Въпрос 1. Основни задачи във фотограметрията

Вид задача	Изаходни величини	Измервания	Зависимости	Определяни параметри	Особености
Калибриране на камера	X_i^g, Y_i^g, Z_i^g	x_i, y_i	Условие за колинеарност	x_0, y_0, f (c) α, ω, κ X_S, Y_S, Z_S	Калибриране по геодезически координати
Координатни трансформации	X_i^g, Y_i^g	x_i, y_i	Двумерни трансформации Хелмертова, Афинна, Проективна	a_1, a_2, c_x, c_y $a_1, a_2, b_1, b_2, c_x, c_y$ $a_1, a_2, b_1, b_2, c_x, c_y$ d, e	Планови трансформации
	X_i^g, Y_i^g, Z_i^g	x_M, y_M, z_M	Тримерна Хелмертова – 7 параметъра Тримерна афинна – 8 до 12 парам.	$X_0, Y_0, Z_0, \Phi, \Omega, K, t$ $X_0, Y_0, Z_0,$ $m_x, \Phi_x, \Omega_x, K_x$ $m_y, \Phi_y, \Omega_y, K_y$ $m_z, \Phi_z, \Omega_z, K_z$	
Обработка на единична снимка	X_i^g, Y_i^g, Z_i^g	x_i, y_i	Условие за колинеарност	α, ω, κ X_S, Y_S, Z_S $[x_0, y_0, f$ (c)$]$	
Обработка на стерео-двойка снимки	X_i^g, Y_i^g, Z_i^g $x_0, y_0, f\ (c)$	$x_{1i}, y_{\partial 1i}, x_{2i,} y_{2i}$ x_i, y_i, p_i, q_i	Условие за компланарност Мащабно условие Тримерна координатна трансформация	$\alpha_1', (\omega_2'), \kappa_2', \alpha_2', \omega_2', \kappa$ $X_0, Y_0, Z_0, \Phi, \Omega, K, t$ $\alpha_1, \omega_1, \kappa_1, X_{S1}, Y_{S1}, Z$ $\alpha_2, \omega_2, \kappa_2, X_{S2}, Y_{S2},$ X_i, Y_i, Z_i	Формиране на модел Ориентиране на модел Права засечка

	X_i^g, Y_i^g, Z_i^g $[x_0, y_0, f\ (c)]$	$x_{1i}, y_{\partial 1i}, x_{2i}, y_2$ x_i, y_i, p_i, q_i	Условие за колинеарност	$\alpha_1, \omega_1, \kappa_1, X_{S1}, Y_{S1}, Z$ $\alpha_2, \omega_2, \kappa_2, X_{S2}, Y_{S2},$ X_i, Y_i, Z_i	Двойна обратна фотограме-трична засечка Права засечка
Фототриангула-ция	X_i^g, Y_i^g, Z_i^g $x_0, y_0, f\ (c)$	$x_{1i}, y_{\partial 1i}, x_{2i}, y_2$ x_i, y_i, p_i, q_i	Условие за компланар-ност Мащабно условие Условие за равенство на мащабите Тримерна координатна трансформа-ция	$\alpha_1', (\omega_2'), \kappa_2', \alpha_2', \omega_2', \kappa_2'$ $X_0, Y_0, Z_0, \Phi, \Omega, K, t$ X_i, Y_i, Z_i	Метод на моделите
			Условие за колинеарност	$\alpha_1, \omega_1, \kappa_1, X_{S1}, Y_{S1}, Z$ $\alpha_2, \omega_2, \kappa_2, X_{S2}, Y_{S2},$ X_i, Y_i, Z_i	Снопово изравнение

Въпрос 2.Съвременни фотограметрични технологии в кадастъра
Две основни схеми:
- тримерно дигитализиране във фотограметричния модел
- двумерно дигитализиране на ортофотоизображение

