کانال مهندسین ژئوماتیک

در تلگرام

http://WWW.telegram.me/Engineer_surveying

موضوعات:

نقشه برداری

GPS-GIS-RS

فتوگرامتری– ژئودزی

نرم افزارهای نقشه برداری اندورید

اموزش نرم افزارهای تخصصی

جزوات درسی وکنکوری

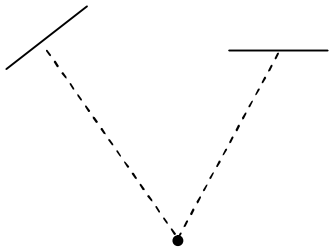
اخبار مربوط به استخدامی

@Engineer_surveying و....

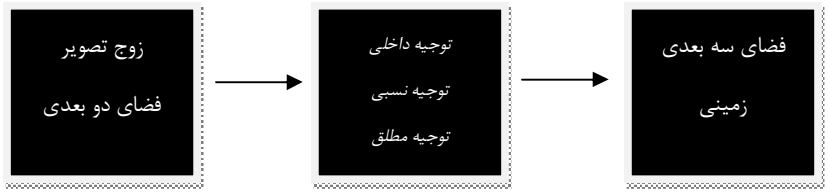
GEOMATIC LEARNING
تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

فتوگرامتری II

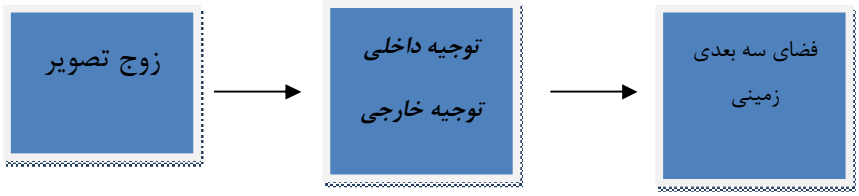
هدف از مطالعه فتوگرامتری II : بازسازی هندسه تصویربرداری



دستگاه های فتوگرامتری آنالوگ :



دستگاه های فتوگرامتری رقومی :



توجیه داخلی در دستگاه های آنالوگ :

گام اول : تعریف سیستم مختصات برای عکس ها (سیستم مختصات حاصل از اتصال فیدوشل مارک ها)

گام دوم : ساختن دستگاهی (پروژکتور) که بتواند شرایط هندسه عکسبرداری را بسازد. (برای این کار از قاب های استاندارد استفاده می کنیم.)

گام سوم : توجیه فاصله کانونی

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

چنانچه قاب پروژکتور مورد استفاده کوچکتر یا بزرگتر باشد خواهیم داشت :

$$\tan {}^{\alpha}/_{2} = \frac{{}^{d}/_{2}}{f} = \frac{d}{f}$$

$$\tan {}^{\alpha}/_{2} = \frac{{}^{d'}/_{2}}{f'} = \frac{d'}{f'}$$

$$\frac{d}{2f} = \frac{d'}{2f'} \qquad \frac{d}{d'} = \frac{f}{f'}$$

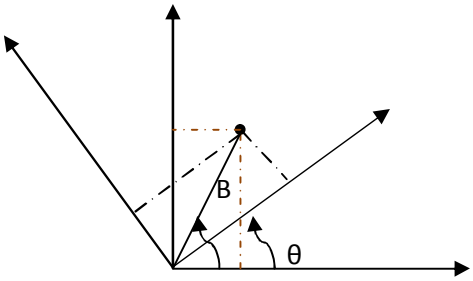
توجیه داخلی در دستگاه دیجیتال :

مختصات کالیبره دوربین را نمی توان از روی عکس پیدا کرد. بنابراین یک سیستم مختصات جدید تعریف می کنیم. با داشتن مختصات نقطه و رابطه آن می توان مختصات زمینی را محاسبه نمود که در این صورت توجیه داخلی صورت گرفته است.

انواع روش های توجیه داخلی دیجیتال :

1. کانفورمال (Conformal)
2. افاین (Affine)
3. پروژکتیو (Projective)

روش کانفورمال :



$$\begin{cases} ip = r\cos\beta \\ \text{jp} = \text{r}\ \sin\beta \end{cases} \qquad \begin{cases} xp = r\ \cos(\beta-\theta) = r\cos\beta\cos\theta + r\sin\beta\sin\theta \\ \text{yp} = \text{r}\ \sin\ (\beta-\theta) = rsin\,\beta\cos\theta - cos\beta\cos\theta \end{cases} \qquad \begin{cases} xp = r\ \cos\theta\ ip + \sin\theta\ jp \\ \text{yp} = -\sin\theta\ \text{ip} + \cos\theta\ \text{jp} \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} Xp \\ Yp \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ip \\ jp \end{pmatrix}$$

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

در حالت کلی با داشتن ضریب مقیاس و اختلاف دو سیستم مختصات خواهیم داشت :

$$\begin{pmatrix} Xp \\ Yp \end{pmatrix} = \lambda \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ip \\ jp \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Cx \\ Cy \end{pmatrix}$$

$$\begin{cases} Xp = \lambda\cos\theta\ ip + \lambda\sin\theta\ jp + Cx \\ Yp = -\lambda\sin\theta\ ip + \lambda\cos\theta\ jp + Cy \end{cases}$$

$$\begin{cases} Xp = a\ ip + b\ jp + Cx \\ Yp = -b\ ip + a\ jp + Cy \end{cases}$$

در روش کانفورمال دو نقطه و ۴ مجهول داریم .

