بنام خدا

فتوگرامتری

مثلث بندی

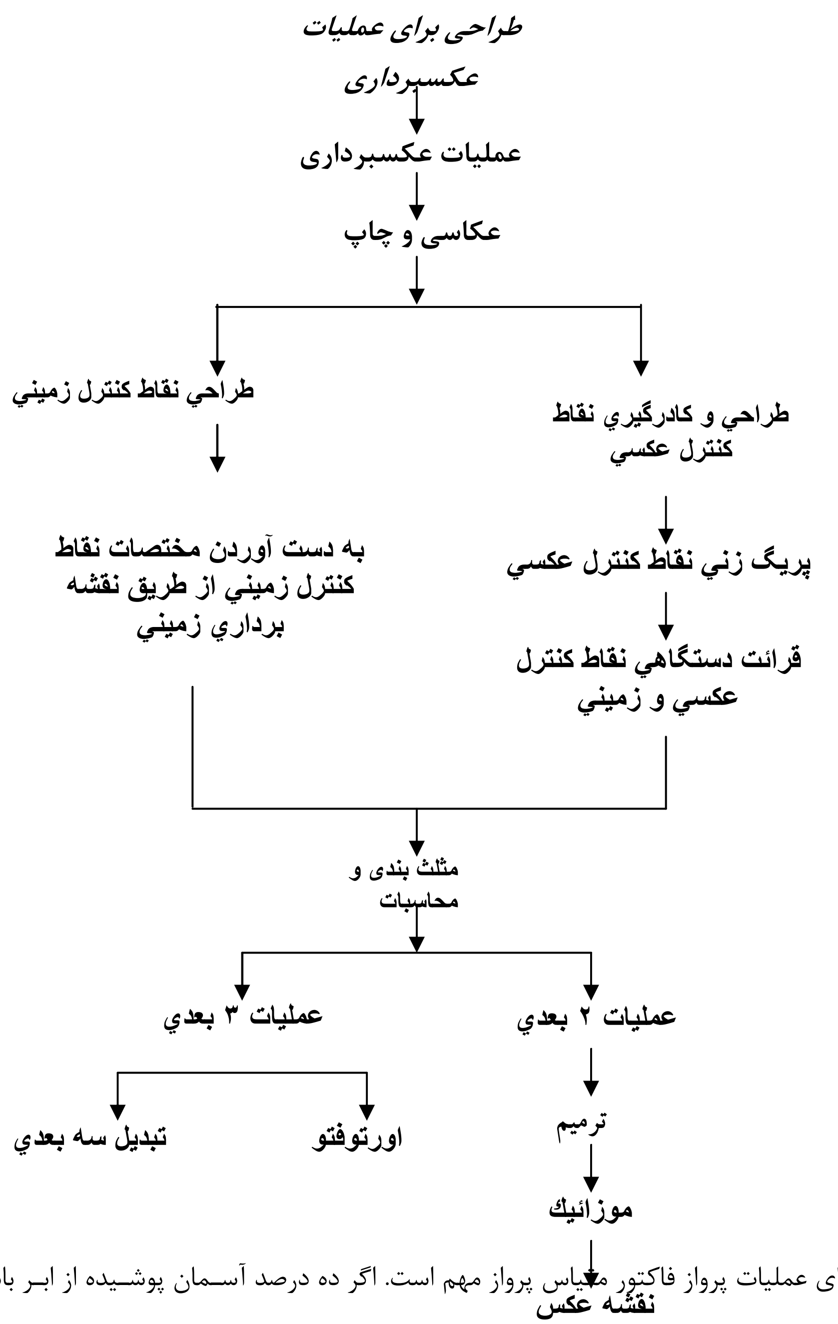
میلان

فهرست

موضوع ....صفحه

فتوگرامتری در یک نگاه :

فتوگرامتری با توجه به اینکه هم به صرفه است و همچنین پوشش زیادی دارد وباعث صرفه جویی در زمان می شود یکی از بحثهای مهم در نقشه برداری می باشد.
اگر بخواهیم عملیات فتوگرامتری را بطور مختصر بیان کنیم شامل مراحل زیر می باشد :



در طراحی برای عملیات پرواز فاکتور مقیاس پرواز مهم است. اگر ده درصد آسـمان پوشـیده از ابـر باشـد، اشـکالی ندارد. در مقیاس پرواز ۳ عامل:

۱- امکانات دستگاهی ۲- دقت ارتفاعی فاصله منحنی میزانها ۳- دقت مسطحاتی مهم می‌باشد.

نکته: قدرت تفکیک:

۱- فضایی ۲- رادیومتریک ۳- طیفی ۴- زمانی

قدرت تفکیکی که در فتوگرامتری بیشتر مد نظر می‌گیریم. قدرت تفکیک فضایی است. (در هر میلی متر چند جفت خط سیاه و سفید قابل تشخیص است.

مثال: اگر فرض کنیم فیلم مورد استفاده برای عکسبرداری در مقیاس $1/40,000$ دارای قدرت تفکیک ۳۰ جفت خط در میلی متر باشد. کوچکترین عارضه این که می‌توان تشخیص داد. دارای چه ابعادی است؟

30جفت	1mm
1	x

$\Rightarrow x = \frac{1}{30} \Rightarrow$ عکس

$$\Rightarrow x = \frac{1}{30} \times 40000 = 1.33m$$

ابعاد عارضه در زمین

نکته: در کارهای ماهواره‌ایی: (عکس‌های ماهواره‌ای) اگر بخواهیم پیکسل رابه جفت خط در میلی متر تبدیل کنیم: ابعاد پیکسل را در عدد $3 > 2\sqrt{2} > 25$ ضرب می‌کنیم.

جابجایی تصویری ناشی از اختلاف ارتفاع:

در مناطق شهری مقیاس بزرگ است

$$\Delta r = \frac{r\Delta H}{H'}$$

پس برای کاهش Δr: چکار می‌کنند؟ قطر r را کوچک می‌کنند یعنی سطح مفید مدل را کاهش می‌دهند

$$S = B \times L$$

$$PE\% = \frac{D-B}{D} \times 100$$

$$PS\% = \frac{D-L}{D} \times 100$$

B باز هوایی و l فاصله بازهای عکسبرداری است.

مثلث بندی: برای نقاط محدودی، مختصات زمانی را از طریق عملیات زمینی محاسبه کرده و نقاط دیگر را روی عکس تکثیر می‌کنیم:

نکته: می‌خواهیم خطای مثلث بندی را حذف کنیم: برای این کار، باید نقاط کنترل زمینی مورد نیاز قبل از عملیات روی زمین مشخص شوند به این کار primark می‌گویند با این کار دقت عملیات فتوگرامتری افزایش می‌یابد. قبل از تحویل عکس به سیستم ناوبری: باید λ,δ ابتدا و انتهای نوار و (λ,δ) نقاط عکسبرداری را مشخص کرد.

توضیح مثلث بندی:

طبق فتوگرامتری ۲: برای توجیه مطلق ما به سه نقطه کنترل زمینی نیاز داریم. برای چک کردن کار:۴ نقطه کنترل نیازمندیم حال ما فرض می‌کنیم که ۱۶ باند داریم. که هر کدام شامل ۴۰ قطعه عکس می‌باشد

در این صورت ما نیازمند (2560= 4× 40×16) نقطه کنترل زمینی هستیم.

چون هزینه کار بالاست ما هیچ موقع مختصات زمینی 2560 نقطه را از طریق عملیات زمینی محاسبه می‌کنیم بلکه تعداد محدودی مثل مختصات 300 نقطه را حساب کرده پس مختصات زمینی بقیه نقاط به روش مثلث بندی محاسبه می‌کنیم.

یعنی: ۱- نقاط کنترل زمینی و عکس داریم که دارای مختصات مدلی هستند ۲- نقاط دیگر زمینی داریم با مختصات زمینی هدف ایجاد ارتباط بین این دو سری نقاط است.

هدف: ایجاد ارتباط بین این دو فضا هست تا بتوانیم به نقاط کنترل عکس مختصات زمینی بدهیم.

برای کاهش نقاط زمینی از Gps استفاده می‌کنیم و تعداد این ۵۰۰ نقطه را به ۸ تا می‌رسانیم و برای ژئورفرنس کردن از ابزار IMU استفاده می‌کنیم.

انواع نقاط کنترل

- نقاط کنترل زمین
  - ارتفاعي $\leftarrow N$
  - مسطحاتي $\leftarrow P \leftarrow$ پلانمتري
  - ارتفاعي مسطحاتي $\leftarrow PN$
- نقاط کنترل عکسي
  - tie point
  - pass point

نکته: اولین کار در تهیه نقاط کنترل تهیه اندکس خواهد بود. اول اندکس پرداز تهیه می‌شود و سپس اندکس عکس:

مقیاس پرواز× (۱/۵-۱/۴)= مقیاس اندکس عکس

نکته: بعد از اطمینان از اینکه عکس‌ها گپ ندارند عکس را موزائیک بندی می‌کنیم سپس اندکس تهیه می‌کنیم. (اندکس عکس)

اندکس عکس: (عکس‌ها را موزاییک بندی می‌کنیم: یا زوجها یا فردها)

اولین کار تهیه: تهیه موازئیک عکس و بررسی شرایط پرداز است.

اولین کار برای اندکس عکسی، تهیه موزائیک است.

برای موزائیک کردن عکسها، عکس اول با دوم را ۶۰٪ و عکس دوم با سوم ۶۰٪ و عکس اول با عکس سوم ۲۰٪ پوشش دارد. باید عکسهای زوج یا فرد را در نظر گرفت که پوشش ۲۰٪ دارند.

- تهیه اندکس عکسی

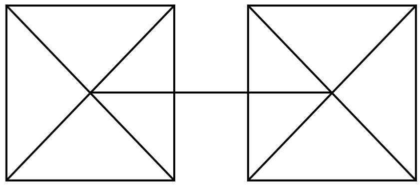
حالت اول:نقشه نداریم.

۱- برای باند اول یک کاغذ بزرگ برمیداریم. اولین باند را موازی لبه کاغذ می کشیم.

۲- روی عکسهایی که جدا کردیم (فردها یا زوج ها) مراکز عکسها را مشخص می کنیم. (عکسهای با پوشش۲۰٪)

۳- فواصل مراکز عکسها را با خط کش اندازه می گیریم.

۴- اندازه حاصل را به ۴ یا ۵ تقسیم می کنیم.(مقیاس اندکس)



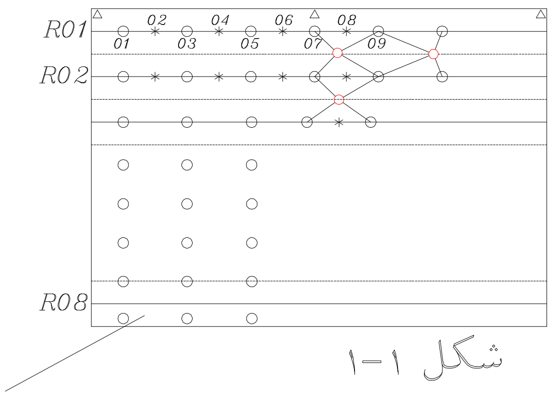
مثلاً : مقیاس عکس $= \dfrac{1}{10000}$

$\Rightarrow s$ اندکس مقِاس $= \dfrac{1}{40000}$

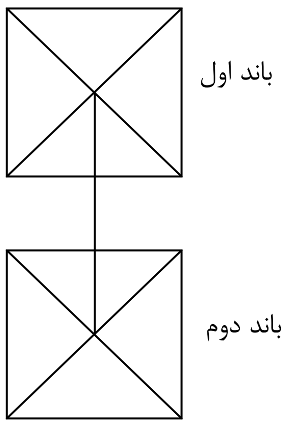
۵- عدد حاصل از تاثیر مقیاس را روی کاغذ پیاده می کنیم.