Обща технологична последователност
1. Изработване на проект
2. Полски работи
а) стабилизиране, сигнализиране и измерване на мрежа;
б) дешвриране на обект и техните особености – тип покривка, височина на дървета и гради, широчина на пътеки
3. Заснемане
4. Обработка

А. Класически технологии
1.Дешифриране по фотосхеми

2. Аналитична фототриангулация
3. Аналогово картиране с числена регистрация
   а) визуализиране в процеса на картиране и редактиране
   б) визуализиране и редактиране след картирането
4. Диференциално фототрансформиране на аналогов апарат
5. Дигитализиране на ортофото
6. On screen векторизиране на сканирано ортофото

Б. Аналитични системи
1. Аналитична фототриангулация
2. Числено картиране с визуализиране в процеса на картиране
3. Автоматично създаване на растерен модел на терена (не за кадастър)
4. Аналитичен диференциален фототрансформатор – ползва Цифров модел на терена

В. Цифрови системи
1. Автоматизирана цифрова фототриангулация – автоматично измерване на рамкови марки и свързващи точки. Визуално или автоматично идентифициране на опорни точки
2. 3-D векторизиране чрез системи за стереовизуализация
3. Автоматично построяване на модел на терена чрез корелационна обработка на стереодвойката – моно или стерео редактиране на модела
4. Цифрово фототрансформиране по данни от фототриангулацията и модела на терена. Корекции за влиянието на изкуствените обекти
   а) модел на терена по геодезически данни
   б) модел на терена от картографски данни – дигитализиране на карти
   в) модел на терена от фотограметрично формирана растерна мрежа
   г) модел на терена от корелационна обработка на стреодвойката снимки
   д) модел на терена от лазерно сканиране
5. Формиране на цифрова мозайка
6. On screen дигитализиране на цифровото ортофотоизображение
7. Автоматично откриване на граници в цифровото ортофото и визуално редактиране

Въпрос 3. Цифрови технологии в архитектурата

Основни продукти

- фасаден план
- фотоплан или фотосхема на фасадата
- векторен моделн аобекта - числен

Цифрови технологии

А. Създаване на векторен модел

Бива: архитектурно, стереофотограметрично, моноскопично чрез пространствена фототриангулация

Фотограметрично

1. Създаване на локална мрежа
2. Заснемане на обекта
3. Картиране по фасади – от цифрови или фотографски снимки
4. Формиране на векторен (скелетен) модел

Архитектурно

1. Дигитализиране на съществуващи планове

В. Цифрово

1.Геодезическа мрежа

2. Пространствена фототриангулация по цифрови цветни снимки

Б. Обработка на цифровите изображения – формиране на фототекстури

I. по независими снимки

1. Мозайка
2. Фототрансформиране към векторния модел – привързване по линии и върхове на векторния модел
3. Изрязване изображенията по векторния модел и формиране на 3-D фотореалистичен модел

II. по снимки от фототриангулацията

1. дефиниране на линии
2. дефиниране на повърхнини
3. Привързване на частите от снимките към повърхнините

В. Свързване на векторния модел с фототекстурите (3D StudioMax, AutoCAD Overlay, MicroStation.

Въпрос 4. Основни зависимости в аналитичната фотограметрия

1. Условия за колинеарност

$$x_i = x_0 - f\frac{X^*}{Z^*}$$
$$y_i = y_0 - f\frac{Y^*}{Z^*}$$

въздушна снимка (вертикална ос)

$$x_i = x_0 + f\frac{X^*}{Y^*}$$
$$z_i = z_0 + f\frac{Z^*}{Y^*}$$

земна снимка (хоризонтална ос)

където

$$X^* = a_{11}.(X_i - X_S) + a_{21}.(Y_i - Y_S) + a_{31}.(Z_i - Z_S)$$
$$Y^* = a_{12}.(X_i - X_S) + a_{22}.(Y_i - Y_S) + a_{32}.(Z_i - Z_S)$$
$$Z^* = a_{13}.(X_i - X_S) + a_{23}.(Y_i - Y_S) + a_{33}.(Z_i - Z_S)$$

