

Технологични процеси при системите за цифрова фотограметрия

Отделните технологични процеси при системите за цифрова фотограметрия включват:

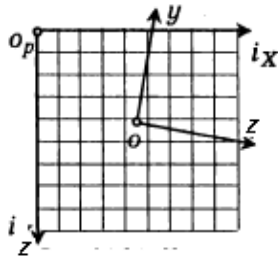
Вътрешно ориентиране. Изпълнява се с цел да се установи съответствие между координатните системи на разстера $Ox_p z_p$ и снимката Oxz . Математическия модел на вътрешното ориентиране при цифровото изображение е аналогичен на този, който се използва при аналитичната фототриангулация и предполага определяне на параметрите на ортогонално, афинно и проективно преобразуване по МНМК (метод на най-малките квадрати). Най-често се използва афинно преобразуване по формулите:

$$\begin{vmatrix} x \\ z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_0 \\ b_0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} x_p \\ z_p \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_0 \\ b_0 \end{vmatrix} + P \begin{vmatrix} x_p \\ z_p \end{vmatrix} \quad (31)$$

$a_i, b_i (i = 0, 1, 2)$ коефициенти на афинно преобразуване;

x_p, z_p - физически координати на марките, намерени по техните разстерни координати (i_x, i_z) и геометричното разрешение Δ ,

За преобразуване на координатите от система Oxz в $Ox_p z_p$ се получава съгласно (фиг. 32) по формули (32).



(фиг. 32)

$$\begin{vmatrix} x_p \\ z_p \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_1 & A_2 \\ B_1 & B_2 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} x - a_0 \\ z - b_0 \end{vmatrix} = P^{-1} \times \begin{vmatrix} x - a_0 \\ z - b_0 \end{vmatrix} \quad (32)$$

P, P^{-1} са права и обратна матрица на афинното преобразуване.

Последователността от действия на оператора в системите за цифрово трансформиране при вътрешното ориентиране се състои в следното:

- изпълнява се идентификация на първите две рамкови марки, като се регистрират техните координати в системата $Ox_p z_p$;
- местоположението на следващите марки се определя от системата за цифрова фотограметрия, която отива на очакваното положение на марката, а оператора извършва точното позициониране и регистриране на техните координати.

- указва се възприетия модел на трансформация и се определят параметрите на трансформация. При разлики по-големи от 8-10 микрона оператора може да повтори операциите.
- вътрешното ориентиране за останалите снимки се извършва в автоматичен режим, като оператора определя размер на правоъгълна област за търсене на рамковите марки, допустим коефициент на корелация и големина на разликите между паспортно зададените и изчислени координати за рамковите марки. Снимки за които вътрешното ориентиране в автоматичен режим е не достатъчно точно се ориентират в ръчен режим.

При избора на точки и построяване на фотограметричния модел. се извършва:

- нанасяне върху снимката на опорните точки с известни координати X, Y, Z в координатната система на местността;
- ако са известни елементите на външното ориентиране $(X_s, Y_s, Z_s, \alpha, \omega, \chi)$ те се въвеждат;
- избор на свързващи точки в зоната на напречното и тройното надлъжно застъпване за връзка между моделите;

Опорните точки се отбелязват на една от снимките, а на другите се пренасят в автоматичен или полуавтоматичен режим с помощта на корелатора. За да се облекчи стерео наблюдението е възможно да се получат и използват епиполарни изображения. Настройката на параметрите за корелатора се явява една от най-важните задачи в системите за цифрова фотограметрия. Необходимо е да се посочи размера на корелационната матрица (образа) в пиксели, възможност за автоматична промяна при малко контури и геометрична корекция в положението на търсената точка в случай на релефна местност. Контрола върху работата на корелатора в стерео режим се явява необходима част от фотограметричната обработка на цифровите снимки.

- Разстерните координати (i_x, i_z) на избраните точки се преобразуват във физически координати (x_p, y_p) . След това използвайки параметрите за афинното преобразуване в системата от координати на камерата Oxz . Към тях се въвеждат поправки: заради атмосферната рефракция; дисторзията на обектива; грешки от сканирането.

Взаимно ориентиране. След избора на точки се изпълнява "взаимно ориентиране" по строги методи с изравнение по МНМК. Критерий за качеството на ориентиране е остатъчният вертикален паралакс, който не трябва да е по-голям от 10 микрона. По-големи стойности говорят за грешки в опознаване на точките. За повишаване на точността на взаимното ориентиране се препоръчва избора на опорните точки да е в зоната на тройното напречно застъпване.

Фототриангулация. Построяването се извършва в автоматичен режим. Задачата на оператора е да посочи метода за изравнение и критерии за достигане на решението. За критерии се използва получената разликата между дадените и изчислени координати от фототриангулацията. Препоръчителни разлики са:

-за опорни точки , използвани при фототриангулацията 0.2мм в мащаба за планово положение и 0.15мм в мащаба от сечението на релефа;

-за контролни точки- 0.3мм в мащаба по положение и 1/4 до 1/5 сечението на релефа;

-за свързващи точки между ивици -0.5мм в мащаба на плана.