- برای هر نقطه می توان دو معادله نوشت.

روش افاین :

در این روش ۶ مجهول داریم :

$$\begin{cases} Xp = a\ i + b\ j + Cx \\ Yp = C\ i + d\ j + Cy \end{cases}$$

روش پروژکتیو :

در این روش از ۸ مجهول استفاده می کنیم.

$$\begin{cases} Xp = \dfrac{a_1\ i + a_2\ j + a_3}{C_1 x + C_2 y + 1} \\ Yp = \dfrac{b_1\ i + b_2\ j + b_3}{C_1 x + C_2 y + 1} \end{cases}$$

توجیه نسبی (Relative Orientation) :

تغییر وضعیت پروژکتورها به صورتی که پارالاکس Y در تمام مدل (قسمت مشترک بین دو تصویر مجاور) حذف شده یا به حداقل برسد.

توجیه نسبی انواع مختلفی دارد :

۱- توجیه نسبی دستگاهی (استفاده از پیچ های انتقالی و دورانی پروژکتورها)

۲- توجیه نسبی رقومی (استفاده از روابط شرط هم خطی یا هم صفحه ای)

- توجیه نسبی چه دستگاهی باشد یا رقومی به دو صورت می تواند انجام پذیرد :

الف- توجیه نسبی دو طرفه : در این روش هر دو پروژکتور دوران داده می شوند.

ب- توجیه یکطرفه : در این روش یک عکس (پروژکتور) ثابت و دیگری دوران داده می شود.

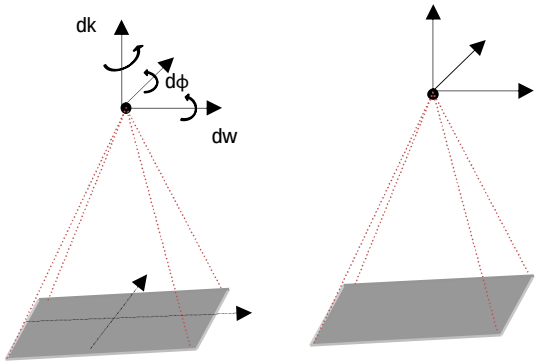
توجیه نسبی یکطرفه دارای به دو حالت **توجیه نسبی یکطرفه سمت راست** و **توجیه نسبی یکطرفه سمت چپ** می تواند انجام شود.

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

توجیه نسبی دستگاهی :

تا کنون که توجیه داخلی را انجام داده ایم در حقیقت پروژکتورهای ما هر یک از دوربین ها را بازسازی کرده اند. در ادامه چیزی که برای ما مهم است این است که دو دوربین را طوری نسبت به هم در فضا قرار دهیم که هر شعاع نوری که از عوارض متناظر از تصاویر به مراکز تصاویر هر یک از پروژکتورها برخورد کرده و صفحه میز را که **محل تشکیل مدل سه بعدی** است قطع می کند. **فقط** دارای اختلاف در جهت X باشند یا به عبارت دیگر پارالاکس y آن ها حذف شده باشد.

برای این کار می توانیم برای هر پروژکتور از سه حرکت انتقالی b_X و b_Y و b_Z و سه حرکت دورانی dk و dω و dφ استفاده کنیم.



---

* انجام توجیه نسبی = حذف پارالاکس Y برای کل مدل

نحوه حذف پارالاکس X :

به دو صورت می توان پارالاکس X را حذف نمود :

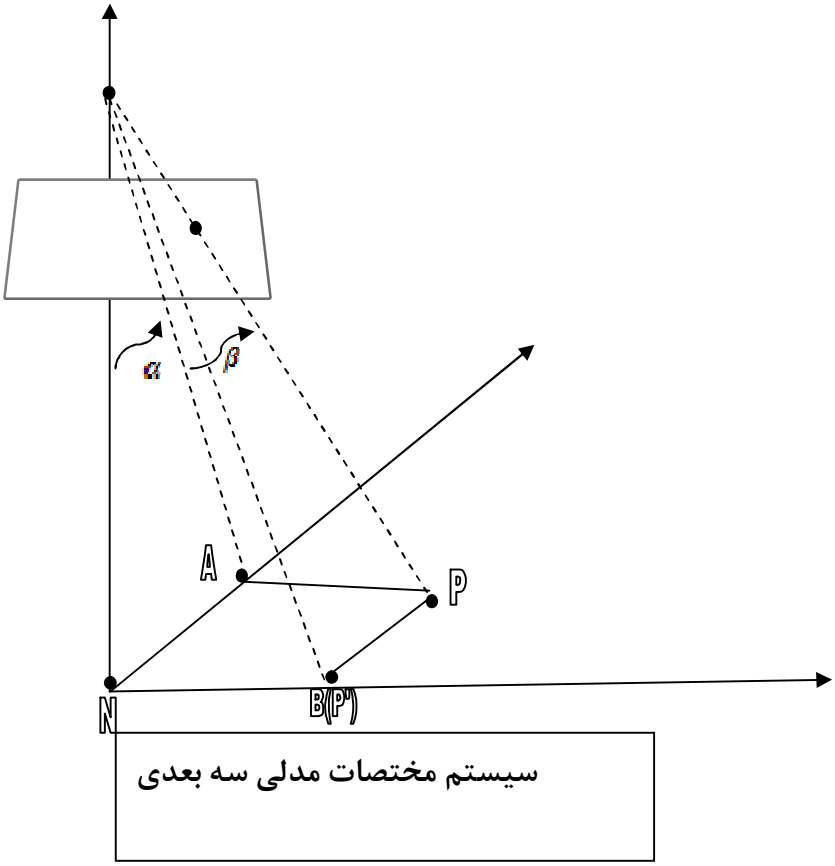
1- در جهت باز دستگاهی پروژکتورها حرکت داده شوند. (نزدیک یا دور کردن دو پروژکتور از یکدیگر)