Извод на условието за колинеарност:

Обща пространствена трансформация за точка от снимка

$$\mathbf{r}_i = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 0 \end{bmatrix}$$ - вектор на измерени образни координати на точка i в координатната система на снимката с начало в центъра на рамковите марки

$$r_0 = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ f_c \end{bmatrix}$$ - вектор на вътрешно ориентиране координати на проекционния център спрямо координатната система на снимката

$$P_i = \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix}$$ - вектор на точка пространствената точка i в координатната система на обекта

$$P_s = \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix}$$ - вектор на проекциония център в координатната система на обекта

$$\mathbf{A}_{\varphi\omega\kappa} = \begin{bmatrix} \mathbf{d}_i & \mathbf{d}_j & \mathbf{d}_k \end{bmatrix}$$ - матрица на направляващите косинуси на координатната система на снимката

$$\mathbf{d}_i = \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ a_{31} \end{bmatrix}$$ - координати на единичния вектор i на координатната система на снимката с начало в проекционния център спрямо координатната система на обекта

$$\mathbf{d}_j = \begin{bmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ a_{32} \end{bmatrix}$$ - координати на единичния вектор j на координатната система на снимката с начало в проекционния център спрямо координатната система на обекта

$$\mathbf{d}_k = \begin{bmatrix} a_{13} \\ a_{23} \\ a_{33} \end{bmatrix}$$ - координати на единичния вектор k на координатната система на снимката с начало в проекционния център спрямо координатната система на обекта

$$\mathbf{R}_i' = \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ w_i \end{bmatrix}$$ - вектор от проекционния център до образа на точката i в координатната система на камерата

$$\mathbf{R}_i = \begin{bmatrix} U_i \\ V_i \\ W_i \end{bmatrix}$$ - вектор от проекциония център до пространствената точка i в координатната система на камерата

$$\mathbf{R}_i^{'} = \mathbf{A}_{\varphi\omega\kappa}(\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_0) = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} x_i - x_0 \\ y_i - y_0 \\ -f_c \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{R}_i = m_i \mathbf{R}_i^{'} = m_i \mathbf{A}_{\varphi\omega\kappa}(\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_0) = m_i \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} x_i - x_0 \\ y_i - y_0 \\ -f_c \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{P}_i - \mathbf{P}_s = \mathbf{R}_i$$

$$\mathbf{P}_i = \mathbf{R}_i + \mathbf{P}_s$$

$\mathbf{P}_i = m_i \mathbf{A}_{\varphi\omega\kappa}(\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_0) + \mathbf{P}_s$ - обща пространствена трансформация

$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = m_i \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} x_i - x_0 \\ y_i - y_0 \\ -f_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \end{bmatrix}$ - координатна форма

$$\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_0 = \frac{1}{m_i} \mathbf{A}_{\varphi\omega\kappa}^{-1}(\mathbf{P}_i - \mathbf{P}_s)$$

$$\mathbf{A}_{\varphi\omega\kappa}^{-1} = \mathbf{A}_{\varphi\omega\kappa}^{t}$$

$$\begin{bmatrix} x_i - x_0 \\ y_i - y_0 \\ -f_c \end{bmatrix} = \frac{1}{m_i} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} \\ a_{12} & a_{22} & a32 \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} X_i - X_s \\ Y_i - Y_s \\ Z_i - Z_s \end{bmatrix}$$