۶- برای باند دوم پوشش های عرضی را در نظر می گیریم.

۷- با در نظر گرفتن پوشش عرضی از مرکز عکس ۰۱ تا مرکز عکس ۰۲ مقدار $\Delta y, \Delta x$ را توسط خط کش اندازه گیری می کنیم.



شکل ۱-۱



۸- $\Delta y, \Delta x$ را به مقیاس (مثلا۴ یا ۵) تقسیم می کنیم و نسبت به نقطه ۰۱ پیاده می کنـیم تـا آخـر پیاده می کنیم، همه عکسهای باند دوم را نسبت به عکسهای باند اول که پوشش عرضی دارند، پیاده مـی کنیم.

۹- سپس خطی که بیشترین نقاط را از خود عبور می دهد، را رسم می کنیم نقـاطی کـه در روی خـط قرار نمی گیرند را به روی خط انتقال می دهیم.

۱۰- باند سوم را نسبت به باند دوم و .. به دست می آوریم.

نکته مهم: نقاط ارتفاعی داخل بلوک و نقاط مسطحاتی اطراف بلوک طراحی مـی شـود مگـر اینکـه بانـد دچار شکستگی شده باشد مثلاً در مناطق ممنوعه که عکس سیاه می شود می توانیم نقاط مسـطحاتی را وارد بلوک کنیم. چون وقتی منطقه ای ممنوعه باشد نیازی به مسطحات نداریم. ولی از ارتفاع نمـی تـوان صرفنظر کرد.

حالت دوم:نقشه کوچک مقیاس داریم.

چون اندکس پرواز داریم می گوید که باند ها کجا قرار دارند.روی اندکس پرواز تهیه شده عـوارض را مـی بینیم. وبا توجه به عوارض نظیر اندکس عکس تهیه می شود.

حالت سوم: وقتی GPS داریم در اینصورت X,Yکلیه نقاط مشخص می شود.در هنگـام پـرواز گیرنـده GPS مختصات مراکز عکسها را با دقت خوب بدست می آوریم.تنها کاری که می ماند تشخیص گـپ در منطقه می باشد.

طراحی نقاط کنترل زمینی

نکته مهم:نقاط ارتفاعی داخل بلوک و نقاط سطحاتی اطراف بلوک طراحی می شود.مگر اینکه باند دچـار شکستگی شده باشد.یا مثلا در مناطق ممنوعه(نظامی) که در اینصـورت نقـاط مسـطحاتی داخـل بلـوک آورده می شود.واگر دو باند با هم اشتراک نداشته باشند و گپ اتفاق افتاده باشد و در مناطقی که سـد یـا دریاچه است نیز نقاط مسطحاتی داخل بلوک آورده می شود.

نکته مهم: اگر دقت نقشه مورد نظر بالا باشد حالت primark به وجود می آید چون نقاط کنترل زمین را قبل از پرواز تعیین کرده ایم

نکته: نقشه با مقیاس $\frac{1}{500}$را از عکس با مقیاس $\frac{1}{6500}$ نمی توان تهیه کرد.

$$\lambda = \frac{0.2 \times s_{map}}{0.02 \times s_{photo}}$$

	مقیاس عکس				
مقیاس نقشه	1/500	1/1000	1/2000	1/5000	1/10000
1/3000	4	5	_	_	_
1/5000	_	4	5	_	_
1/6500	_	5	6	_	_
1/8000	_	_	5		

جدول شماره ۱: فاصله نقاط کنترل مسطحاتی بر اساس مقیاس عکس و مقیاس نقشه

طراحی نقاط مسطحاتی:

برای نمایش نقاط مسطحاتی از علامت مثلث استفاده می شود.

۱. در ابتدای باند باید یک نقطه مسطحاتی طراحی شود.

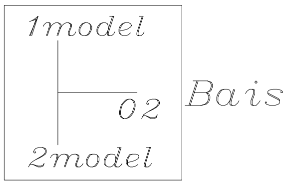
۲. باید واحد تعریف شود.در هر مقیاسی با توجه به مقیاسهای خواسته شده یک λ تعیین می شود.

۳. $\lambda = \frac{0.2 \times s_{map}}{0.02 \times s_{photo}}$

واحد شمارش مدل است.(Model based). می توانModel based را به کیلو متر تبـدیل کرد ولی در اصل واحدش مدل است.یعنی مثلا ۵مدل به ۵ مدل نقاط طراحی شوند.با این کار فاصله نقاط مسطخاتی تعیین می شود.

۴ . در انتهای باند نیز باید یک نقطه مسطحاتی طراحی شود

خلاصه: مثلاً ۵ مدل ۵ مدل داشته باشیم: اول و آخر هر بلوک هم باید نقاط مسطحاتی داشـته باشـیم تـا همه اطراف بلوک پر شود. در عرض باید ۲ تا ۲ بشماریم.



نکته: نقاط مسطحاتی در گوشه های ساختمان یعنی در جاها ی نوک تیز طراحی مـی شـود.در جـایی که با اطراف اختلاف ارتفاع داشته باشد.و همانطور که قبلا گفتیم این نقاط در بیرون بلـوک طراحـی مـی شود تا بدین وسیله شبکه بسته شود.

طراحی نقاط کنترل ارتفاعی:

برای هر باند باید جدا جدا طراحی شود.

	فاصله منحنی میزانها							
مقیاس پرواز	0.5	1	2	3	4	5	10	20
1/3000	3مدل	-	-	-	-	-	-	-
1/5000	3	4						
1/6500	-	5						
1/10000	-	-	5					

جدول شماره ۲: فاصله نقاط کنترل ارتفاعی بر اساس مقیاس عکس و فاصله منحنی میزان

یعنی مثلاً برای منحنی میزانهای ۲ متری و مقیاس $\frac{1}{10000}$، ۵ مدل ۵ مدل باید نقاط ارتفاعی طراحی کرد. بعد از طراحی نقاط، مراکزی که این عکسها که نقاط کنترل در آنها می افتد را به نقاط کنترل وصل می کنیم. (نقاط کنترل را به مراکز عکسهایی که نقاط در آنها قرار دارند وصل می کنیم).

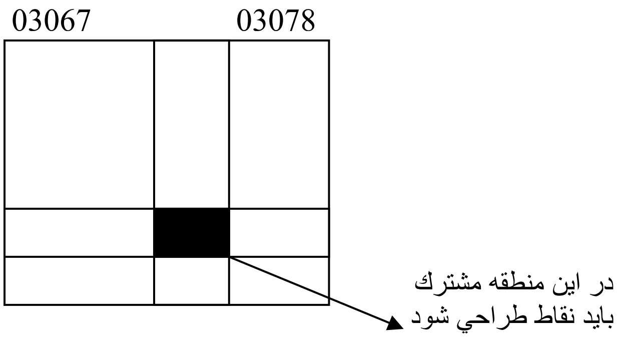
طریق شماره گذاری را طی شماره باند، سپس شماره عکس.

مثلا نقطه پلانیمتری عکس اول باند اول $P_{0101}^{7,8}$

برای هر نقطه مسطحاتی، در روی زمین ۲ نقطه در نظر می گیریم (۷ و۸) تا اگر احیاناً یکی جواب نداد دیگری باشد. فاصله دو نقطه بستگی به عارضه روی زمین دارد.

نقطه ارتفاعی باند سه عکس هفت $N_{0307}\{^{4,5}$

در عملیات زمینی نقاط مسطحاتی را در جاهای تیز و نقاط ارتفاعی را در مناطق مسطح می گیرند.



بعد ازعملیات زمینی [گرفتن مختصات نقاط زمینی] ، این نقاط را قرائت دستگاهی می کنیم.

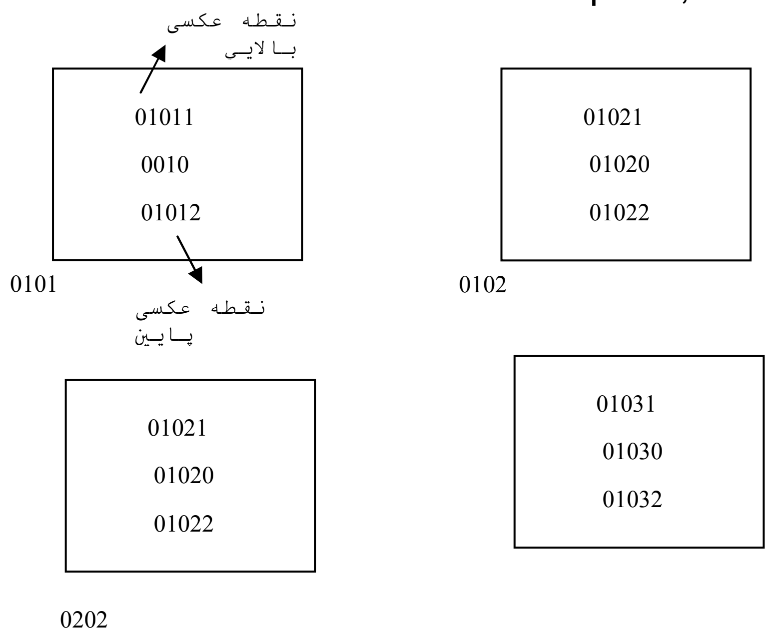
نقاط کنترل عکسی:

tie points(نقاط گرهی): کمک می کنند باندها را به هم وصل کنیم. در دو مدل دارای قرائت هستند.

pass points : کمک می کنند تا در طول یک باند، مدلها را به هم وصل کنیم.(نقاط عبوری. گذری)

در طول باند ۱ و ۲ دارای قرائت هستند.

اسم گذاری نقاط= pass , tie :



سه نقطه 01021 , 01020 , 01022 در دو عکس مجاور هستند پس نقـاط pass هســتند. نقطه 02021 و 02031 نقاط tie هستند.

سپس تمام این نقاط را روی دیاپوزیتو پریک می کنیم(توسط دستگاه pug5) بعد به سراغ مثلث بندی می رویم. در مثلث بندی از دستگاه تحلیلی SD2000 یا p33 یا DSR14 استفاده می کنیم. عامـل انسانی مدل را با استفاده از دیاپوزیتوهای دارای پوشش طولی توجیه می کند و تک تک نقـاط کنتـرل را قرائت می کند و اندکس را نگاه می کند، اگر در اندکس نقطه زمینی داشتیم، با استفاده از کروکی نقطـه را پیدا و قرائت می کند.

بعد از این مرحله، وارد محاسبات می شویم و نوع مثلث بندی را تعیین می کنیم.

فرق نقاط کنترل عکسی و نقاط کنترل زمینی:

مختصات نقاط کنترل زمینی توسط عملیات زمینی مانند GPS به دست می آید, ولی مختصـات نقـاط کنترل عکسی را توسط مثلث بندی و محاسبات به دست می آوریم. پارامترهای مدل ریاضی (رابـط بــین عکس و زمین) را توسط مختصات نقاط کنترل زمینی به دست می آوریم.

انواع مثلث بندی:

الف- مثلث بندی دو بعدی (شعاعی)

ب- مثلث بندی سه بعدی — مدل پیوسته

- مدل نیمه مستقل
- مدل مستقل
- تحلیلی (باندل)
- رقومی

مثلث بندی دو بعدی (شعاعی):

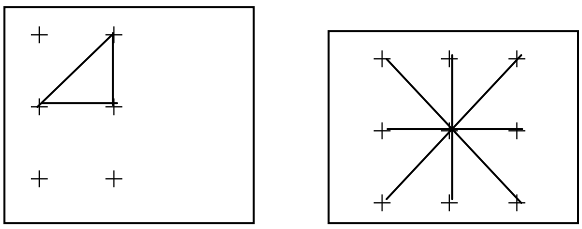
خروجی این مرحله x,y است. یعنی برای نقاط کنترل عکس x,y حساب می کنیم.

کاربرد: از خروجی این مثلث بندی برای ترمیم استفاده می کنیم.