2- بالاتر بردن یا پایین تر بردن ارتفاع میز (محل تشکیل تصویر)

- بهترین روش برای حذف پارالاکس X روش دوم می باشد.

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

تأثیر المان های دورانی و انتقالی پروژکتور در جابجایی تصویر نقاط (معادلات پارالاکس) :



تأثیر حرکت پروژکتور در جهت X یا db_x :

$$P\begin{pmatrix}X\\Y\end{pmatrix} \Longrightarrow P\begin{pmatrix}X \mp db_x\\Y\end{pmatrix}$$

تأثیر حرکت پروژکتور در جهت Y یا db_y :

$$P\begin{pmatrix}X\\Y\end{pmatrix} \Longrightarrow P\begin{pmatrix}X\\Y \mp db_y\end{pmatrix}$$

تأثیر حرکت پروژکتور در جهت Z یا db_z :

بررسی تأثیر در جهت X :

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

$$\frac{x}{X}=\frac{f}{h} \qquad X=\frac{h}{f}x \qquad X=\frac{x}{f}h$$

مشتق نسبت به h :

$$\frac{dX}{dh}=\frac{x}{f} \qquad dX=\frac{x}{f}dh$$

بررسی تأثیر در جهت y :

در مثلث LNA و Lna :

$$\frac{y}{Y}=\frac{f}{h} \qquad Y=\frac{h}{f}y \qquad Y=\frac{y}{f}h$$

مشتق نسبت به h :

$$\frac{dY}{dh}=\frac{y}{f} \qquad dY=\frac{y}{f}dh$$

در نتیجه خواهیم داشت :

$$db_z\begin{cases}dX=\frac{x}{f}dh\\ dY=\frac{y}{f}dh\end{cases} \qquad dh=db_z$$

$$P\begin{pmatrix}X\\Y\end{pmatrix} \Longrightarrow \begin{pmatrix}X\pm\frac{x}{f}db_z\\ Y\pm\frac{y}{f}db_z\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}X\pm\frac{x}{h}db_z\\ Y\pm\frac{y}{h}db_z\end{pmatrix}$$

تأثیر دوران پروژکتور حول محور x ($d\omega$):

در این حالت نقطه مرکز تصویر ثابت می ماند و صفحه فیلم نسبت به نقطه دوران می کند که با اثر dbx برابر نیست. (h ثابت می ماند و فقط دوران صورت می گیرد.)

در مثلث LAP داریم :

$$X=LA.\tan\beta=\frac{h}{\cos\alpha}.\tan\beta$$

مشتق نسبت به α :

$$\frac{dx}{d\alpha}=\frac{\sin\alpha}{\cos^2\alpha}h.\tan\beta=\frac{h\sin\alpha\tan\beta}{\cos^2\alpha} \rightarrow dX=\frac{h\sin\alpha\tan\beta}{\cos^2\alpha}d\alpha$$

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

این رابطه نشاندهنده این است که اگر dα در جهت x دوران پیدا کند X چه مقدار تغییر می کند.

در مثلث LNA :

$$Y = h.\tan\alpha \rightarrow \quad \frac{dY}{d\alpha} = \frac{h}{\cos^2\alpha} \quad \rightarrow \; dY = \frac{h}{\cos^2\alpha}\, d\alpha$$