$$x_i - x_0 = \frac{1}{m_i} \mathbf{d}_i (\mathbf{P}_i - \mathbf{P}_s)$$

$$y_i - y_0 = \frac{1}{m_i} \mathbf{d}_j (\mathbf{P}_i - \mathbf{P}_s)$$

$$-f_c = \frac{1}{m_i} \mathbf{d}_k (\mathbf{P}_i - \mathbf{P}_s)$$

$$x_i - x_0 = -f_c \frac{X^*}{Z^*}$$

$$y_i - y_0 = -f_c \frac{Y^*}{Z^*}$$

$$X^* = \mathbf{d}_i.(\mathbf{P}_i - \mathbf{P}_s) = a_{11}(X_i - X_s) + a_{21}(Y_i - Y_s) + a_{31}(Z_i - Z_s)$$

$$Y^* = \mathbf{d}_j.(\mathbf{P}_i - \mathbf{P}_s) = a_{12}(X_i - X_s) + a_{22}(Y_i - Y_s) + a_{32}(Z_i - Z_s)$$

$$Z^* = \mathbf{d}_k.(\mathbf{P}_i - \mathbf{P}_s) = a_{13}(X_i - X_s) + a_{23}(Y_i - Y_s) + a_{33}(Z_i - Z_s)$$

2. *Условие за компланарност*

$$\begin{bmatrix} X_B & Y_B & Z_B \\ X_1^{'} & Y_1^{'} & Z_1^{'} \\ X_2^{'} & Y_2^{'} & Z_2^{'} \end{bmatrix} = 0$$

$$X_B.(Y_1^{'}.Z_2^{'} - Y_2^{'}.Z_1^{'}) + Y_B.(X_2^{'}.Z_1^{'} - X_1^{'}.Z_2^{'}) + Z_B.(X_1^{'}.Y_2^{'} - X_2^{'}.Y_1^{'}) = 0$$

$$(Y_1^{'}.Z_2^{'} - Y_2^{'}.Z_1^{'}) = 0$$

$Y_1^{'}.Z_2^{'} - Y_2^{'}.Z_1^{'} = 0$ модел за начална стереодвойка

$(Y_1^{'}.Z_2^{'} - Y_2^{'}.Z_1^{'}) + \tan\tau.(X_2^{'}Z_1^{'} - X_1^{'}Z_2^{'}) + \dfrac{\tan\nu}{\cos\tau}.(X_1^{'}.Y_2^{'} - X_2^{'}.Y_1^{'}) = 0$ прикачена стереодвойка

Формиране на условията за компланарност

$$\mathbf{R}_0 + \mathbf{R}_2 = \mathbf{R}_1$$

$$(\mathbf{R}_0 + \mathbf{R}_2) \times \mathbf{R}_1 = \mathbf{R}_1 \times \mathbf{R}_1$$

Векторното произведение на колинеарните вектори е 0

$$\mathbf{R}_1 \times \mathbf{R}_1 = \mathbf{0}$$

следователно $(\mathbf{R}_0 + \mathbf{R}_2) \times \mathbf{R}_1 = 0$

$$(\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_1) + (\mathbf{R}_2 \times \mathbf{R}_1) = 0 \;\Rightarrow\; \mathbf{R}_1 \times \mathbf{R}_2 = \mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_1$$

$$\mathbf{R}_0.(\mathbf{R}_1 \times \mathbf{R}_2) = \mathbf{R}_0.(\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_1)$$

векторът $\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_1$ е $\perp$ на $\mathbf{R}_0$

следователно $\mathbf{R}_0.(\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_1) = 0$

$$\mathbf{R}_0.(\mathbf{R}_1 \times \mathbf{R}_2) = 0$$

но $\mathbf{R}_1 = m_1.\mathbf{R}_1^{'}$ и $\mathbf{R}_2 = m_2.\mathbf{R}_1^{'}$

$$\mathbf{R}_0.(m_1.\mathbf{R}_1^{'} \times m_2.\mathbf{R}_2^{'}) = 0 \;\Rightarrow\; \mathbf{R}_0.(\mathbf{R}_1^{'} \times \mathbf{R}_2^{'}) = 0$$