По-известни специализирани модули за фототриангулация са ORIMA, PHOTOSOM.

Други технологични процеси са „цифрово картиране“, „ортофототрансформиране“ и „мозайкиране“.

Определяне положението на опорните точки

При външното ориентиране задачата се свежда до определяне на положението на опорните точки или участъци в цифровата стереодвойка. За реализиране на този процес е удачно да се ползва корелационна обработка. Независимо от метода за идентифициране на положението на опорните точки и при този процес е необходимо да се извърши корелационно определяне на съответствието между участъците от двете снимки на стереодвойката. Особеност тук е, че тъй като вече са определени елементите на взаимно ориентиране, е необходимо да се извърши трансформиране на изображението на втората снимка към първата, така че корелационната обработка да се води по „епиполарни“ линии (редове от растерното изображение), което е еквивалентно на изчистването на вертикалния паралакс във всички точки на стереомодела.

Особености на измерването на различни типове опорни точки

В цифровите изображения се използват „маркирани“ и „немаркирани“ опорни точки

Основните проблеми при определяне на положението на опорните точки са:

- липса на заграждащи геометрични детайли
- наличие на ивици на търсена, които могат да са завъртени спрямо снимките в блока
- нехомогенен фон на сигнала
- трудно формиране на подходяща зона на търсене
- при превишения и наклони са налични силни деформации в изображението на сигнализираните точки

За немаркирани (естествени) опорни точки подходящи са ръбове на покриви и други пресечните точки на линейни елементи.

Измерването се извършва по следния начин:

- ръчно идентифициране на няколко хомоложни точки;
- хомоложните точки се ползват за прилагане на трансформация на подобие за ползвания клъстер
- уточняване на основата на оператор за откриване на линии и контури
- Особенности на корелационната обработка на опорните точки

Промяната на височината на терена в зоната на стереоизмерване може да се отрази на качеството на корелацията. Това се избягва при използването на по-сложен модел на корелация.

При автоматизирано откриване на опорните точки съществуват следните особености:

- При привързването към графичен материал се ползва векторно изображение, получено посредством сканиране или чрез автоматично векторизиране на картографския материал.
- Прилага се методиката за откриване на контури и се формира контурното представяне в областта на прозореца, където се търси опорната точка. Подобен подход е удачен в случаите на изображения в по-дребни мащаби и при наличие на ясно обособени ситуационни елементи, които в картографското представяне се изобразяват като линейни обекти.

Вторият подход се основава на търсенето на изображение на опорната точка с определена конфигурация, когато точката е била предварително маркирана на терена (сигнализирана при процеса на заснемане. Този случай се отнася за опорните точки от националната геодезическа мрежа, както и за точки от работна геодезическа основа, които са предварително сигнализирани по подходящ начин.

Третият случай имаме, когато точките се ползват за съгъстяване фотограметрично съгъстяване на опорната мрежа. В този случай те са маркирани само в едната от двете снимки, което налага елиминиране на тяхното влияние в процедурата на автоматична корелация. Тук отново трябва да се разполага с данни за вида на маркировката и нейните размери. В този случай размерът не зависи от образния мащаб на снимките, а е постоянен. Той ще зависи само от растера на дискретизиране.

Четвъртият случай имаме, когато точката не може да се опознае автоматично, а се указва от оператора. В този случай системата осъществява само корелационно привързване на двете изображения с цел да се получат пикселните, а от тях и образните координати на точките. Специфичните особености при корелационно привързване на етапа на абсолютно ориентиране са различни за различните варианти на използвани опорни точки.

В първия вариант е удачно използването на контурното представяне за идентифицирането на линейните обекти от снимката и картата.

Във втория вариант е удобно прилагането на растерен модел на опорните точки за тяхната идентификация.

При третия вариант е желателно да се идентифицира положението на маркираната точка в едната снимка и нейната област да се изключи от процеса на корелационна обработка, за да не създава смущения.

Влияние на релефа при привързване на идентичните участъци от стереодвойката

Независимо от въвеждането на корекции за сметка на елементите на взаимно ориентиране на стереомодела може да се получи нарушаване на съответствието, дължащо се на наклона на терена в областта на зоната на стереопривързване. Точното съответствие се осигурява само за центъра на областта. Величината на това несъответствие се оценява по зависимост аналогична на влиянието на отместването образните координати в зависимост от превишението, което се оценява чрез изменението на паралакса в рамките на корелационния прозорец. Зависимостите за хоризонталните паралакси в двете крайни точки на областта се получават от условията за колинеарност.

$$p_1 = x_{11} - x_{21} = f \frac{a_{11}^2(X_1 - X_B) + a_{21}^2(Y_1 - Y_B) + a_{31}^2(Z_1 - Z_B)}{a_{13}(X_1 - X_B) + a_{23}(Y_1 - Y_B) + a_{33}(Z_1 - Z_B)} - f \frac{X_1}{Z_1}$$

$$p_2 = x_{12} - x_{22} = f \frac{a_{11}(X_2 - X_B) + a_{21}(Y_2 - Y_B) + a_{31}(Z_2 - Z_B)}{a_{13}(X_2 - X_B) + a_{23}(Y_2 - Y_B) + a_{33}(Z_2 - Z_B)} - f \frac{X_2}{Z_2} \quad (33)$$