با توجه به روابط زیر dX و dY را ساده می کنیم :

$$\tan\beta = \frac{X}{LA} \;,\; \sin\alpha = \frac{Y}{LA} \;,\; \cos\alpha = \frac{h}{LA} \;,\; LA^2 = (Y^2 + h^2) \;,\; d\alpha = d\omega$$

$$dX = \frac{h\sin\alpha\tan\beta}{\cos^2\alpha}\, d\alpha = \frac{LA\cos\alpha * \frac{X}{LA} * \frac{Y}{LA}}{\cos^2\alpha}\, d\omega = \frac{X.Y}{LA\cos\alpha}\, d\omega = \frac{X.Y}{h/\cos\alpha * \cos\alpha}\, d\omega$$

$$= \frac{X.Y}{h} d\omega \qquad \Rightarrow \quad dX = \frac{X.Y}{h} d\omega$$

$$dY = \frac{h}{\cos^2\alpha}\, d\alpha = \frac{h}{(h/LA)^2} d\omega = \frac{h * LA^2}{h^2}\, d\omega = \frac{LA^2}{h}\, d\omega = \frac{Y^2 + h^2}{h}\, d\omega$$

$$\Rightarrow \qquad dY = h\left(1 + \frac{Y^2}{h^2}\right) d\omega$$

در نتیجه در حالت کلی داریم :

$$P\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} \xrightarrow{d\omega} \begin{pmatrix} X \pm \frac{X.Y}{h} d\omega \\ Y \pm h\left(1 + \frac{Y^2}{h^2}\right) d\omega \end{pmatrix}$$

تأثیر المان دورانی dϕ بر روی نقاط مدل :

$$P\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} \xrightarrow{d\varphi} \begin{pmatrix} X \pm h\left(1 + \frac{X^2}{h^2}\right) d\varphi \\ Y \pm \frac{X.Y}{h} d\varphi \end{pmatrix}$$

تأثیر حرکت دورانی dk روی نقاط مدلی :

در مثلث NPP'

$$\begin{cases} X = R\cos\mu \\ Y = R\sin\mu \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} dX = -R\sin\mu\, d\mu \\ dY = R\cos\mu\, d\mu \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} dX = -Y\, d\mu \\ dY = X\, d\mu \end{cases} \quad , \; d\mu = dk$$

پس در حالت کلی خواهیم داشت :

$$P\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} \xrightarrow{dk} \begin{pmatrix} X - Y\, dk \\ Y + X\, dk \end{pmatrix}$$

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی hadi.aghili@gmail.com

- لازم به تذکر است که در دوران ها هنگامیکه دوران مثلثاتی (پاد ساعتگرد) باشد علامت + را به کار می بریم و هنگامی که دوران ساعتگرد باشد علامت dXو dY منفی خواهد بود.

با داشتن فرمول های بالا می توانیم یک حالت کلی برای تأثیر دوران ها و حرکت های انتقالی در نظر بگیریم :

$$1)\quad dX = dbx + 0 \times dby + \frac{X}{h}\,dbz + \frac{XY}{h}d\omega - h\left(1+\frac{X^2}{h^2}\right)d\varphi - Y\,dk$$

$$2)\quad dY = 0 \times dbx + dby + \frac{Y}{h}dbz + h\left(1+\frac{Y^2}{h^2}\right)d\omega - \frac{XY}{h}\,d\varphi + X\,dk$$

به این روابط **معادلات اساسی فتوگرامتری** می گوییم :

$$1)\quad dX = dbx + \frac{X}{h}\,dbz + \frac{XY}{h}d\omega - h\left(1+\frac{X^2}{h^2}\right)d\varphi - Y\,dk$$

$$2)\quad dY = dby + \frac{Y}{h}dbz + h\left(1+\frac{Y^2}{h^2}\right)d\omega - \frac{XY}{h}\,d\varphi + X\,dk$$

- لازم به ذکر است که dk و dϕ و dw بر حسب رادیان می باشند.

بدین ترتیب اگر پروژکتور سمت چپ را به میزان $dby_1 , dbz_1 , d\omega_1 , d\varphi_1 , dk_1$ و پروژکتور سمت راست را به اندازه

$dby_2 , dbz_2 , d\omega_2 , d\varphi_2 , dk_2$

تغییر دهیم تأثیری که روی مختصات مدلی خواهد داشت را به صورت کلی می توانیم به صورت رابطه زیر بنویسیم :

$$Py = dy_{A1} - dy_{A2} = [dby_1 + \frac{Y}{h}dbz_1 + h\left(1+\frac{Y^2}{h^2}\right)d\omega_1 - \frac{XY}{h}\,d\varphi_1 + X\,dk_1] - [dby_2 + \frac{Y}{h}dbz_2 + h\left(1+\frac{Y^2}{h^2}\right)d\omega_2 - \frac{(X-b)Y}{h}\,d\varphi_2 + (X-b)\,dk_2]$$

b : باز دستگاهی

dy_{A1} : تأثیر روی نقطه A توسط پروژکتور سمت چپ

dy_{A2} : تأثیر حرکت پروژکتور سمت راست روی نقطه A

Py : پارالاکس y (تأثیر دوران ها و حرکت های انتقالی)

دو معادله اساسی فتوگرامتری که در بالا به دست آمد هر دو در فتوگرامتری مورد استفاده قرار می گیرد. کاربرد رابطه dY در حذف پارالاکس y و کاربرد رابطه dx در بدست آوردن میزان جابجایی نقاط مدلی در جهت x یا به عبارت دیگر در به دست آوردن میزان تغییر ارتفاع مدلی نقاط می باشد.