مثلث بندی شعاعی دارای انواع: ۱-ترسیمی (انگلیسی و آمریکایی) , ۲- مکانیکی ۳- ریاضی می باشد.

مثلث بندی شعاعی ترسیمی بروش انگلیسی:

یک کاغذ به میزان بیشتر از باند پرواز برمی داریم. اندکس عکسها را زیر این کاغذ یا مقوای شفاف قرار می دهیم و نقاط tie را علامت می زنیم و سپس نقطه وسط را فرض کرده و به صورت شعاعی خطوط رسم می کنیم و مثلثهای تشکیل می شود.

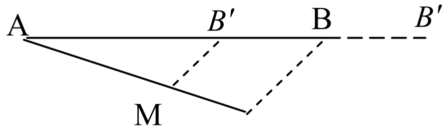


نقاط کنترل از پخش خطا جلوگیری می کنند و خطا ها را سرشکن می کند و حفظ استحکام هندسی بلوک را برعهده دارند.کلیه نقاط باند را به این صورت پیاده می کنیم و سپس باندهای بعدی تا آخر. حالا به جای هر باند نوارهایی داریم که با استفاده از tie point باندها را نسبت به هم توجیه می کنیم. ممکن است دو باند نسبت به هم اختلاف مقیاس داشته باشند، باید این اختلاف مقیاس را رفع کرد. یعنی اگر خط AB در باند اول به صورت زیر باشد، در باند دوم هم باید به همین صورت باشد، که اگر نباشد اختلاف مقیاس داریم.

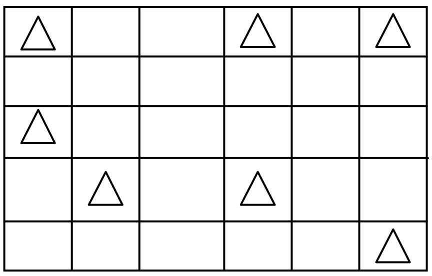
ضریب مقیاس=$\frac{AB}{AB'}$

به اندازه (طول× ضریب مقیاس)، طول AB' کاهش یا افزایش پیدا کند تا دقیقاً روی AB قرار بگیرد.

پس همه نقاط واقع در باند دوم را به همین میزان تغییر می دهیم.

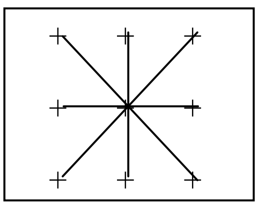


وقتی همه نقاط پیاده کردیم، یک شیت مادر داریم که نقاط کنترل در این شیت بر اساس نقاط زمینی طبقه بندی شده اند. پس تمام tie point دارای مختصات زمینی می شوند.



روش مثلث بندی شعاعی ترسیمی آمریکایی:

برای تک تک عکسها مقوا تهیه می کنند، مقواها را روی عکسها قرار می دهند. با استفاده از دستگاه cutting ، شکافهایی روی عکس می دهیم. (ازعکسهایی استفاده می کنیم که نقاط کنترل داشته باشند.)



برای عکس بعدی مراکز عکسها را نسبت به هم توجیه می کنیم و همه کارهای بالا را دوباره انجام می دهیم. بعضی نقاط مشترک دوبار بریده می شوند. هر عکس را در یک مربع قرار می دهیم [در یک مربع شیت مادر] .

به هر عکس بعد از این مراحل تمپلیت گویند.

در این روش چون پانچ هم می کنیم، عملاً عمل سرشکنی هم انجام می شود.

این روشها شعاعی نام گرفته است چون از شعاعها استفاده کرده ایم.

با استفاده از بازروهای فلزی به جای cutter می توان مراحل بالا را انجام داد.

مثلث بندی ۳ بعدی:

در مثلث بندی ۳ بعدی، باید پارامترهای توجیه مطلق برای تک تک مدلها حل شود.

فرق مدل پیوسته و مدل مستقل:

هر چقدر از مدل پیوسته به طرف مدل مستقل برویم از حجم کار دستگاهی کم و به حجم کار محاسباتی افزوده می شود.

در حالت مدل مستقل، ۷ پارامتر به صورت محاسباتی به دست می آید و در مدل پیوسته ۷ پارامتر به صورت دستگاهی و محاسباتی حل می شود.

مثلث بندی مدل پیوسته

خروجی مثلث بندی در توجه مطلق (توجیه خارجی) استفاده می‌شود. در واقع بدست آوردن المانهای توجیه خارجی یا مختصات زمینی نقاط عکسی است.

برای pass- tie مختصات زمینی حساب می‌کنیم- پارمترهای مجهول توجیه خارجی بدست می‌آوریم

ارتباطی بین فضای مدل وزمین را برقرار می‌کنیم.

در مرحله توجیه مطلق مدل واحدی که روی آن کار می‌کنیم، مدل است. برای هر مدل نقاط کنترل کافی (۴ تا) باید بدست آمد تا ۷ پارامتر حل شود.

ما از این طریق استفاده کرده و برای یک برگ با در نظر گرفتن ۷ پارامتر مثلث بندی پیوسته- نیمه مستقل و مستقل انجام می‌دهیم. که خروجی مختصات زمینی نقاط کنترل عکسی است .

$\lambda, K, \Omega, \phi, C_X, C_Y, C_Z$

برای هر مدل این ۷ پارامتر باید جداگانه حساب شود بعد از اینکه حساب شود برای هر نقطه‌ای دلخواه در فضای زمین می‌توان مختصات زمینی قرائت کرد

مثلا وقتی تک مدل را توجه مطلق می‌کنید شما در آن تک مدل باید به حد کافی (۴ نقطه) داشته باشید ولی زمانی که از بلوک صحبت می‌کنیم دیگر نمی‌توان گفت برای هر مدل ۴ نقطه نیاز است چون در این صورت مفهوم مثلث بندی از بین می‌رود. مدلها را به هم می‌چسبانیم می‌شود بلوک حال در بلوک این پارامترها را برای تک تک طول‌ها پیدا می‌کنیم. تعداد این نقاطی که لازم است بسته به دقت ارتفاعی دقت مسطحاتی مدل دارد.

[لزومی ندارد برای هر مدل ۴ نقطه با مختصات زمینی باشد] مفهوم مثلث بندی

بعد از این مرحله می‌توان برای هر نقطه در مدل مختصات زمینی را حساب کرد. حال تعداد نقاطی که برای بلوک لازم است بسته به دقت ارتفاعی دقت مسطحاتی برای این منظور جداولی هست. (base طراحی در نقاط کنترل واحد مثل مدل هست).

هدف در هر بلوک برای تک تک مدلها با حداقل تعداد نقاط کنترل با حفظ دقت این هفت پارامتر حساب شده و برای هر نقطه‌ای که نیاز است: (tie point and passpoint) مختصات زمینی را بدست آورد و بعد از این می‌توان بلوک را شکست چون در هر مدل به حد کافی نقاط کنترل هست. یعنی می‌خواهیم برای هر مدل ۴ نقطه با مختصات زمینی باشد تا بتوان جدا جدا هر مدل را توجیه مطلق کرد. مختصات زمین را حساب کرد.

مدل پیوسته: دستگاههای آنالوگ {مکانیکی، نوری- مکانیکی نوری)

دسته دوم دستگاهها از لحاظ سیستم تصویر

در مثلث بندی مدل پیوسته از دستگاه آنالوگ خواهد بود مثل دستگاه A_7 که یک دستگاه یونیورسال با cf=2400 و قطر نقطه شناور ۴۰ میکرون می باشد.

روش مثلث بندی به مدل پیوسته در دستگاه مکانیکی A_7:

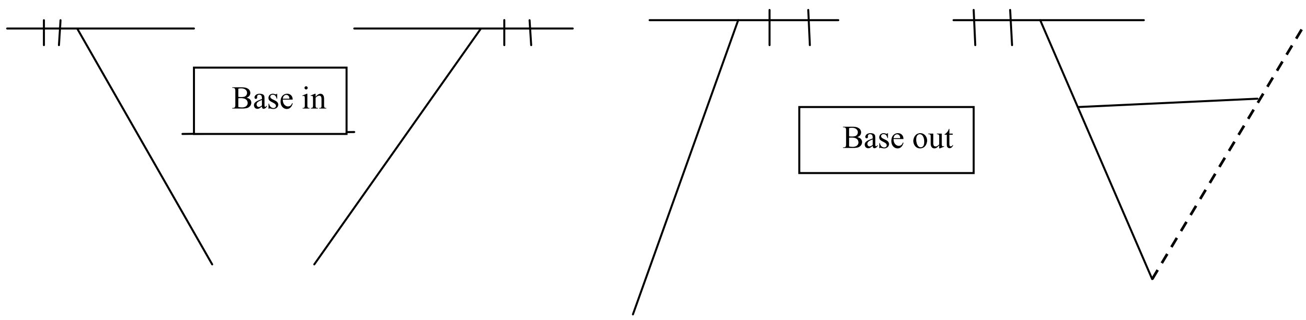
توضیحاتی در مورد دستگاه مکانیکی A_7:

زایس میله‌های فضایی را برای اولین بار باز کرد چون قبلا پیوسته بودند.

وقتی باز می‌شوند می‌شود تعدادی از المانهای انتقالی چون b_x ,b_y و b_z را اضافه کرد. در حالی که B_8 فقط المانهای دورانی بود ولی A_7 هم المان دوران را دارد هم المان انتقالی را.

لذا از دو امکان (باز داخل –پوشش خارج)یا از امکان (باز خارج- پوشش داخل)استفاده کرد.

فرق دستگاه A_7 با **Multiplex**: دستگاه A_7 یک پروژکتور دارد ولی **Multiplex**، ۲۴ پروژکتور دارد.



مراحل کار:

۱- درمدل اول به اندازه کافی نقطه کنترل داریم پس مدل اول توجیه مطلق میشود.

۲- همه نقاط کنترل عکسی را قرائت زمینی می کنیم.

۳- پروژکتور مشترک باید ثابت بماند، در این لحظه به جای دیاپوزیتو یک، دیاپوزیتو سه را می گذاریم پس پوشش داخلی می شود و حالا باید جای مسیرها و چشم ها عوض شود.

مدل دوم ثابت ,مدل سوم را توجیه نسبی یکطرفه چپ می کنیم.

منشور داو: مسیر شعاعهای نوری را به اندازه ۹۰ درجه تغییر می دهد. یعنی چشم چپ شعاعهای نوری راست و چشم راست شعاعهای نوری چپ را می بیند.

۴- مدل اول نسبت به زمین توجیه شده بود، مدل دوم را نسبت به اول توجیه کردیم پس نسبت به زمین توجیه می شود و....

۵- بعد دیاپوزیتو سه را ثابت می گیریم و دیاپوزیتو دوم را برداشته و به جای آن دیاپوزیتو چهارم را می گذاریم.

** در هر بار مدل توجیه نسبی یکطرفه می کنیم و نقاط کنترل عکسی خود را در فضای زمینی قرائت می کنیم.

روش مثلث بندی مدل پیوسته در Multiplex.

دستگاه مولتی پلکس ۲۴ پروژکتور دارد. (روی میله بار سوار شده‌اند.)

هم المان انتقالی دارد هم المان دورانی هر یک از این ۲۴ پروژکتور ۶ المان را دارند.

می‌خواهیم یک باندرا تشکیل دهیم.

۱- فرض می کنیم مدل اول به اندازه کافی نقطه کنترل زمینی دارد. پس در مدل اول توجیه مطلق را انجام می دهیم.

۲- کلیه نقاط مدل را اینک قرائت می کنیم و مختصات زمینی آنها را می خوانیم.

۳- برای توجیه نسبی: مدل اول توجیه نسبی دو طرفه می شود و کلیه مدلهای بعدی را توجیه نسبی یکطرفه راست انجام می دهیم.