3. *Мащабно условие*

$X = X_{S1} + N_1.X_1^{'}$ $\quad Y = Y_{S1} + N_1.Y_1^{'}$ $\quad Z = Z_{S1} + N_1.Z_1^{'}$

$X = X_{S2} + N_2.X_2^{'}$ $\quad Y = Y_{S2} + N_2.Y_2^{'}$ $\quad Z = Z_{S2} + N_2.Z_2^{'}$

Мащабни зависимости

за лявата снимка

$$N_1 = \frac{\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_2'}{\mathbf{R}_1' \times \mathbf{R}_2'} = \frac{Y_B.Z_2' - Z_B.Y_2'}{Y_1'.Z_2' - Z_1'.Y_2'} = \frac{X_B.Z_2' - Z_B.Y_2'}{X_1'.Z_2' - Z_1'.Y_2'} = \frac{X_B.Y_2' - Y_B.X_2'}{X_1'.Y_2' - Y_1'.X_2'}$$

за дясната снимка

$$N_2 = \frac{\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_1'}{\mathbf{R}_1' \times \mathbf{R}_2'} = \frac{Y_B.Z_1' - Z_B.Y_1'}{Y_1'.Z_2' - Z_1'.Y_2'} = \frac{X_B.Z_1' - Z_B.Y_1'}{X_1'.Z_2' - Z_1'.Y_2'} = \frac{X_B.Y_1' - Y_B.X_1'}{X_1'.Y_2' - Y_1'.X_2'}$$

Формиране на мащабното условие

$$\mathbf{R}_0 + \mathbf{R}_2 = \mathbf{R}_1$$

$$(\mathbf{R}_0 + \mathbf{R}_2) \times \mathbf{R}_2 = \mathbf{R}_1 \times \mathbf{R}_2$$

$$(\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_2) + (\mathbf{R}_2 \times \mathbf{R}_2) = \mathbf{R}_1 \times \mathbf{R}_2$$

но $\mathbf{R}_2 \times \mathbf{R}_2 = 0$

следователно $\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_2 = \mathbf{R}_1 \times \mathbf{R}_2$

понеже колинеарните вектори имат векторно произведение 0

$\mathbf{R}_1 = m_1.\mathbf{R}_1'$ и $\mathbf{R}_2 = m_2.\mathbf{R}_2'$

$$\mathbf{R}_0 \times (m_2.\mathbf{R}_2') = (m_1.\mathbf{R}_1') \times (m_2.\mathbf{R}_2')$$

$$m_2.(\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_2') = m_2.[(m_1.\mathbf{R}_1') \times \mathbf{R}_2']$$

$$m_1.(\mathbf{R}_1' \times \mathbf{R}_2') = \mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_2'$$

$$m_1.[(\mathbf{R}_1' \times \mathbf{R}_2').(\mathbf{R}_1' \times \mathbf{R}_2')] = (\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_2').(\mathbf{R}_1' \times \mathbf{R}_2')$$

$$m_1 = \frac{(\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_2').(\mathbf{R}_1' \times \mathbf{R}_2')}{(\mathbf{R}_1' \times \mathbf{R}_2').(\mathbf{R}_1' \times \mathbf{R}_2')}$$

ако векорите $(\mathbf{R}_1' \times \mathbf{R}_2')$ и $(\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_2')$ са успоредни,

то се получава опростения вид

$$m_1 = \frac{\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_2'}{\mathbf{R}_1' \times \mathbf{R}_2'}$$

За мащабния коефициент m_2 се получават съответни зависимости:

$$m_2.(\mathbf{R}_1^{'} \times \mathbf{R}_2^{'}) = \mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_1^{'}$$

$$m_2.[(\mathbf{R}_1^{'} \times \mathbf{R}_2^{'}).(\mathbf{R}_1^{'} \times \mathbf{R}_2^{'})] = (\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_1^{'}).(\mathbf{R}_1^{'} \times \mathbf{R}_2^{'})$$

$$m_2 = \frac{(\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_1^{'}).(\mathbf{R}_1^{'} \times \mathbf{R}_2^{'})}{(\mathbf{R}_1^{'} \times \mathbf{R}_2^{'}).(\mathbf{R}_1^{'} \times \mathbf{R}_2^{'})}$$

