

Корекции на грешките от дисторзия и от рефракция

Към систематичните грешки в аналитичните модели особено внимание се обръща на грешките от дисторзия на обектива и от атмосферната рефракция.

Атмосферната рефракция се отчита в зависимост от отклонението на снимачния лъч от надирното направление по формула, представена като функция на ъгъла β

$$\Delta r = r_K - r = K \left(f + \frac{r^2}{f} \right) \tan(\alpha + \beta), \text{ където}$$

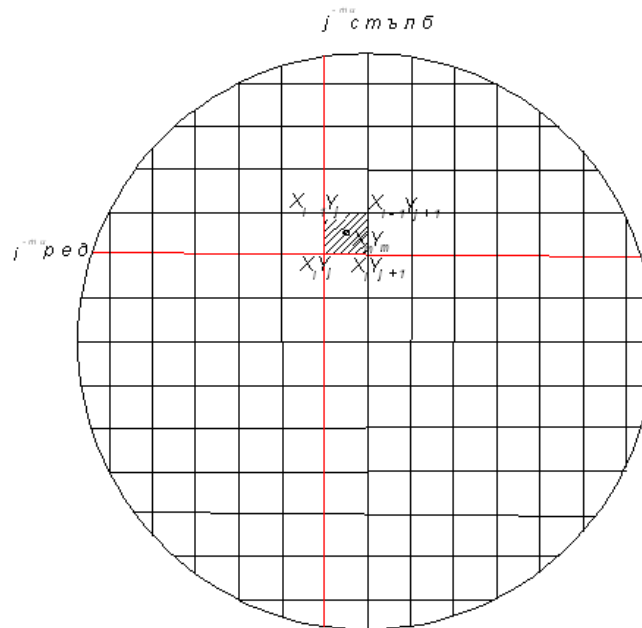
$$K = \frac{2335}{H-h} (1 - 0.02257h)^{5.253} - \left(\frac{523.6}{H-h} + \frac{17870}{T_s} \right) e^{-34.15 \frac{H-11}{T}} \quad (170)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Отчитането на атмосферната рефракция е трудно да се извърши без познаване на елементите на външното ориентиране спрямо топоцентричната координатна система.

От изчислителна гледна точка нейното коригиране е твърде сложно. Най-добре е да се познават ЕВО.

Грешките от дисторзия на обектива се коригират чрез фотографиране на план квадратна мрежа и използване на координатите на върховете от мрежата като възможност за извършване на корекции в полето на изображението за всеки от квадратите. За точка от полето на изображението, разположена в квадрат с координати $(X_i Y_j, X_i Y_{j+1}, X_{i-1} Y_{j+1}, X_{i-1} Y_j)$ може да се използва Хелмертова или Афинна трансформация за определяне на параметри за трансформация в рамките на квадратчето.



(фиг. 56)

Ако X_m', Y_m' са отчетени образни координати за точка m , то корекция заради дисторзията на обектива при използване на Хелмертова или афинна трансформация могат да бъдат получени съответно по формули (171) и (172) :

$$\begin{aligned} X_m &= aX_m' + bY_m' \\ Y_m &= bX_m' - bY_m' \end{aligned} \quad (171)$$

a и b параметри на Хелмертова трансформация

$$\begin{aligned} X_m &= a_1X_m' + b_1Y_m' \\ Y_m &= b_2X_m' - b_2Y_m' \end{aligned} \quad (172)$$

a_1, a_2, b_1 и b_2 параметри на Афинна трансформация

Корекции за радиалната дисторзия могат да се нанесат и с формулите:

$$\Delta x = -\frac{x - x_0}{r} \Delta r; \quad \Delta y = -\frac{y - y_0}{r} \Delta r; \quad (173)$$

$$r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2};$$

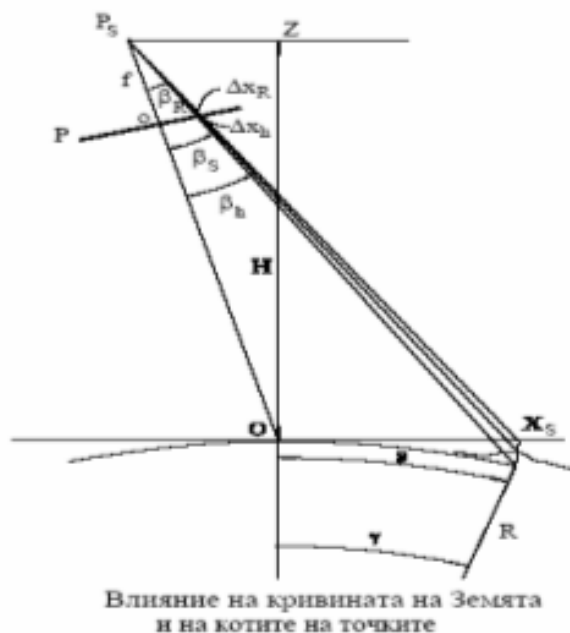
$$\Delta r = r \left(1 + \frac{r^2}{f^2} \right) K \quad K = 0.0024 \left[\frac{Z_0}{Z_0^2 - 6Z_0 + 250} - \frac{Z^2}{Z_0(Z^2 - 6Z + 250)} \right] \quad (174)$$

Влияние на кривината на Земята

Влиянието на кривината на Земята е съществено при обработката на космически снимки. То може да се представи опростено както е показано на (фиг. 57) и по формули (175)

$$\Delta X_{\alpha, R} = X_R - X_S = f(\tan \beta_R - \tan \beta_S) = f \left[\tan \beta_R - \frac{R \cdot \gamma \cdot \cos \alpha}{H + 0.5 \cdot R \cdot \gamma \cdot \sin 2\alpha} \right] \quad (175)$$