При приемане на нулеви ъгли на наклон на дясната снимка или съответно ползване на нормирани образни координати се получават зависимостите:

$$p_1 - p_2 = f \frac{X_1 - X_B}{Z_1 - Z_B} - f \frac{X_1}{Z_1} - f \frac{X_2 - X_B}{Z_2 - Z_B} + f \frac{X_2}{Z_2} =$$

$$= f \frac{X_2 Z_1 - X_1 Z_2}{Z_1 Z_2} + f \frac{(X_1 - X_B)(Z_2 - Z_B) - (X_2 - X_B)(Z_1 - Z_B)}{(Z_1 - Z_B)(Z_2 - Z_B)} =$$

$$= f \frac{(X_1 + S_x) \cdot Z_1 - X_1(Z_1 + S_x \tan \gamma)}{Z_1(Z_1 + S_x \tan \gamma)} + f \frac{(X_1 - X_B)(Z_1 + S_x \tan \gamma - Z_B) - (X_1 + S_x - X_B)(Z_1 - Z_B)}{(Z_1 - Z_B)(Z_1 + S_x \tan \gamma - Z_B)} =$$

$$= f \frac{S_x \cdot Z_1 - X_1 S_x \tan \gamma}{Z_1^2 + Z_1 \cdot S_x \tan \gamma} + f \frac{(X_1 - X_B) S_x \tan \gamma - S_x (Z_1 - Z_B)}{(Z_1 - Z_B)^2 + (Z_1 - Z_B) S_x \tan \gamma} \quad (34)$$

,където S_x е разстоянието между точки 1 и 2 по X оста, а γ е наклонът на пресечната права на равнината на терена с XZ равнината спрямо оста X .

В случай, че базата не е наклонена спрямо x оста на лявата снимка за грешката в паралакса се получава опростената зависимост:

$$p_1 - p_2 = f \frac{Z_B S_x - X_B S_x \tan \gamma}{Z_1^2 + Z_1 \cdot S_x \tan \gamma} \quad (35)$$

Тъй като паралаксът зависи нелинейно от дължината S_x , то е удачно да се определи производната му спрямо S_x :

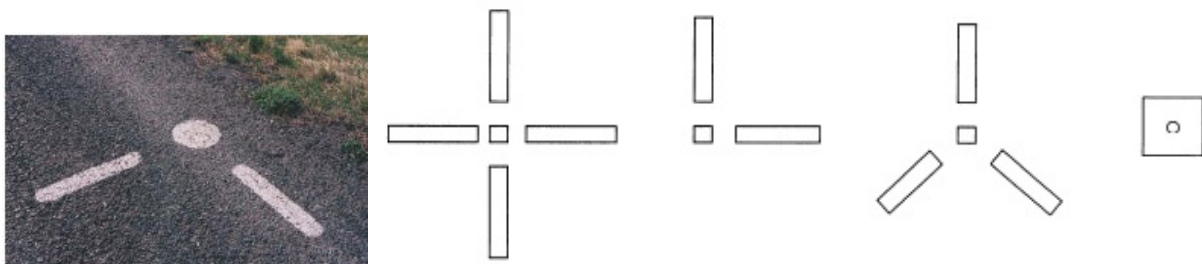
$$\frac{\partial \Delta p}{\partial S_x} = f \frac{Z_B - X_B \tan \gamma}{(Z_1 + S_x \tan \gamma)^2} \quad (36)$$

Анализът на зависимост (36) показва, че изменението на паралакса слабо зависи от дължината на S_x и дори при големи размери на областта на корелация грешката е значително по-малка от размера на пиксела. Така например при разрешение на сканиране 1200dpi (21 μ), размер на областта на корелация 128pix, размер на снимката 23x23cm, широкообхватна камера ($\beta=60^\circ$) и ъгъл на наклона на терена $\gamma=45^\circ$ за отношението:

$$S_x * \operatorname{tg} \gamma / Z_1 = 0.0408 \quad (37)$$

Това позволява грешката, дължаща се на наклона на терена, да се моделира като мащабна деформация, различна по направление на X и Y осите.

За елиминиране на грешката, дължаща се на наклона на терена, е възможно или да се ползват предварително известни данни за модела на терена, което практически не е възможно, поради това, че моделът все още не е ориентиран абсолютно. Ето защо за елиминиране на грешката, дължаща се на наклона на терена, се предлага използването на модел, отчитащ афинни деформации между двете изображения. За получаване на добро начално приближение може да се приложи следният подход. Изчисляват се координатите и паралаксите на 5 точки във върховете на квадрат и в центъра му при по-малки размери на корелационния прозорец и получените резултати се ползват за определяне на коефициента на мащабна деформация в областта на корелационна обработка.



(Фиг. 33. Използвани маркировъчни знаци)