تأثیر نقاط مدلی با اعمال حرکات انتقالی و دورانی بر روی شکل :

اشکال در صفحه 13 قرار دارند)

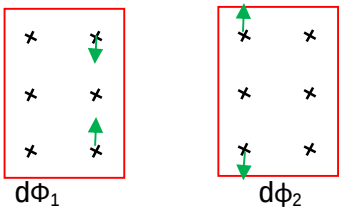
تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

بدین ترتیب تا کنون دیدیم که برای حذف پارالاکس y مدلی می توانیم مجموعاً از 10 المان حرکتی انتقالی و دورانی استفاده کنیم یعنی برای این که بخواهیم دستگاهی با هدف تبدیل عکس به نقشه درست کنیم باید 10 پیچ برای حرکت و دوران دو پروژکتور تعبیه کنیم.

حال در مرحله بعدی می خواهیم ببینیم آیا می توانیم تعداد این پیچ ها را کمتر کنیم یا به عبارت دیگر آیا می توانیم در انجام توجیه نسبی از همه پیچ ها استفاده نکنیم و فقط از یکسری پیچ های مشخص استفاده کنیم.

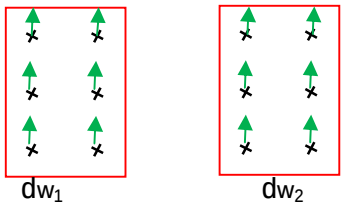
با این هدف در ادامه به تأثیر هر یک از این پیچ ها روی نقاط مدلی (6 نقطه استاندارد) پرداخته و سعی خواهیم کرد پیچ هایی که دارای اثر مشابه روی نقاط مدلی می باشند را حذف کنیم **یا بعبارت دیگر** تعداد پیچ ها را از 10 پیچ به تعداد کمتری تبدیل کنیم.

بررسی تأثیر پیچ ها یا دوران های $d\phi_1$ و $d\phi_2$ روی نقاط مدلی در جهت y :



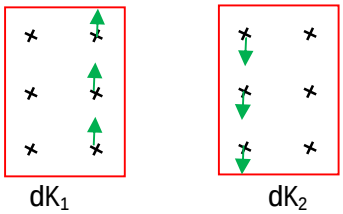
§ همان گونه که از شکل مشخص است تأثیر ایم دوران ها بر روی نقاط مدلی یکسان نبوده و **نمی توانیم** یکی از آن ها را حذف کنیم، و به هر دو آنها نیاز داریم.

تأثیر پیچ ها یا دوران های d_{w1} و d_{w2} روی نقاط مدلی در جهت y :



§ همان گونه که از شکل مشخص است تأثیر این دوران ها روی نقاط مدلی یکسان می باشد که می توانیم یکی را حذف کرده و از دیگری استفاده کنیم. بدین ترتیب تا به اینجا تعداد پیچ های مورد نیاز به سه عدد می رسد.

تأثیر پیچ ها یا دوران های dk_1 وdk_2 روی نقاط مدلی در جهت y :

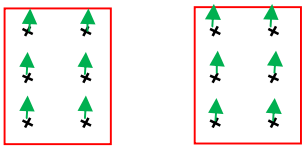


تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

§ همان گونه که مشاهده می شود تأثیر dk_1 و dk_2 یکی نبوده و نمی توانیم یکی ار آن ها را حذف کنیم .

بدین ترتیب تا بدین جا تعداد پیچ های مورد نیاز به 5 عدد می رسد. (البته تا به حال فقط المان های دورانی را در نظر گرفته ایم.)

تأثیر پیچ ها یا حرکت های انتقالی dby_1 و dby_2 روی نقاط مدلی در جهت y :

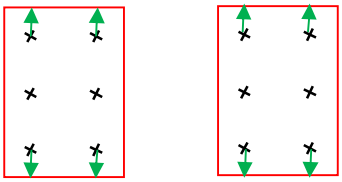


dby_1

§ همان گونه که مشاهده می شود تأثیر dby_1 و dby_2 روی نقاط مدلی یکی بوده و می توانیم یکی از آن ها را حذف کنیم .

بدین ترتیب تعداد پیچ های مورد نیاز به 6 پیچ $d\phi_1$ و $d\phi_2$ و dk_1 و dk_2 و dby و d_{w9} می رسد.

تأثیر پیچ ها یا حرکت های انتقالی dbz_1 و dbz_2 روی نقاط مدلی در جهت y :



dbz_1 dbz_2

§ همان گونه که مشاهده می شود تأثیر dbz_1 و dbz_2 روی نقاط مدلی یکی بوده و می توانیم یکی از آن ها را حذف کنیم

v از قبل می دانستیم که حرکت انتقالی در جهت x (dbx_1وdbx_2) هیچ تأثیری در حذف پارالاکس y ندارد یعنی ما تمام المان های دورانی و انتقالی را در نظر گرفته ایم که در نهایت به این نتیجه رسیده ایم که تعداد پیچ های مورد نیاز برابر هفت عدد پیچ برای حذف پارالاکس y می باشد.