където $\gamma = \arcsin \left[\frac{H \cdot \sin \beta_R}{R \cdot \cos \alpha} + \sin(\alpha + \beta_R) \right] - (\alpha + \beta_R)$



фиг. 57

При този анализ земната повърхност се разглежда като част от сфера, чийто радиус съответства на радиуса на кривина на земния елипсоид за съответното направление. Друго предположение е, че отчитането на разстоянията става по дъгата от елипсоида, а не от пространствените координати. Тази оценка е най-близка до случая на преобразуване на координатите в определена картографска проекция. Грешката от кривината се определя като разлика между образните координати на точка от елипсоида и точка, лежаща в равнина перпендикулярна на нормалата към елипсоида, отстояща на разстояние равно на дъгата от елипсоида до началото на топоцентричната координатна система. При извеждане на зависимостта за грешката се приема, че грешката от наклона се елиминира, но остава нейното косвено влияние поради отклонението на проекционния център и главния снимачен лъч от нормалата към елипсоида. Тези зависимости са използвани при моделиране на грешките при височина на летене от 250km до 350km за някои практически ползвани космически фотокамери. Резултатите от анализа са показани в (Таблица 9)

Таблица 9

M	H [km]	f [mm]	α [°]	β_R [°]				
				0	10	20	30	40
1:2 500 000	350	140	-3	0	-0,015	-0,161	-0,679	-2,162
			0	0	-0,022	-0,190	-0,768	-2,410
			+3	0	-0,028	-0,222	-0,867	-2,699
1:2 000 000	250	125	-3	0	-0,010	-0,102	-0,429	-1,357
			0	0	-0,014	-0,120	-0,485	-1,511
			+3	0	-0,018	-0,141	-0,547	-1,689
1:1 660 000	235	140	-3	0	-0,010	-0,107	-0,451	-1,425
			0	0	-0,014	-0,127	-0,509	-1,586
			+3	0	-0,019	-0,148	-0,575	-1,773
1:1 100 000	235	210	-3	0	-0,015	-0,160	-0,676	-2,138
			0	0	-0,022	-0,190	-0,764	-2,739
			+3	0	-0,028	-0,222	-0,863	-2,660
1:660 000	235	350	-3	0	-0,025	-0,267	-1,127	-3,563
			0	0	-0,036	-0,317	-1,273	-3,966
			+3	0	-0,047	-0,370	-1,438	-4,4335

Получените резултати показват, че дори при малки ъгли на обхват, грешките от кривината на Земята са съществени и не могат да се пренебрегнат.

Влияние на котите на точките

Разглежданията в предходния параграф са направени при предположение, че точките от терена лежат върху елипсоида, което на практика много рядко се изпълнява. Влиянието на котите на точките може да се анализира. При отчитане на котите на точките, грешката се изчислява като разлика между координатите на образите на точки от елипсоида и координатите на точка разположена на определена кота. По този начин се отчита само грешката от височината, но не и от кривината на Земята, където се определя ъгълът γ (фиг. 57).

Тази зависимост е използвана за моделиране на грешката в от ъгъла на наклон на камерата, отклонението от направлението на главния снимачен лъч и котите на точките. Изчисленията са проведени за камера с фокусно разстояние $f=210\text{mm}$, височина на летене $H=235\text{km}$ (M 1:1 100 000). Резултатите за грешките в mm са представени в (Таблица 10).

Таблица10

α [°]	h [m]	β_R [°]				
		0	10	20	30	40
0	0	0	0	0	0	0
0	100	0	0.016	0.034	0.053	0.077
0	200	0	0.033	0.067	0.106	0.154
0	500	0	0.082	0.169	0.266	0.384
0	1000	0	0.164	0.338	0.534	0.770
0	2000	0	0.329	0.679	1.072	1.548
-3	0	0.015	0.015	0.016	0.016	0.016
-3	100	0.010	0.027	0.045	0.066	0.091
-3	200	0.006	0.039	0.075	0.116	0.167
-3	500	-0.008	0.074	0.163	0.266	0.393
-3	1000	-0.032	0.133	0.311	0.517	0.771
-3	2000	-0.079	0.252	0.610	1.022	1.533
+3	0	-0.015	-0.015	-0.014	-0.014	-0.014
+3	100	-0.010	0.006	0.023	0.042	0.064
+3	200	-0.006	0.027	0.061	0.098	0.141
+3	500	0.008	0.089	0.173	0.266	0.374
+3	1000	0.032	0.194	0.362	0.547	0.764
+3	2000	0.079	0.404	0.741	1.113	1.548

Анализът на получените резултати показва, че грешките са относително малки само при коти по-малки от 100m. Освен това съществува зависимост на тази грешка от знака на ъгъла на наклон на снимката. Въпреки че, за по-голямата част от случаите грешката е с обратен знак спрямо грешката от кривина на Земята, то не може да се разчита на компенсиране на тези грешка, поради случайния характер на съчетанието между коти на точките от терена и положението на техните образи в координатната система на снимката. Всичко това дава основание да се направи извода, че при цифрово трансформиране на снимките (при разстер на сканиране по-малък от 21 μ - 1200dpi) трябва да се отчита както кривината на Земята, а така също и модела на терена и наклона на снимката. Превишението между точките може да се пренебрегне само за равнинни области, което изискване обикновено не се изпълнява за случая на космически снимки в дребни мащаби, обхващащи съответно големи територии.