۴- در مدلهای بعد از مدل اول ممکن است نقاط کنترل نداشته باشیم, سپس المانهای توجیه مطلق را از مدل اول به مدل دوم منتقل می کنیم.

(در اصل ما پروکتور سوم را نسبت به دوم توجیه می کنیم و چون مدل دوم نسبت به زمین توجیه شده است $\Leftarrow$ مدل سوم خود به خود نسبت به زمین توجیه می شود.)

(برای مدل اول یک مبدا داریم $\Leftarrow$ تا آخر مدلها مبدا همین می باشد) برای به دست آوردن c_z c_x , c_y , از سه خط کش استفاده می شود.

در مدل اول وقتی توجیه داخلی انجام دادیم,پس مدل یک مبدا قرائتی روی c_z (c_x , c_y ,)دارد. سپس برای مدلهای بعدی, روی خط کش قرائت میکنیم و C_x مدل بعدی را به مبدا جمع می کنیم.

طول مشترک یا ارتفاع مشترک $\rightarrow$ المان مقیاس

ثابت نگه داشتن مدل اول وتوجیه سایر مدلها, توجیه مطلق نسبت به زمین $\rightarrow$ ۳ المان دورانی

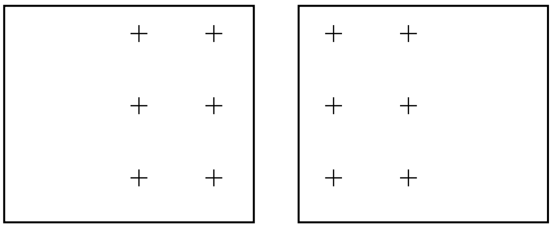
با تغییر مبدا قرائت $\rightarrow$ ۳ المان انتقالی

برای حل المان مقیاس (λ):

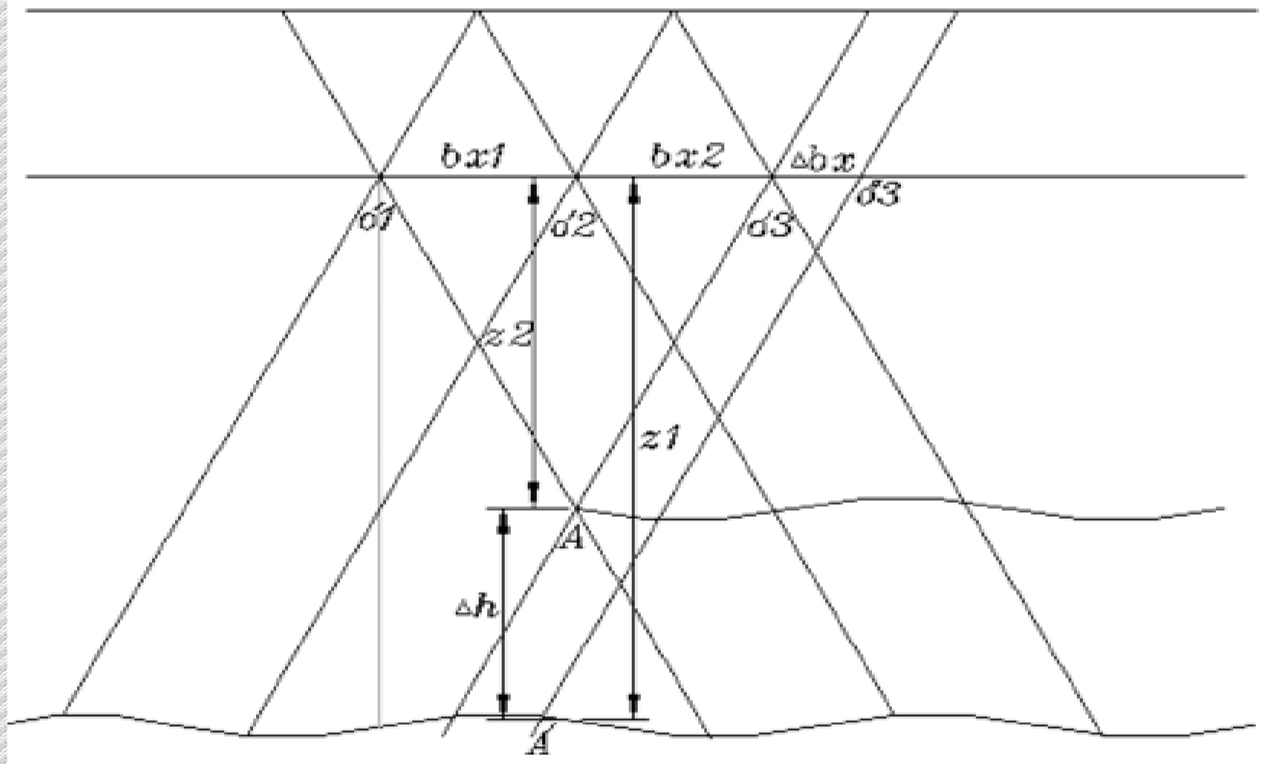
وقتی مدلها توجیه شدند باید طول بین ۲ نقطه مشترک یا ارتفاع دو نقطه مشترک در مدل (در دو عکـس متـوالی) برابر باشند و اگر برابر نباشند تغییر مقیاس داریم.

الف- چون سه نقطه
۰۱۰۳۲
۰۱۰۲۰
۰۱۰۲۲
را در مدل اول نسبت به زمین قرائت کردیم. حال این سه نقطه در مدل دوم هسـت.

حال برای نقطه مرکز قبلا یک ارتفاع داشتیم و اینجا (در مدل دوم) هم یک ارتفاع قرائت می‌شود اگر متفاوت بود .



۱- ارتفاع مشترک:



اگر $Z_2 = Z_1$ باشد یعنی مقیاس مدل دوم و اول برابر است.

باید مقیاس دو مدل را یکی کنیم $Z_1 \neq Z_2 \Rightarrow$

$$A\overset{\Delta}{O'_2}O'_3 \approx A\overset{\Delta}{O''_3}O'_2 \Rightarrow \frac{bx_2 + \Delta bx}{bx_2} = \frac{|-Z_1|}{|-Z_2|}$$

$$\frac{\Delta bx}{bx_2} = \frac{|-Z_1| - |-Z_2|}{|-Z_2|} \Rightarrow \Delta bX = \frac{bX_2 \Delta Z}{|-Z_2|}$$

$$\Delta Z = |-Z_1| - |-Z_2|$$

پس وقتی Δbx به این اندازه تغییر کند مقیاس مدل اول و دوم برابرمی شود.

۲-	طول مشترک:

AB=در مدل اول

$A'B'$=در مدل دوم

باید $AB = A'B'$ باشد و اگر برابر نباشد تغییر مقیاس داریم.

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{bx_2}{bx_2 + \Delta bx} \Rightarrow \Delta bx = bx_2 \frac{(A'B' - AB)}{AB}$$

نکته :در دستگاه A_7 می‌توان این کار را انجام داد ولی ۲۴ پروژکتور ندارد ولی امکان باز داخل- پوشش خارج و باز خارج پوشش- داخلی

توجه: اصولا از دستگاه مولتی پلکس استفاده نمی‌شود ولی دستگاه A_7 یک دستگاه مثلث بندی و اصولا برای مثلث بندی ساخته شده است.

مدل نیمه مستقل :

از ۷ المان توجیه مطلق، ۲ تا را به صورت دستگاهی و ۵ تا را به صورت محاسباتی حل می کند. c_x c_z c_y

λ Ω ϕ κ هفت المان توجیه مطلق هستند.

ϕوΩ را بصورت دستگاهی و c_x c_y c_z κ λ را بصورت محاسباتی حل می کند.

مراحل کار:

۱-	مدل اول را توجیه نسبی دوطرفه می شود. فرض می کنیم در مدل اول به اندازه کافی نقطه کنترل داریم ← توجیه مطلق هم می کنیم.

۲-	در فضای مدل تمام نقاط کنترل و tie را قرائت می کنیم.

۳-	در مدل دوم، قبل از این که پروژکتور دو را روی یک بگذاریم، دو تراز عمود بر هم روی پروژکتور سمت راست قرار می دهیم. این ترازها پیچ هایی دارند که توسط این پیچها، این تراز(افقی و عمودی) را تراز می کنیم با این کار موقعیت فضایی پروژکتور سمت راست را ثابت کردیم. دیاپوزتیو را به همراه

plate بر می داریم(دیاپوزیتو دو) دیاپوزیتو و plate یک را بر می داریم و باز می کنیم، دیـاپوزیتو سـوم را می گذاریم و توجیه داخلی می کنیم. پس plate سمت چپ را به همراه دیاپوزیتو سوم روی پروژکتور راست قرار می دهیم. ترازهای اولی را یک جای امن قرار می دهیم.

۴- plate سمت چپ دیاپوزیتو ۲ را دارد اگر بخـواهیم تـراز کنـیم. آن دو تـراز عمـود بـر هـم را روی پروژکتور سمت چپ قرار می دهیم با کامان فی کامان امگا دستگاه دو تراز عمود بر هم (که ایـن همـان تراز است که در جای امن قرار دادیم.) را تراز می کنیم.اما در این مرحله با پیچ تراز کاری نداریم.

۵- بعد از این مرحله درواقع کامان فی و کامان امگا مدل اول را بر مدل دوم منطبق کردیم بـه صـورت دستگاهی) ← مشکل Ωو ϕ در مدل دوم حل شد.

دوباره تراز را بر می داریم و در راست می گذاریم و ...

این مرحله یکسری قرائت های دستگاهی که در آن کامان فی و کامان امگا حل شده است.

برای توجیه مطلق مدل اول:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x & y & 1 & 0 \\ y & -x & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ C_x \\ C_y \end{pmatrix}$$

$$\lambda = \sqrt{a^2 + b^2} \qquad k = tg^{-1}(\frac{b}{a}) \qquad C_Z = \lambda f + \frac{\sum Zi}{n}$$

$$C_x = ... \qquad C_y = ...$$

مدل مستقل

محاسبات روش M ۷

ما یک سری نقاط داریم که هم مختصات زمینی دارند هم مدلی و یکسری نقاطی که فقط مختصـات مـدلی دارنـد وما برای آنها دنبال مختصات زمینی می‌گردیم.

$\lambda, K, \Omega, \phi, C_X, C_Y, C_Z$

ورودی: مختصات مدلی نقاط کنترل عکس و زمینی مختصات زمینی نقاط کنترل زمینی

خروجی: مختصات سرشکن شده کلیه نقاط

کاردستگاهی: فقط قرائت مدلی است برای حل پارامترها کاردستگاهی صورت نمی‌گیرد.

ماکلا ۷ پارامتر $\lambda, K, \Omega, \phi, C_X, C_Y, C_Z$ داریم در M۷ هر هفت پارامتر یکجا حل می‌شود. در واقع یک ترانسفورماسیون سه بعدی از فضای 3D مدل به فضای 3D زمین:

در روش M7 یک λ تقریبی حساب می کنیم(توسط نقاط کنترل ← یک طول روی مدل و یک طول روی زمین را به دست می آوریم و نسبت این طولها λ اولیه می شود.) λ اولیه= λ_0 و این λ را در مختصات مدل ضرب می کنیم.