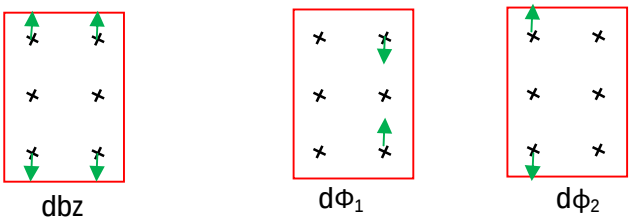
پیچ های مورد نیاز :

$$d\varphi_1, d\varphi_2 \; , \; \frac{d\omega_1}{d\omega_2} \; , dk_1, dk_2, \frac{dby_1}{dby_2} \; , \; dbz_1$$

در ادامه می خواهیم ببینیم آیا باز هم می توان تعداد پیچ های مورد نیاز را کمتر کرد یا خیر . برای این هدف نگاه می کنیم ببینیم آیا تأثیر همه پیچ ها مستقل از یکدیگر هستند یا اینکه می توانیم پیچ هایی را پیدا کنیم که تأثیرشان وابسته باشد **یعنی** اثر آن ها را بتوان با ترکیب پیچ های دیگر اعمال کرد. به این ترتیب داریم :

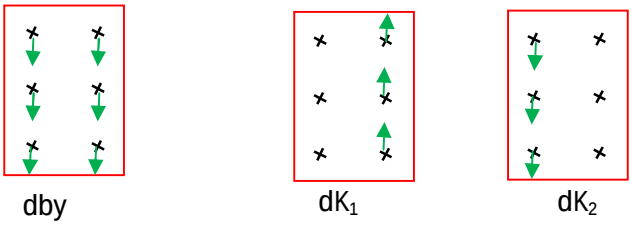
GEOMATIC LEARNING
تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

dbz را با ترکیب $d\phi_1$ و $d\phi_2$ در نظر می گیریم :



در نتیجه dbz را حذف و از $d\phi_1$ و $d\phi_2$ استفاده می کنیم.

dby را با ترکیب dk_1 و dk_2 در نظر می گیریم :



به جای dby از dk_1 و dk_2 استفاده می کنیم.

همان گونه که از اشکال کشیده شده در بالا مشخص است می توان تأثیر حرکت انتقالی در جهت Z (dbz) را با ترکیب دو حرکت دورانی $d\phi_1$ و $d\phi_2$ بر روی نقاط مدلی اعمال کرد. پس در حقیقت می توانیم پیچ dbz را نیز از مجموعه پیچ های مورد نیاز حذف کنیم **از طرف دیگر** تأثیر dby نیز می تواند با ترکیب پیچ های dk_1 و dk_2 روی نقاط مدلی اعمال گردد **یعنی** پیچ dby را نیز می توانیم از مجموعه پیچ ها حذف کنیم که به این ترتیب تنها پنج پیچ دورانی $d\varphi_1, d\varphi_2$, $\frac{d\omega_1}{d\omega_2}$, dk_1, dk_2 برای انجام توجیه نسبی کافی می باشد.

پیچ های مورد نیاز برای توجیه نسبی <u>دو طرفه</u> : $d\varphi_1, d\varphi_2, d\omega_1, dk_1, dk_2$

پیچ های مورد نیاز برای توجیه نسبی <u>یکطرفه سمت چپ</u> : $dby_1, dbz_1, d\omega_1, d\varphi_1, dk_1$

پیچ های مورد نیاز برای توجیه نسبی <u>یکطرفه سمت راست</u> : $dby_2, dbz_2, d\omega_2, d\varphi_2, dk_2$

حال که با تأثیر پیچ های انتقالی و دورانی روی نقاط مدلی و هم چنین تعداد پیچ های مورد نیاز آشنا شده ایم می توانیم توجیه نسبی مدل را انجام دهیم . برای این کار اگر بتوانیم پارالاکس y موجود در 6 نقطه استاندارد مدلی را حذف بکنیم می توانیم ادعا کنیم که برای کل مدل پارالاکس y حذف شده *یا بعبارت دیگر* **توجیه نسبی** انجام شده است. برای این کار می توانیم برای هر نقطه از یک پیچ استفاده کنیم **ولی** نکته ای که باید در نظر بگیریم این است که زمانی که مثلاً پارالاکس **نقطه** 1 را حذف کرده ایم و سپس می خواهیم پارالاکس **نقطه** 2 را

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

حذف کنیم ، پیچی که در **نقطه** 2 فقط باید پارالاکس این نقطه را حذف کند و ***نباید*** تأثیری در **نقطه**1 داشته باشد *یا به عبارت دیگر* حذف پارالاکس **نقطه**2 نباید منجر به بوجود آمدن پارالاکس در **نقطه**1 گردد.

با این هدف در ادامه نگاه می کنیم ببینیم چه پیچ هایی می توانند باعث حرکت هر یک از این 6 نقطه در جهت ***y*** روی مدل گردد.

