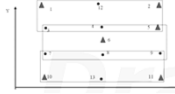
- 18=پارامتر*6باند3
- 10=(مختصات زمینی x,y)*2گرهی5

- تعداد معادلات: 34

- 10=2*(گرهی2+کنترل3):باند اول
- 14=2*(گرهی5+کنترل2):باند دوم
- 10=2*(گرهی3+کنترل2):باند سوم

34

روشهای مثلث بندی هوایی



روش Strip Adj.

• مثال:

• معادلات نقاط کنترل:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} 1 & x & x^2 & 0 & -y & -2xy \\ 0 & y & 2xy & 1 & x & x^2 \end{bmatrix}_j \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}_j \quad F_{ij} + V_{ij} = B_{ij} \cdot P_j$$

• معادلات نقاط گرهی:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x & x^2 & 0 & -y & -2xy \\ 0 & y & 2xy & 1 & x & x^2 \end{bmatrix}_j \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}_j - \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}_i \quad F_{ij} + V_{ij} = B_{ij} \cdot P_j + C_{ij} \cdot dX_i$$

35

روشهای مثلث بندی هوایی



روش Strip Adj.

• مثال:

$$\Delta = [P_1 \quad P_2 \quad P_3 \quad XY_3 \quad XY_4 \quad XY_7 \quad XY_8 \quad XY_9]$$

$$A = \begin{bmatrix} B_{11} & & & & & & & & \\ B_{21} & & & & & & & & \\ B_{31} & & & & & & & & \\ B_{41} & & & & & & & & \\ B_{51} & & & & & & & & \\ & B_{32} & & & & & & & \\ & B_{42} & & & & & & & \\ & B_{52} & & & & & & & \\ & B_{62} & & & & & & & \\ & B_{72} & & & & & & & \\ & B_{82} & & & & & & & \\ & B_{92} & & & & & & & \\ & & B_{73} & & & & & & \\ & & B_{83} & & & & & & \\ & & B_{93} & & & & & & \\ & & B_{10,3} & & & & & & \\ & & B_{11,3} & & & & & & \end{bmatrix}, L = \begin{bmatrix} F_{11} \\ F_{21} \\ F_{31} \\ F_{41} \\ F_{51} \\ F_{32} \\ F_{42} \\ F_{52} \\ F_{62} \\ F_{72} \\ F_{82} \\ F_{92} \\ F_{73} \\ F_{83} \\ F_{93} \\ F_{10,3} \\ F_{11,3} \end{bmatrix}$$

$$L = AX$$

$$\Delta = (A^T A)^{-1} A^T L$$

36