سپس به جای $\lambda_0 \leftarrow 1+\Delta\lambda$ قرار می دهیم:

اگر $\Delta\lambda$ کوچک در k که کوچک است ضرب شد و مقدار خیلی کوچک حاصل میشود:که صفر در نظر می گیریم.

$$(1+\Delta\lambda)\times R = \begin{pmatrix} 1+\Delta\lambda & -k & \phi \\ k & 1+\Delta\lambda & -\Omega \\ -\phi & \Omega & 1+\Delta\lambda \end{pmatrix}$$

← مختصات زمینی جدید را به صورت زیر تعریف می کنیم.

$$\begin{cases} X - x = x\Delta\lambda - yk + z\phi + C_x \\ Y - y = +y\Delta\lambda + xk - z\Omega + C_y \\ Z - z = z\Delta\lambda - x\phi + y\Omega + C_z \end{cases}$$

(X,Y,Z)، مختصات زمینی

(x,y,z): مختصات مدلی

$$\begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x & -y & z & 0 & 1 & 0 & 0 \\ y & x & 0 & -z & 0 & 1 & 0 \\ z & 0 & -x & y & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta\lambda \\ k \\ \phi \\ \Omega \\ C_x \\ C_y \\ C_z \end{pmatrix}$$

L A X

برای حل معادله باید مقادیر اولیه را داشته باشیم $\Omega = \phi = 0$ می گیریم و بقیه را با نقاط معلـوم حـل می کنیم و این روش مراحل زیاد محاسباتی و ... دارد و در روش مثلث بندی به کار نمی رود.

بررسی معادلات و مشاهدات و مجهولات روشM_7

۱-مجهولات: تعداد پارمترها ی مجهول که برای هر مدل۷تا می باشد.ومختصات مجهول (سه بعدی)

اگر n تعدادمدلها باشد در اینصورت $n \times 7$ تا پارامتر مجهول داریم.و اگـر m نقطـه کنتـرل عکسـی داشـته باشیم در اینصورت $m \times 7$ تامختصات مجهول داریم.

تعداد کل مجهولات= تعداد مختصات مجهول+ تعداد پارامترهای مجهول

۲- مشاهدات: مختصات نقاط مدل+ مختصات نقاط زمینی

۳- معادلات: برای هر نقطه در هر مدل ۳ معادله می‌نویسیم (ممکن است یک نقطه در چهار مدل باشد)

در حالت M_7 مجهولات و مشاهدات و معادلات بررسی میشود:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x & -y & z & 0 & 1 & 0 & 0 \\ y & x & 0 & -z & 0 & 1 & 0 \\ z & 0 & -x & y & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta\lambda \\ k \\ \phi \\ \Omega \\ C_x \\ C_y \\ C_z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

معادلات نقطه کنترل زمینی:

$$\begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x & -y & z & 0 & 1 & 0 & 0 \\ y & x & 0 & -z & 0 & 1 & 0 \\ z & 0 & -x & y & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta\lambda \\ k \\ \phi \\ \Omega \\ C_x \\ C_y \\ C_z \end{pmatrix}$$

معادلات نقطه کنترل عکسی:

$$-\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x & -y & z & 0 & 1 & 0 & 0 \\ y & x & 0 & -z & 0 & 1 & 0 \\ z & 0 & -x & y & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta\lambda \\ k \\ \phi \\ \Omega \\ C_x \\ C_y \\ C_z \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

محاسبات روش M43 :

$$M_3 \begin{cases} \phi \\ \Omega \\ c_Z \end{cases} \qquad M_4 \begin{cases} C_x \\ C_y \\ k \\ \lambda \end{cases}$$

مرحلهM4 :

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x & y & 1 & 0 \\ y & -x & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ C_x \\ C_y \end{pmatrix}$$

$$\lambda = \sqrt{a^2 + b^2} \qquad c_x = ... \quad c_y = ... \quad k = \tan^{-1}(b/a)$$

$$C_Z = \lambda f + \frac{\sum Zi}{n}$$

۱. مجهولات: برای هر مدل ۴ پارامتر: پس $n \times 4$: تعداد پارمترهای مجهولات

برای هر نقطه کنترل عکسی ۲ مجهول $2 \times m$: تعداد مجهولات مختصات عکس

$4n+2m$= تعداد کل مجهولات

۲. مشاهدات: مختصات مدلی نقطه و مختصات زمینی بعضی از نقاط (نقاط کتنرل زمینی)

۳. معادلات: برای هر نقطه درهر مدلی که دارای قرائت است دو معادله نوشته می‌شود.

معادلات نقطه کنترل زمینی:

$$\begin{pmatrix} x & y & 1 & 0 \\ y & -x & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c_x \\ c_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix}$$

$$A_{i,j} * P_j = IC_i$$

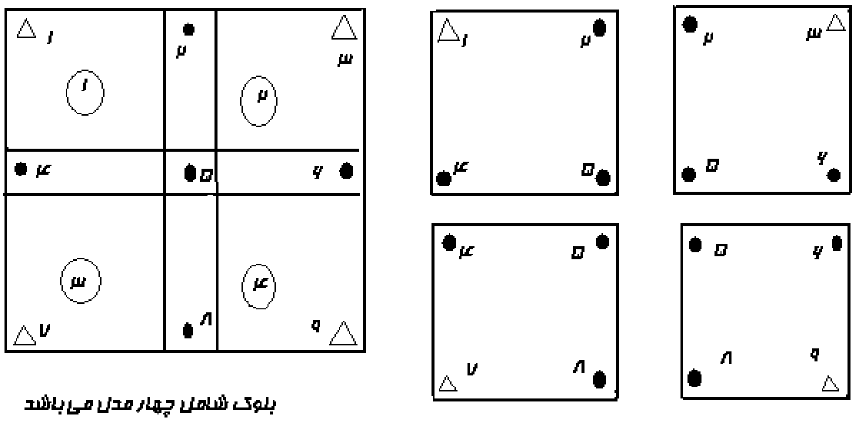
معادلات نقطه کنترل عکسی:

$$\begin{pmatrix} x & y & 1 & 0 \\ y & -x & 0 & 1 \end{pmatrix}_{1\times 4} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c_x \\ c_y \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$A_{i,j} * P_j - IC_i = 0$$

مثال برای روش M_4:

در بلوک زیر تعداد معادلات مشاهدات و مجهولات را تعیین کرده وسپس معـادلات را نوشـته و در نهایـت مـاتریس نرمال و ردیوس نرمال را تعیین کنید.



بلوک شامل چهار مدل می باشد

برای درک بهتر ابتدا برای هر مدل یک جدول تشکیل داده و نقاطی را که داخل آن مدل است تعیین می کنیم وسپس یک جدول برای تمام نقاط تشکیل داده مشخص می کنیم که نوع نقطه چه بوده ودر چند مدل تکرار شده است و سپس موارد خواسته شده را جواب می دهیم:

Model 1		
1	$x_{1,1}$	$y_{1,1}$
2	$x_{2,1}$	$y_{2,1}$
4	$x_{4,1}$	$y_{4,1}$
5	$x_{5,1}$	$y_{5,1}$

Model 2		
2	$x_{2,2}$	$y_{2,2}$
3	$x_{3,2}$	$y_{3,2}$
5	$x_{5,2}$	$y_{5,2}$
6	$x_{6,2}$	$y_{6,2}$

Model 4		
5	$x_{5,4}$	$y_{5,4}$
6	$x_{6,4}$	$y_{6,4}$
8	$x_{8,4}$	$y_{8,4}$
9	$x_{9,4}$	$y_{9,4}$

Model 3		
4	$x_{4,3}$	$y_{4,3}$
5	$x_{5,3}$	$y_{5,3}$
7	$x_{7,3}$	$y_{7,3}$
8	$x_{8,3}$	$y_{8,3}$
10	$x_{10,3}$	$y_{10,3}$

نوع نقطه	تعداد تکرار	شماره مدل				شماره نقطه
P	1	-	-	-	M_1	۱
I	2	-	-	M_2	M_1	۲
P	1	-	-	M_2	-	۳
I	2	-	M_3	-	M_1	۴
I	4	M_4	M_3	M_2	M_1	۵
I	2	M_4	-	M_2	-	۶
P	1	-	M_3	-	-	۷
I	2	M_4	M_3	-	-	۸
P	1	M_4	-	-	-	۹
I	1	-	M_3	-	-	۱۰

مجهولات: ۲۶=(۱۶=۴×۴)+(۱۰ =۵×۲)

معادلات: مدل اول:۴×۲ ومدل دوم:۴×۲ ومدل سوم:۴×۲ ومدل چهارم:۴×۲ یعنی بطور کلی ۳۲ تا معادله داریم.

✓. نقاط منفرد وارد معادلات نخواهند شد مگر اینکه نقطه کنترل زمینی باشد.

$$
\begin{bmatrix}
x_1 & -y_1 & 1 & 0 & & & & & \ldots\ldots & & & & & & & & \\
y_1 & x_1 & 0 & 1 & & & & & \ldots\ldots & & & & & & & & \\
x_2 & -y_2 & 1 & 0 & & & & & \ldots\ldots & -1 & 0 & & & & & & \\
y_2 & x_2 & 0 & 1 & & & & & \ldots\ldots & 0 & -1 & & & & & & \\
x_4 & -y_4 & 1 & 0 & & & & & \ldots\ldots & & & -1 & 0 & & & & \\
y_4 & x_4 & 0 & 1 & & & & & \ldots\ldots & & & 0 & -1 & & & & \\
x_5 & -y_5 & 1 & 0 & & & & & \ldots\ldots & & & & & -1 & 0 & & \\
y_5 & x_5 & 0 & 1 & & & & & \ldots\ldots & & & & & 0 & -1 & & \\
 & & & & x_2 & -y_2 & 1 & 0 & \ldots\ldots & -1 & 0 & & & & & & \\
 & & & & y_2 & x_2 & 0 & 1 & \ldots\ldots & 0 & -1 & & & & & & \\
 & & & & x_3 & -y_3 & 1 & 0 & \ldots\ldots & & & & & & & & \\
 & & & & y_3 & x_3 & 0 & 1 & \ldots\ldots & & & & & & & & \\
 & & & & x_5 & -y_5 & 1 & 0 & \ldots\ldots & & & & & -1 & 0 & & \\
 & & & & y_5 & x_5 & 0 & 1 & \ldots\ldots & & & & & 0 & -1 & & \\
 & & & & x_6 & -y_6 & 1 & 0 & \ldots\ldots & & & & & & & -1 & 0 \\
 & & & & y_6 & x_6 & 0 & 1 & \ldots\ldots & & & & & & & 0 & -1 \\
 & & & & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & & & & & & & & \\
 & & & & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & & & & & & & &
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix}
a_1 \\ b_1 \\ c_1 \\ d_1 \\ \cdots \\ a_2 \\ b_2 \\ c_2 \\ d_2 \\ \cdots \\ a_3 \\ b_3 \\ c_3 \\ d_3 \\ \cdots \\ a_4 \\ b_4 \\ c_4 \\ d_4 \\ \cdots \\ \cdots \\ x_2 \\ y_2 \\ x_4 \\ y_4 \\ x_5 \\ y_5 \\ x_6 \\ y_6 \\ x_8 \\ y_8
\end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix}
x_1 \\ y_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ x_3 \\ y_3 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ x_7 \\ y_7 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ x_9 \\ y_9
\end{bmatrix}
$$

همانطور که متوجه شدید در ماتریس A تعداد سطرها ۳۲ می باشد (به تعداد معادلات)

وستونهای این ماتریس برابر تعداد مجهولات است.(یعنی ۲۶ تا).