توجیه نسبی دو طرفه :

پیچ های مؤثر در حذف پارالاکس ***y*** **نقطه**1 : $d\omega_1 , dk_2$

پیچ های مؤثر در حذف پارالاکس ***y*** **نقطه**2 : $d\omega_1 , dk_1$

پیچ های مؤثر در حذف پارالاکس ***y*** **نقطه**3 : $d\omega_1 , d\varphi_2 , dk_2$

پیچ های مؤثر در حذف پارالاکس ***y*** **نقطه**4 : $d\omega_1 , d\varphi_1 , dk_1$

پیچ های مؤثر در حذف پارالاکس ***y*** **نقطه**5 : $d\omega_1 , d\varphi_2 , dk_2$

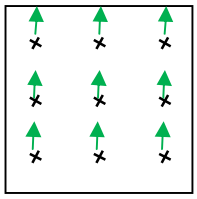
بدین ترتیب می توانیم پارالاکس **نقطه** 1 را با استفاده از پیچ dk_2 (**پیچ دوران حول محور** Z **پروژکتور سمت راست**) ؛ برای **نقطه** 2 با استفاده از dk_1 (**پیچ دوران حول محور** Z **پروژکتور سمت چپ**) ؛ حذف بکنیم حال در **نقطه**3 اگر از پیچ dk_2 استفاده کنیم باعث ایجاد پارالاکس در **نقطه** 1 خواهد شد، بدین ترتیب امکان استفاده از این پیچ در این نقطه **نمی باشد** و برای حذف پارالاکس در این نقطه باید از پیچ $d\phi_2$ (**پیچ دوران حول محور*y* پروژکتور سمت راست**) استفاده کنیم . در مورد **نقطه**4 نیز از پیچ $d\phi_1$ استفاده می کنیم و اما در **نقطه**5 استفاده از پیچ های $d\phi_2$ **و** dk_2 امکان پذیر **نمی باشد** و استفاده از پیچ $d\omega_1$ نیز باعث به وجود آمدن پارالاکس در نقاط قبلی خواهد گردید *ولی به ناچار* در این نقطه (نقطه5) از پیچ $d\omega_1$ استفاده می کنیم و در ادامه با تکرار این مراحل برای نقاط قبلی پارالاکس را در تمام نقاط حذف می کنیم. با دو یا سه بار تکرار مقدار پارالاکس y به حداقل خواهد رسید. این پیچ ها پیچ هایی است که در دستگاه های فتوگرامتری آنالوگ برای انجام توجیه نسبی مورد استفاده قرار می گیرد.

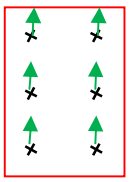
تا کنون روابط مربوط به میزان جابه جایی نقاط در مدل سه بعدی را بررسی کرده ایم ولی در مورد این که آیا مقادیر dX و dY برای نقاط با اعمال دوران ها به صورت مثلثاتی یا ساعتگرد تأثیری در مقادیر dX و dY دارند صحبت نشده است. با یک بررسی ساده می توانیم بفهمیم که در صورتی که دوران های $d\omega , d\varphi , dk$ و حرکت های dby و dbz **در جهت مثبت** (یعنی دوران در جهت مثلثاتی و انتقالی در جهت مثبت محورها) باشد، روابط اساسی در مورد میزان تغییر نقاط مدلی به صورت زیر خواهد شد :

GEOMATIC LEARNING

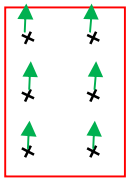
تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

$$P\begin{pmatrix} X \\ Y \mp db_y \end{pmatrix}$$



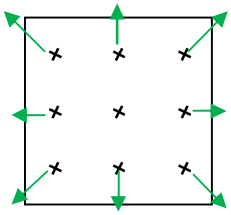


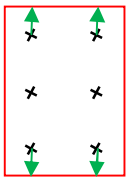
dby$_1$



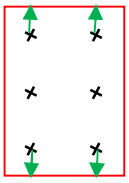
dby$_2$

$$\begin{pmatrix} X \pm \frac{x}{f} db_z \\ Y \pm \frac{y}{f} db_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X \pm \frac{x}{h} db_z \\ Y \pm \frac{y}{h} db_z \end{pmatrix}$$



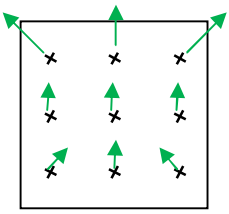


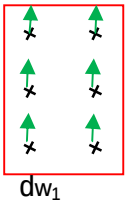
dbz$_1$



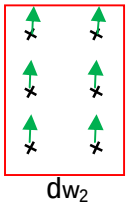
dbz$_2$

$$P\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} \xrightarrow{d\omega} \begin{pmatrix} X \pm \frac{X.Y}{h} d\omega \\ Y \pm h\left(1 + \frac{Y^2}{h^2}\right) d\omega \end{pmatrix}$$



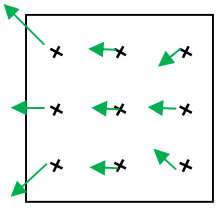


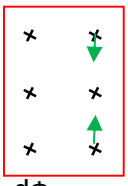
dw$_1$



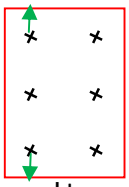
dw$_2$

$$P\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} \xrightarrow{d\varphi} \begin{pmatrix} X \pm h\left(1 + \frac{X^2}{h^2}\right) d\varphi \\ Y \pm \frac{X.Y}{h} d\varphi \end{pmatrix}$$