ако векорите $(\mathbf{R}_1^{'} \times \mathbf{R}_2^{'})$ и $(\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_1^{'})$ са успоредни,
то се получава опростения вид

$$m_2 = \frac{\mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_1^{'}}{\mathbf{R}_1^{'} \times \mathbf{R}_2^{'}}$$

Ако се представят координатите като функция на елементите на взаимно ориентиране и измерените координати (и вектор на вътрешно ориентиране), то се получава координатната форма:

$$m_1.(\mathbf{R}_1^{'} \times \mathbf{R}_2^{'}) = \mathbf{R}_0 \times \mathbf{R}_2^{'}$$

$$m_1.\begin{vmatrix} i & j & k \\ X_1^{'} & Y_1^{'} & Z_1^{'} \\ X_2^{'} & Y_2^{'} & Z_2^{'} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ X_B & Y_B & Z_B \\ X_2^{'} & Y_2^{'} & Z_2^{'} \end{vmatrix}$$

където $\mathbf{e} = \begin{bmatrix} \mathbf{i} \\ \mathbf{j} \\ \mathbf{k} \end{bmatrix}$

$$m_1.[(Y_1^{'}Z_2^{'} - Y_2^{'}Z_1^{'})i + (X_2^{'}Z_1^{'} - X_1^{'}Z_2^{'})j + (X_1^{'}Y_2^{'} - X_2^{'}Y_1^{'})k =$$

$$= [(Y_B Z_2^{'} - Y_2^{'}Z_B)i + (X_2^{'}Z_B - X_B Z_2^{'})j + (X_B Y_2^{'} - X_2^{'}Y_B)k$$

Групираме членовете по отношение на единичните вектори и получаваме:

$$[m_1.(Y_1^{'}Z_2^{'} - Y_2^{'}Z_1^{'}) - (Y_B Z_2^{'} - Y_2^{'}Z_B)]i + [m_1(X_2^{'}Z_1^{'} - X_1^{'}Z_2^{'}) - (X_2^{'}Z_B - X_B Z_2^{'})]j$$

$$+ [m_1(X_1^{'}Y_2^{'} - X_2^{'}Y_1^{'}) - (X_B Y_2^{'} - X_2^{'}Y_B)]k = 0$$

Умножавайки последователно с трите базисни вектора получаваме:

$$m_1.(Y_1^{'}Z_2^{'} - Y_2^{'}Z_1^{'}) - (Y_B Z_2^{'} - Y_2^{'} Z_B) = 0$$

$$m_1(X_2^{'}Z_1^{'} - X_1^{'}Z_2^{'}) - (X_2^{'}Z_B - X_B Z_2^{'}) = 0$$

$$m_1(X_1^{'}Y_2^{'} - X_2^{'}Y_1^{'}) - (X_B Y_2^{'} - X_2^{'}Y_B) = 0$$

Решавайки горните зависимости по отношение на m1, получаваме три зависимости, от които можем да използваме една, но за точно решение е необходимо съвместното им отчитане.

$$m_1 = \frac{Y_B Z_2^{'} - Y_2^{'} Z_B}{Y_1^{'}Z_2^{'} - Y_2^{'}Z_1^{'}} = \frac{X_2^{'}Z_B - X_B Z_2^{'}}{X_2^{'}Z_1^{'} - X_1^{'}Z_2^{'}} = \frac{X_B Y_2^{'} - X_2^{'}Y_B}{X_1^{'}Y_2^{'} - X_2^{'}Y_1^{'}}$$