۲۶ مجهول ما عبارتست از:چهار مدل داریم که در این روش(M_4)برای هر مدل ۴ مجهول داشته ومختصات مسطحاتی چهار نقطه ی۲ و۴ و۵ و۶ و۸ نیز مجهول می باشد روی هم رفته ۲۶ تا مـی شـود. در نتیجـه مـی تـوان نوشت

$$
\left[\begin{array}{cccc|ccccc}
A_{1,1} & & & & & & & & \\
A_{2,1} & & & & -I & & & & \\
A_{4,1} & & & & & -I & & & \\
A_{5,1} & & & & & & -I & & \\
\hline
 & A_{2,2} & & & -I & & & & \\
 & A_{3,2} & & & & & & & \\
 & A_{5,2} & & & & & -I & & \\
 & A_{6,2} & & & & & & -I & \\
\hline
 & & A_{4,3} & & & -I & & & \\
 & & A_{5,3} & & & & -I & & \\
 & & A_{7,3} & & & & & & \\
 & & A_{8,3} & & & & & & -I \\
\hline
 & & & A_{5,4} & & & -I & & \\
 & & & A_{6,4} & & & & -I & \\
 & & & A_{8,4} & & & & & -I \\
 & & & A_{9,4} & & & & &
\end{array}\right]
\cdot
\left[\begin{array}{c}
P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ \hline C_2 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \\ C_8
\end{array}\right]
=
\left[\begin{array}{c}
C_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \hline 0 \\ C_3 \\ 0 \\ 0 \\ \hline 0 \\ 0 \\ C_7 \\ 0 \\ \hline 0 \\ 0 \\ 0 \\ C_9
\end{array}\right]
$$

و برای محاسبه ماتریس نرمال می توان نوشت:

$$
\left[\begin{array}{cccc|ccccc}
\sum\limits_{i=1,2,4,5} A_{i,1}^{T}A_{i,1} & & & & -A_{2,1}^{T} & -A_{4,1}^{T} & -A_{5,1}^{T} & & \\
 & \sum\limits_{i=2,3,5,6} A_{i,2}^{T}A_{i,2} & & & -A_{2,2}^{T} & & -A_{5,2}^{T} & -A_{6,2}^{T} & \\
 & & \sum\limits_{i=4,5,7,8} A_{i,3}^{T}A_{i,3} & & & -A_{4,3}^{T} & -A_{5,3}^{T} & & -A_{8,3}^{T} \\
 & & & \sum\limits_{i=5,6,8,9} A_{i,4}^{T}A_{i,4} & & & -A_{5,4} & -A_{6,4} & -A_{8,4} \\
\hline
-A_{2,1} & -A_{2,2} & & & 2I & & & & \\
-A_{4,1} & & -A_{4,3} & & & 2I & & & \\
-A_{5,1} & -A_{5,2} & -A_{5,3} & -A_{5,4} & & & 4I & & \\
 & -A_{6,2} & & -A_{6,4} & & & & 2I & \\
 & & -A_{8,3} & -A_{8,4} & & & & & 2I
\end{array}\right]
\cdot
\left[\begin{array}{c}
P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ \hline C_2 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \\ C_8
\end{array}\right]
=
\left[\begin{array}{c}
A_{1,1}^{T}C_1 \\ A_{3,2}^{T}C_3 \\ A_{7,3}^{T}C_7 \\ A_{9,4}^{T}C_9 \\ \hline 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0
\end{array}\right]
$$

مرحله M۳.

مختصاتی که در M3 می‌گذارید همان خروجی M4 است.

معادله سوم M۷ را در نظر بگیرید می‌شود.

$$\Delta Z = Z - z = -x\phi + \Omega y + C_z \Rightarrow (\Delta Z) = (-x \;\; y \;\; 1)\begin{pmatrix} \phi \\ \Omega \\ C_z \end{pmatrix}$$

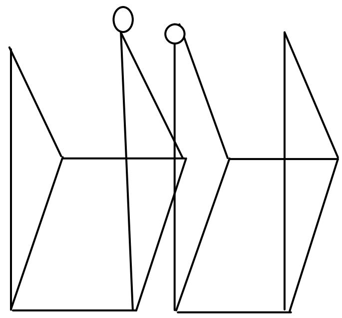
روش M43 مزیت زیادی دارد. نیاز به مقادیر اولیه نخواهد داشت ϕ, Ω اولیه را را می‌توان صفردر نظر گرفت ولی k تابع ارتفاع پرواز است (تابع محور پرواز و ارتفاع منطقه است) لذا مقادیر متفاوت و زیادی بوده نمی‌توان صفر در نظر گرفت در M43 در مرحله M4 نیازی به مقادیر اولیه نداریم.

و در مرحله M3 می‌توان ϕ, Ω را مقدار اولیه صفر در نظر گرفت.

دقت روش M_{43} بیشتر است.

در روش M_{43} وقتی مدلها را بغل هم می‌گذاریم. نقاط کنترل عکس، نقـاط گـذرا مـدلها را در طـول بانـد بـه هـم می‌دوزند باندها را در طول عرض به هم می‌بندند.

توجه: جهت جلوگیری از شکنندگی مدل به شکل زیر توجه شود. در M_3 وقتی مدلها را کنار هم می گـذاریم، ایـن مدلها می توانند بپچیند و ایجاد خطا کنند، برای جلوگیری از پیچش و دوران ,مدلها را از بالا به هم متصل کـرده و آویزان می کنیم. برای اینکار از نقطه ای که خارج مدلهاست استفاده می کنیم و از نقطه مرکز تصویر اسـتفاده مـی کنیم.



اگر شما در توجیه به این نقطه برسید و مدل خوب توجیه نشده باشد. مدل شکسته می‌شود.

Ω اگر اشکال داشته باشد خودش را روی yنشان می‌دهد

اگر ϕ اشکال داشته باشد خودش را روی x نشان می‌دهد

اگر پارالاکس جمع شود خودش را روی z نشان می‌دهد.

نقطه خارج مد ل باید وارد معادلات شود.

از ماتریس ترانسفورماسیون ۳ بعدی قسمت κ را بیرون می کشیم و $R\Omega\phi$ را ضرب می کنیم (بـا تقریـب) κ را حذف می کنیم.

$R\Omega\phi k$ = ماتریس دورانی $\rightarrow R\Omega\phi$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\Omega & -\sin\Omega \\ 0 & \sin\Omega & \cos\Omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\phi & 0 & \sin\phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\phi & 0 & \cos\phi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\phi & 0 & \sin\phi \\ \sin\Omega\sin\phi & \cos\Omega & -\sin\Omega\cos\phi \\ -\sin\phi\cos\Omega & \sin\Omega & \cos\Omega os\phi \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 & \phi \\ 0 & 1 & -\Omega \\ -\phi & \Omega & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \phi \\ 0 & 1 & -\Omega \\ -\phi & \Omega & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ C_z \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} X = x + z\phi \\ Y = y - z\Omega \\ Z = -x\phi + \Omega y + z + C_z \end{cases}$$

تأثیری که دارد شکنندگی حول y,x ϕ, Ω را می‌گیرد این در پارمتر در مرحله M_3 وارد می‌شود. لـذا مختصـات مرکز تصویر در مرحله M_3 وارد می‌شود.

M_{43}: سرعت عملش بیشتر است ماتریسها کوچک است. ولی در M_7ماتریس بزرگ بوده و معکوس کردنش مشکل است.

مرحلهM_3 :

۱. مجهولات: برای هر مدل ۳ پارمتر مجهول اگر n مدل باشد $3\times n$= تعداد پارمتر مجهول

مختصات: یک مجهول اگر m نقطه $1\times m$= تعداد مختصات مجهول

برای هر مرکز تصویر۳ مجهول داریم:. 3k= تعداد مجهول (نقاط projected center)

(نقطه منفرد: مرکز تصویر منفرد وارد معادلات نمـی‌شـود چـون در یـک مـدل آمـده اسـت. (مـاتریس سـینگیولار می‌شود).

۲. مشاهدات: مختصات مدل کلیه نقاط+ مختصات زمینی بعضی از نقاط

۳. معادلات:

$$Z = y\Omega - x\phi + z + C_z$$

معادلات نقطه کنترل زمینی:

$$\begin{bmatrix} y & -x & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \Omega \\ \phi \\ C_z \end{bmatrix}+\begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} \Delta Z \end{bmatrix}$$

معادلات نقطه کنترل عکسی:

$$\begin{bmatrix} y & -x & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \Omega \\ \phi \\ c_z \end{bmatrix}+\begin{bmatrix} z \end{bmatrix}-\begin{bmatrix} Z \end{bmatrix}=\begin{pmatrix} 0 \end{pmatrix}$$

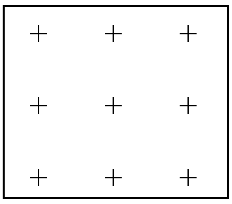
معادلات نقاط پرسپکتیو :

$$\begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} z & 0 & 0 \\ 0 & -z & 0 \\ -x & y & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \phi \\ \Omega \\ C_z \end{pmatrix}\Rightarrow\begin{pmatrix} z & 0 & 0 \\ 0 & -z & 0 \\ -x & y & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \phi \\ \Omega \\ C_z \end{pmatrix}+\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}-\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 0 \end{pmatrix}$$

نحوه محاسبه مرکز تصویر:

دستگاههای مکانیکی:

روی شیشه A7، شبکه ریزی تشکیل می دهند علائم زیر را روی شیشه A7 علامت زده اند. با حرکت میله بالاترین و پایین ترین ارتفاع را می یابیم .



در بالاترین و پایین ترین ارتفاع z,y,x را می خوانیم .

در ۶ نقطه این عمل را انجام می دهیم .

$$\frac{X-X_L}{X_H-X_L}=\frac{Y-Y_L}{Y_H-Y_L}=\frac{Z-Z_L}{Z_H-Z_L}$$

$$\frac{X-X_L}{X_H-X_L}=\frac{Y-Y_L}{Y_H-Y_L}\Rightarrow X\left(y_H-Y_L\right)-Y\left(X_H-X_L\right)$$

$$=-X_LY_L+X_LY_H+Y_LX_L-Y_LX_H$$

۳ مجهول داریم پس ۳ معادله می خواهیم هر نقطه ۲ معادله می دهد.

$$\begin{pmatrix} \ \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{p.c}=\begin{pmatrix} \ \end{pmatrix}$$

X,Y,Z مختصات P.C است .

تمرین :عناصر ماتریس بالا را به دست آورید.

دستگاههای تحلیلی

در دستگاههای تحلیلی از فایل توجیه می توان مختصات مرکز تصویر را بـه دسـت آورد و در دسـتگاههای آنـالوگ توسط ماتریس بالا به دست می آوریم .

نکته: نقطه پرسپکتیو با ۷ شروع می شود.

مختصات پرسپکتیو در دستگاه تحلیلی SD 2000

عکس چپ	7	0201	0	0	0
عکس راست	7	0202	bx	by	bz

تذکر: از توجیه یکطرفه‌ی راست by و bz بدست می‌آید و با داشتن B می‌توانbx را هم بدست آورد.

$$B = \sqrt{bx^2 + by^2 + bz^2}$$

مختصات پرسپکتیو در دستگاه تحلیلیDSR 14

DSR 14: تفاوت این دستگاه با SD 2000 در این است که strip به ما می‌دهد.

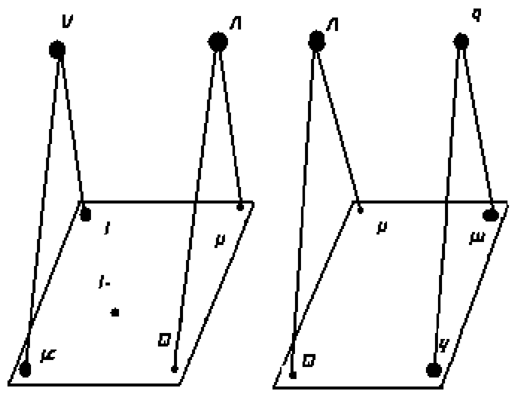
در واقع DSR14 مختصات مدلی نمی‌دهد و مختصات باندی می‌دهد.

تذکر در این روش هر نقطه‌ای در مدل مختصاتش نسبت به نقطه‌ی اول تعیین می‌شود.

70101	0	0	0
70102	bx_2	bx_2	bx_2
70103	bx_3	bx_3	bx_3

تذکر ۱: عناصر bx و by و bz از فایل توجه نسبی بدست می‌آید.

مثال برای روش M_3 :



نقطه کنترل ارتفاعی

شماره نقطه	شماره مدل				تعداد تکرار	نوع نقطه
۱	M_1	-	-	-	1	H
۲	M_1	M_2	-	-	2	I
۳	-	M_2	-	-	1	H
۴	M_1	-	-	-	1	H
۵	M_1	M_2	-	-	2	I
۶	-	M_2	-	-	1	H
۷	M_1	-	-	-	1	I
۸	M_1	M_2	-	-	2	I
۹	-	M_2	-	-	1	I
۱۰	M_1	-	-	-	1	I

تعدادمجهولات: ۲×۳ +۱×۲ +۱×۳=۱۱

تعداد معادلات: ۴×۱ +۴×۱+۳×۲ =۱۴

df=14-11=3

مهم: ساختار ماتریسی معادلات مشاهدات بلوک بصورت زیر می باشد:

$$
\begin{bmatrix}
-x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
-x4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
-x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
-x_5 & y_5 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\
z_{81} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\
0 & -z_{81} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\
-x_{81} & y_{81} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\
0 & 0 & 0 & -x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & -x_6 & y_6 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & -x_2 & y_2 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & -x_5 & y_5 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & z_{82} & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & -z_{82} & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\
0 & 0 & 0 & -x_{82} & y_{82} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1
\end{bmatrix}
.
\begin{bmatrix}
d\phi_1 \\ d\Omega_1 \\ dz_{01} \\ d\phi_2 \\ d\Omega_2 \\ dz_{02} \\ z_2 \\ z_5 \\ x_8 \\ y_8 \\ z_8
\end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix}
z_1 - z_{11} \\ z_4 - z_{41} \\ -z_{21} \\ -z_{51} \\ -x_{81} \\ -y_{81} \\ -z_{81} \\ z_3 - z_{32} \\ z_6 - z_{62} \\ -z_{22} \\ -z_{52} \\ -x_{82} \\ -y_{82} \\ -z_{82}
\end{bmatrix}
$$

اگر نقطه کنترل زمینی باشد مجهول ندارد ولی در ستون معلومات (L) $\leftarrow$ (Z-z) را می نویسیم .

- اگر نقطه P.C (پرسپکتیو) باشد در ستون x ها $\leftarrow$ z,y,x را می زنـیم و $-z,-y,-x$ را در سـتون L ها می نویسیم . در نتیجه می توان نوشت:

$$
\begin{array}{c}
\begin{array}{ccccccccccc}
\Delta\Omega_1 & \Delta\Phi_1 & Z\circ_1 & \Delta\Omega_2 & \Delta\Phi_2 & Z\circ_2 & Z_2 & Z_5 & X_8 & Y_8 & Z_8
\end{array}
\\
\begin{bmatrix}
y_{1,1} & -x_{1,1} & 1 & & & & & & & & \\
y_{4,1} & -x_{4,1} & 1 & & & & & & & & \\
y_{2,1} & -x_{2,1} & 1 & & & & -1 & & & & \\
y_{5,1} & -x_{5,1} & 1 & & & & & -1 & & & \\
0 & z_{8,1} & 0 & & & & & & -1 & & \\
-z_{8,1} & 0 & 0 & & & & & & & -1 & \\
y_{8,1} & x_{8,1} & 1 & & & & & & & & -1 \\
 & & & y_{3,2} & -x_{3,2} & 1 & & & & & \\
 & & & y_{6,2} & -x_{6,2} & 1 & & & & & \\
 & & & y_{2,2} & -x_{2,2} & 1 & -1 & & & & \\
 & & & y_{5,2} & -x_{5,2} & 1 & & -1 & & & \\
 & & & 0 & z_{8,2} & 0 & & & -1 & & \\
 & & & -z_{8,2} & 0 & 0 & & & & -1 & \\
 & & & y_{8,2} & -x_{8,2} & 1 & & & & & -1
\end{bmatrix}
\end{array}
\begin{bmatrix}
\Delta\Omega_1 \\ \Delta\Phi_1 \\ Z0_1 \\ \Delta\Omega_2 \\ \Delta\Phi_2 \\ Z0_2 \\ Z_2 \\ Z_5 \\ X_8 \\ Y_8 \\ Z_8
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix}
Z_1 - z_{1,1} \\ Z_4 - z_{4,1} \\ -z_{2,1} \\ -z_{5,1} \\ -x_{8,1} \\ -y_{8,1} \\ -z_{8,1} \\ Z_3 - z_{3,2} \\ Z_6 - z_{6,2} \\ -z_{2,2} \\ -z_{5,2} \\ -x_{8,2} \\ -y_{8,2} \\ -z_{8,2}
\end{bmatrix}
\begin{array}{l}
\text{cont} \\ \text{pts} \\ \text{tie} \\ \text{pts} \\ \text{P.C.} \\ \\ \\ \text{cont} \\ \text{pts} \\ \text{tie} \\ \text{pts} \\ \\ \text{P.C} \\ \\
\end{array}
$$

و برای محاسبه ماتریس نرمال می توان نوشت:

$$
\left[\begin{array}{c|c|c|c|ccc}
\begin{matrix}\sum A^{T}_{all,1}\cdot A_{all,1}\\ \sum \overline{A}^{T}_{p,1}\cdot \overline{A}_{p,1}\end{matrix} & & -A^{T}_{2,1} & -A^{T}_{5,1} & \multicolumn{3}{c}{-\bar{A}^{T}_{8,2}} \\
\hline
 & \begin{matrix}\sum A^{T}_{all,2}\cdot A_{all,2}\\ \sum \overline{A}^{T}_{p,2}\cdot \overline{A}_{p,2}\end{matrix} & -A^{T}_{2,2} & -A^{T}_{5,2} & \multicolumn{3}{c}{-\bar{A}^{T}_{8,2}} \\
\hline
-y_{2,1}\ \ x_{2,1}\ \ -1 & -y_{2,2}\ \ x_{2,2}\ \ -1 & 2 & & & & \\
-y_{5,1}\ \ x_{5,1}\ \ -1 & -y_{5,2}\ \ x_{5,2}\ \ -1 & & 2 & & & \\
0\ \ z_{8,1}\ \ 0 & 0\ \ z_{8,2}\ \ 0 & & & 2 & & \\
-z_{8,1}\ \ 0\ \ 0 & -z_{8,2}\ \ 0\ \ 0 & & & & 2 & \\
-y_{8,1}\ \ x_{8,1}\ \ -1 & -y_{8,2}\ \ x_{8,2}\ \ -1 & & & & & 2
\end{array}\right]
\left[\begin{array}{c}
P_1\\ \hline P_2\\ \hline Z_2\\ Z_5\\ X_8\\ Y_8\\ Z_8
\end{array}\right]
=
\left[\begin{array}{c}
\begin{matrix}A^{T}_{k,1}\cdot \Delta Z_{k,1} & cont\\ -A^{T}_{t,1}\cdot z_{t,1} & tie\\ -\overline{A}^{T}_{p,1}\cdot C_{p,1} & P.C\end{matrix}\\
\hline
\begin{matrix}A^{T}_{k,2}\cdot \Delta Z_{k1} & cont\\ -A^{T}_{t,1}\cdot z_{t1} & tie\\ -\overline{A}^{T}_{p,2}\cdot C_{p,2} & P.C\end{matrix}\\
\hline
\sum z_2\\ \sum z_5\\ \sum x_8\\ \sum y_8\\ \sum z_8
\end{array}\right]
$$

باندل اجسمنت:

ورودی عکس و مختصات عکس نسبت به نقطه اصلی (p.p) است. معادله مورد استفاده، شرط هم خطی است.

طبق تعریف شرط هم خطی در فتوگرامتری روابط زیر را بر اساس مفاهیم مطرح شده در فتوگرامتری تحلیلی مـی توانیم بنویسیم.

$$
\begin{pmatrix} x_p - x_o \\ y_p - y_o \\ -f \end{pmatrix} = \lambda m \begin{pmatrix} \mathrm{X}_P - \mathrm{X}_O \\ \mathrm{Y}_P - \mathrm{Y}_O \\ \mathrm{Z}_P - \mathrm{Z}_O \end{pmatrix} \quad ; m = \begin{bmatrix} m11 & m12 & m13 \\ m21 & m22 & m23 \\ m31 & m32 & m33 \end{bmatrix}
$$

که در معادلات بالا

$$
\begin{aligned}
m_{11} &= \cos(\varphi).\cos(k) \\
m_{12} &= \cos(\omega).\sin(k) + \sin(\omega).\sin(\varphi).\cos(\kappa) \\
m_{13} &= \sin(\omega).\sin(k) - \cos(\omega).\sin(\varphi).\cos(\kappa) \\
m_{21} &= -\cos(\varphi).\sin(k) \\
m_{22} &= \cos(\omega).\cos(k) - \sin(\omega).\sin(\varphi).\sin(\kappa) \\
m_{23} &= \sin(\omega).\cos(k) + \cos(\omega).\sin(\varphi).\sin(\kappa) \\
m_{31} &= \sin(\varphi) \\
m_{32} &= -\sin(\varphi).\cos(\varphi) \\
m_{33} &= \cos(\omega).\cos(\varphi)
\end{aligned}
$$

کـه در آن، X_P, Y_P, Z_P مختصـات زمینـی نقطـهٔ f ،P فاصـلهٔ کـانونی، x_o, y_o مختصـات مرکـز عکـس، λ ضریب‌مقیاس، m ماتریس دوران و X_O, Y_O, Z_O مختصات زمینی مرکز تصویر است.

با استفاده از روابط بالا، بعد از انجام چند عمل سادهٔ ریاضی، روابط زیر حاصل‌می‌گردد:

$$\begin{cases} x_p - x_o = -f \dfrac{m_{11}(X - X_0) + m_{12}(Y - Y_0) + m_{13}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_p - y_o = -f \dfrac{m_{21}(X - X_0) + m_{22}(Y - Y_0) + m_{23}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)} \end{cases}$$

معادلات بالا به‌معادلات شرط هم‌خطی معروف است.

خطی‌کردن معادلات شرط هم‌خطی

معادلات شرط هم‌خطی معادلاتی هستند غیرخطی و برحسب مقادیرمثلثـاتی؛ کـه بایـدخطی‌شـوند. بـرای خطی‌کردن معادلات شرط هم‌خطی از بسط سری تیلور می‌توان استفاده‌کرد. با توجـه بـه‌معـادلات شـرط هم‌خطی فرض‌های زیر را می‌توان‌درنظرگرفت:

$$m = m_{11}(X - X_0) + m_{12}(Y - Y_0) + m_{13}(Z - Z_0)$$
$$n = m_{21}(X - X_0) + m_{22}(Y - Y_0) + m_{23}(Z - Z_0)$$
$$q = m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)$$

هـــــم‌چنـــــین مـــــی‌تـــــوان‌نوشـــــت:

$m/q = r, n/q = s, xp = x, yp = y$

$$\begin{bmatrix} f(x) \\ f(y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_o \\ y_o \end{bmatrix} + f \begin{bmatrix} r \\ s \end{bmatrix} = O$$

(

که درواقع معادله به‌صورت $f(l, x) = 0$ خواهدبود. پس با استفاده از بسط سری تیلور می‌توان‌نوشت:

$$\overline{0} = F(\overline{L}, \overline{X}_O) + \frac{\partial(F(\hat{\overline{L}}, \hat{\overline{X}})}{\partial\hat{\overline{L}}}\Big|_{\overline{X},\overline{L}} (\hat{\overline{L}} - \overline{L}) + \frac{\partial F(\hat{\overline{L}}, \hat{\overline{X}})}{\partial\hat{\overline{X}}_O}\Big|_{\hat{\overline{X}}^{\circ},\hat{\overline{L}}} (\hat{\overline{X}} - \overline{X}) + ...$$