4. Условие за равенство на мащабите

$$N_2^{12} = N_1^{23}$$

$$\frac{\left(\mathbf{R}_0^{12} \times \mathbf{R}_1^{'}\right).\left(\mathbf{R}_1^{'} \times \mathbf{R}_2^{'}\right)}{\left(\mathbf{R}_1^{'} \times \mathbf{R}_2^{'}\right).\left(\mathbf{R}_1^{'} \times \mathbf{R}_2^{'}\right)} = \frac{\left(\mathbf{R}_0^{23} \times \mathbf{R}_3^{''}\right).\left(\mathbf{R}_2^{''} \times \mathbf{R}_3^{''}\right)}{\left(\mathbf{R}_2^{''} \times \mathbf{R}_3^{''}\right).\left(\mathbf{R}_2^{''} \times \mathbf{R}_3^{''}\right)}$$

което при изпълнение на условието за компланарност

успоредни векторни произведения на числителя и знаменателя

$$\frac{\mathbf{R}_0^{12} \times \mathbf{R}_1^{'}}{\mathbf{R}_1^{'} \times \mathbf{R}_2^{'}} = \frac{\mathbf{R}_0^{23} \times \mathbf{R}_3^{''}}{\mathbf{R}_2^{''} \times \mathbf{R}_3^{''}}$$

за въздушна снимка

$$\frac{X_B^{12}.Y_1^{'} - Y_B^{12}.X_1^{'}}{X_1^{'}.Y_2^{'} - Y_1^{'}.X_2^{'}} = \frac{X_B^{23}.Y_3^{'} - Y_B^{23}.X_3^{'}}{X_2^{'}.Y_3^{'} - Y_2^{'}.X_3^{'}}$$

5. Обща пространствена трансформация

За въздушна снимка

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = N \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} x_i - x_0 \\ y_i - y_0 \\ -f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix}$$

За земна снимка

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = N \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} x_i - x_0 \\ f \\ z_i - z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix}$$

За модела

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = t \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} x_M \\ y_M \\ z_M \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}$$

Планови трансформации

Хелмертова

$$X = a_1.x - a_2.y + c_x$$
$$Y = a_2.x + a_1.y + c_y$$
$$a_1 = m.\cos\gamma \qquad a_2 = m.\sin\gamma$$

Афинна

$$X = a_1.x + a_2.y + c_x$$
$$Y = b_1.x + b_2.y + c_y$$
$$a_1 = m_x.\cos\gamma_x \qquad a_2 = -m_x.\sin\gamma_x$$
$$b_1 = m_y.\cos\gamma_y \qquad b_2 = m_y.\sin\gamma_y$$

Проективна

$$X = \frac{a_1.x + a_2.y + c_x}{d.x + e.y + 1}$$
$$Y = \frac{b_1.x + b_2.y + c_y}{d.x + e.y + 1}$$

Въпрос 5. Варианти на въздушна фототриангулация

Според конфигурацията: ивична и блокова

Според размерността: тримерна, планова и височинна

Според метода: на сноповото изравнение и по метод на моделите

Спред последователността: с едновременно изравнение : при снопово изравнение и метод на независимите модели и с последователна обработка: ориентиране на стереодвойки, свързване в ивици, свързване на ивиците в блок, геодезическо ориентиране на блока.

Ивичната триангулация по метода на моделите бива: с частично зависими модели и по независими модели

метод	зависимости	приложение

Метод на частично зависими модели	Условие за компланарност Условие за равенство на мащабите	Ивична триангулация
Метод на независимите модели	Условие за компланарност Тримерна координатна трансформация	Ивична триангулация Едновременно изравнение на блока Свързване на ивиците в блок
Външно (Геодзическо) ориентиране	Тримерна координатна трансформация	Геодезическо ориентиране на ивицата Геодзическо ориентиране на блока
Снопово изравнение	Условие за колинеарност	Ивична триангулация Блокова триангулация