L، بردار مشاهدات؛ X، بردار پارامترها

$$\frac{\partial(F(\hat{\overline{X}}, \hat{\overline{L}})}{\partial\hat{\overline{L}}}\Big|_{\overline{X},\overline{L}} = A = I \qquad \frac{\partial F(\hat{\overline{X}}, \hat{\overline{L}})}{\partial\hat{\overline{X}}}\Big|_{\hat{\overline{X}}^{\circ},\hat{\overline{L}}} = B,$$

$$\begin{cases}\hat{\bar{X}} - \bar{X}_0 = \bar{X} \\ \hat{\bar{L}} - \bar{L} = \hat{V}\end{cases} \Rightarrow \bar{o} = A\hat{V} + B\hat{X} + W$$

$$\hat{X} = -(B^T PB)^{-1} B^T PW$$ (مقدار محاسباتی برای مجهولات)

$$\left[\frac{\partial F(X)}{\partial par}\right] = -\begin{bmatrix} dx_o \\ dy_o \end{bmatrix} + df\begin{bmatrix} r \\ s \end{bmatrix} + f\begin{bmatrix} dr \\ ds \end{bmatrix}$$

با جدا سازی المان‌های توجیه داخلی و توجیه خارجی از هم، می‌توان نوشت:

$$\left[\frac{\partial F(X)}{\partial par}\right] = \underbrace{\begin{bmatrix} -1 & 0 & r \\ 0 & -1 & s \end{bmatrix}}_{B_i}\begin{bmatrix} dx_o \\ dy_o \\ dz_o \end{bmatrix} + f\begin{bmatrix} dr \\ ds \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} dr \\ ds \end{bmatrix} = d\begin{bmatrix} m/q \\ n/q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (qdm - mdq)/q^2 \\ (qdn - ndq)/q^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dm/q & -m/q^2 dq \\ dn/q & -n/q^2 dq \end{bmatrix} = 1/q\begin{bmatrix} dm & -rdq \\ dn & -sdq \end{bmatrix} = 1/q\underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & -r \\ 0 & 1 & -s \end{bmatrix}}_{C}\begin{bmatrix} dm \\ dn \\ dq \end{bmatrix}$$

ازطرفی m وn و q توابعی برحسب المان‌های دورانی و انتقالی‌اند و می‌توان‌نوشت:

$$m = m(\omega, \varphi, \kappa, X_O, Y_O, Z_O, X, Y, Z)$$
$$n = n(\omega, \varphi, \kappa, X_O, Y_O, Z_O, X, Y, Z)$$
$$q = q(\omega, \varphi, \kappa, X_O, Y_O, Z_O, X, Y, Z)$$

با توجه به‌روابط بالا، می‌توان روابط زیر را نوشت:

$$dm = \partial m/\partial\omega\, d\omega + \partial m/\partial\varphi\, d\varphi + \partial m/\partial\kappa\, d\kappa + \partial m/\partial X_O\, dX_O + \partial m/\partial Y_O\, dY_O + \partial m/\partial Z_O\, dZ_O + \partial m/\partial X\, dX + \partial m/\partial Y\, dY + \partial m/\partial Z\, dZ$$
$$dn = \partial n/\partial\omega\, d\omega + \partial n/\partial\varphi\, d\varphi + \partial n/\partial\kappa\, d\kappa + \partial n/\partial X_O\, dX_O + \partial n/\partial Y_O\, dY_O + \partial n/\partial Z_O\, dZ_O + \partial n/\partial X\, dX + \partial n/\partial Y\, dY + \partial n/\partial Z\, dZ$$
$$dq = \partial q/\partial\omega\, d\omega + \partial q/\partial\varphi\, d\varphi + \partial q/\partial\kappa\, d\kappa + \partial q/\partial X_O\, dX_O + \partial q/\partial Y_O\, dY_O + \partial q/\partial Z_O\, dZ_O + \partial q/\partial X\, dX + \partial q/\partial Y\, dY + \partial q/\partial Z\, dZ$$

با توجه به روابط بالا:

$$\begin{bmatrix} dm \\ dn \\ dq \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \partial m/\partial\omega & \partial m/\partial\varphi & \partial m/\partial\kappa & \partial m/\partial X_O & \partial m/\partial Y_O & \partial m/\partial Z_O \\ \partial n/\partial\omega & \partial n/\partial\varphi & \partial n/\partial\kappa & \partial n/\partial X_O & \partial n/\partial Y_O & \partial n/\partial Z_O \\ \partial q/\partial\omega & \partial q/\partial\varphi & \partial q/\partial\kappa & \partial q/\partial X_O & \partial q/\partial Y_O & \partial q/\partial Z_O \end{bmatrix}}_{D}\begin{bmatrix} d\omega \\ d\varphi \\ d\kappa \\ dX_O \\ dY_O \\ dZ_O \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} \partial m/\partial X & \partial m/\partial Y & \partial m/\partial Z \\ \partial n/\partial X & \partial n/\partial Y & \partial n/\partial Z \\ \partial q/\partial X & \partial q/\partial Y & \partial q/\partial Z \end{bmatrix}\begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix}}_{H}$$

با توجه به‌روابط می‌توان‌نوشت:

$$\overline{0}=\begin{bmatrix} vx \\ vy \end{bmatrix}+Bi\underbrace{\begin{bmatrix} dX_0 \\ dY_0 \\ df \end{bmatrix}}_{\Delta i}+\underbrace{\frac{f}{q}CD}_{Be}\begin{bmatrix} d\omega \\ d\varphi \\ d\kappa \\ dX_O \\ dY_O \\ dZ_O \end{bmatrix}+\underbrace{\frac{f}{q}CH}_{Bs}\underbrace{\begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix}}_{\Delta S}+W$$

$$\Rightarrow \overline{0}=V+Bi\Delta i+Be\Delta e+Bs\Delta s+w$$

همانگونه که اشاره گردید معادلات مورد استفاده در باندل اجسمنت معادلات شرط هم خطی است که در این روش:

۱- تعداد مجهولات: ۶ پارامتر برای هر عکس اگر n تعداد عکس داشته باشیم: 6*n

۲- مختصات نقاط مجهول: ۳ تا برای هر نقطه عکسی پس اگر m نقطه عکسی داشته باشیم 3*m مجهول برای نقاط عکسی خواهیم داشت

۳- برای نقاط کنترل زمینی ارتفاعی برای هر نقطه ارتفاعی دو مجهول خواهیم داشت در نتیجه اگر در کل بلوک h نقطه ارتفاعی داشته باشیم تعداد مختصات مجهول برای نقاط ارتفاعی 2*h

۴- برای نقاط کنترل زمینی مسطحاتی برای هر نقطه مسطحاتی یک مجهول خواهیم داشت در نتیجه اگر در کل بلوک p نقطه مسطحاتی داشته باشیم تعداد مختصات مجهول برای نقاط مسطحاتی1*p

۵- **معادلات**: برای هر نقطه در هر عکس که دارای قرائت باشد ۲ معادله نوشته می‌شود.

معادلات:

$$\begin{bmatrix} Be_{1,1} & Be_{1,2} & Be_{1,3} & Be_{1,4} & Be_{1,5} & Be_{1,6} \\ Be_{2,1} & Be_{2,2} & Be_{2,3} & Be_{2,4} & Be_{2,5} & Be_{2,6} \end{bmatrix}\Delta e+\begin{bmatrix} Bs_{1,1} & Bs_{1,2} & Bs_{1,3} \\ Bs_{2,1} & Bs_{2,2} & Bs_{2,3} \end{bmatrix}\Delta s+W_{2\times1}=V_{2\times1}$$

معادلات نقطه کنترل عکسی:

$$\begin{bmatrix} Be_{1,1} & Be_{1,2} & Be_{1,3} & Be_{1,4} & Be_{1,5} & Be_{1,6} \\ Be_{2,1} & Be_{2,2} & Be_{2,3} & Be_{2,4} & Be_{2,5} & Be_{2,6} \end{bmatrix}\Delta e+\begin{bmatrix} Bs_{1,1} & Bs_{1,2} & Bs_{1,3} \\ Bs_{2,1} & Bs_{2,2} & Bs_{2,3} \end{bmatrix}\Delta s+W_{2\times1}=V_{2\times1}$$

معادلات نقطه کنترل زمینیFULL :

$$\begin{bmatrix} Be_{1,1} & Be_{1,2} & Be_{1,3} & Be_{1,4} & Be_{1,5} & Be_{1,6} \\ Be_{2,1} & Be_{2,2} & Be_{2,3} & Be_{2,4} & Be_{2,5} & Be_{2,6} \end{bmatrix} \Delta e + W_{2\times1} = V_{2\times1}$$

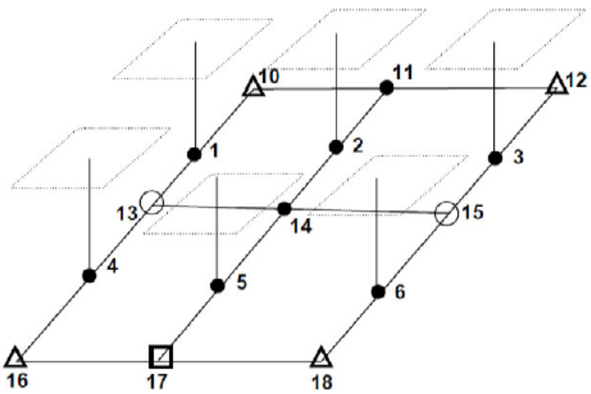
معادلات نقطه کنترل زمینی مسطحاتی:

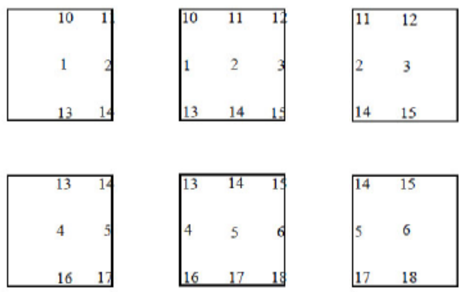
$$\begin{bmatrix} Be_{1,1} & Be_{1,2} & Be_{1,3} & Be_{1,4} & Be_{1,5} & Be_{1,6} \\ Be_{2,1} & Be_{2,2} & Be_{2,3} & Be_{2,4} & Be_{2,5} & Be_{2,6} \end{bmatrix} \Delta e + \begin{bmatrix} Bs_{1,3} \\ Bs_{2,3} \end{bmatrix} \Delta s + W_{2\times1} = V_{2\times1}$$

معادلات نقطه کنترل زمینی ارتفاعی:

$$\begin{bmatrix} Be_{1,1} & Be_{1,2} & Be_{1,3} & Be_{1,4} & Be_{1,5} & Be_{1,6} \\ Be_{2,1} & Be_{2,2} & Be_{2,3} & Be_{2,4} & Be_{2,5} & Be_{2,6} \end{bmatrix} \Delta e + \begin{bmatrix} Bs_{1,1} & Bs_{1,2} \\ Bs_{2,1} & Bs_{2,2} \end{bmatrix} \Delta s + W_{2\times1} = V_{2\times1}$$

مثال برای روش باندل:در بلوک زیر تعداد معادلات و مجهولات را محاسبه کنید؟





طبق تعریف نقاط کنترل:

نقاط شماره ۱۰، ۱۲، ۱۶، ۱۸ نقاط کنترل زمینی مسطحاتی-ارتفاعی، نقاط شماره ۱۳ و ۱۵ نقاط کنترل زمینی ارتفاعی نقطه شماره ۱۷ نقطه مسطحاتی و نقاط شماره ۱ تا ۶ و نقاط و ۱۱و ۱۴ نقاط کنترل عکسی می باشند

همانطور که متوجه شدید این بلوک از ۶ عکس تشکیل شده است بنابراین تعداد معادلات و مجهولات به شرح زیر است:

تعداد معادلات= (۲×(۶+۹+۶))×۲= ۸۴

تعداد مجهولات= تعداد پارامترهای مجهول+ تعداد نقاط کنترل زمینی مسطحاتی*۱+تعداد نقاط کنترل زمینی ارتفاعی *۲+ تعداد نقاط کنترل عکسی*۳ در نتیجه می توان نوشت:

۶۵=۶*۶+۱*۱+۲*۲+۸*۳