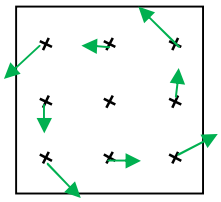


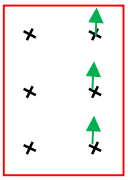
dΦ$_1$



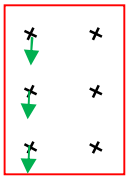
dϕ$_2$

$$P\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} \xrightarrow{dk} \begin{pmatrix} X - Y\,dk \\ Y + X\,dk \end{pmatrix}$$





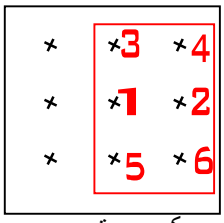
dK$_1$



dK$_2$

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

در ادامه می خواهیم ببینیم اگر بخواهیم از روش **توجیه نسبی یکطرفه با استفاده از المان های پروژکتور سمت چپ** انجام دهیم نیاز به اعمال چه دوران ها یا انتقال هایی در 6 نقطه اصلی مدل خواهیم داشت :



عکس سمت چپ

نقطه 1 : $d\omega_1, dby_1$

نقطه 2 : $d\omega_1, dby_1, dk_1$

نقطه 3 : $d\omega_1, dby_1, dbz_1$

نقطه 4 : $d\omega_1, dby_1, dbz_1, d\varphi_1, dk_1$

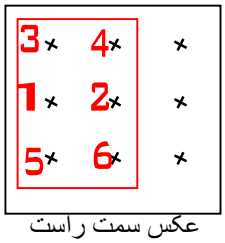
نقطه 5 : $d\omega_1, dby_1, dbz_1$

v ترتیب اعمال دوران ها نیز به همین ترتیب نقاط انجام می پذیرد.

همان گونه که مشاهده می شود برای انجام توجیه نسبی با استفاده از المان های دورانی برای پروژکتور سمت چپ و المان های انتقالی می توانیم برای نقطه 1 از dby_1 ؛ برای نقطه 2 از dk_1 ؛ برای نقطه3 از dbz_1 ؛ برای نقطه 4 از $d\varphi_1$ و برای نقطه 5 از $d\omega_1$ استفاده کنیم.

لازم به ذکر است که اعمال این دوران ها و انتقال ها باید به ترتیب صورت گیردو همچنین چون مقدار $d\omega_1$ در سایر نقاط نیز تأثیر دارد حتماً باید همانند روش توجیه نسبی دو طرفه چندبار این مراحل تکرار گردد.

توجیه نسبی یکطرفه با استفاده از المان های پروژکتور سمت راست :



عکس سمت راست

نقطه 1 : $d\omega_2, dby_2, dk_2$

نقطه 2 : $d\omega_2, dby_2$

نقطه 3 : $d\omega_2, dby_2, dk_2, dbz_2, d\varphi_2$

نقطه 4 : $d\omega_2, dby_2, dbz_2$

نقطه 5 : $d\omega_2, dby_2, dbz_2, d\varphi_2, dk_2$

همان گونه که مشاهده می شود برای نقطه1 در توجیه نسبی یکطرفه با استفاده از پروژکتور سمت راست می توانیم از dk_2 ؛ برای نقطه 2 از dby_2 ؛ برای نقطه 3 از $d\varphi_2$ ؛ در نقطه 4 از dbz_2 و برای نقطه 5 از $d\omega_2$ استفاده می کنیم .

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

- **نکته ای که در اینجا وجود دارد این است که اگر بخواهیم دوران ها یا انتقالات را مثل حالت های قبلی به ترتیب از نقطه 1 شروع کرده و به نقطه 5 برسیم در نقطه 2 با اعمال انتقال dby_2 روی نقطه 1 که قبلاً پارالاکس y حذف شده است دوباره پارالاکس به وجود خواهد آمد زیرا** dby_2 روی نقطه1 در جهت y تأثیر دارد، به همین ترتیب اگر برای نقطه 4 از dbz_2 استفاده کنیم روی نقطه 3 که قبلاً پارالاکس را حذف کرده ایم به دلیل اینکه dbz_2 روی آن مؤثر است پارالاکس به وجود خواهد آمد پس در ترتیب اعمال پیچ ها باید مقداری تغییر داده شود. اگر ترتیب پیچ ها را به صورت **اول** نقطه 2 سپس نقطه 1 سپس نقطه 4 بعد نقطه 3 و در نهایت روی نقطه 5 اعمال بکنیم در این حالت مشکل قبلی حذف شده و در نهایت با چند بار تکرار مراحل توجیه نسبی مدل انجام خواهد شد.

توجیه نسبی عددی

رابطه اساسی فتوگرامتری در مورد توجیه نسبی دو طرفه :

$$Py = Py_1 - Py_2 = \left(h\left(1+\frac{Y^2}{h^2}\right)d\omega_1 - \frac{XY}{h}d\varphi_1 + X\,dk_1\right) - \left(-\frac{(X-b)Y}{h}d\varphi_2 + (X-b)dk_2\right)$$

$$\Rightarrow Py = h\left(1+\frac{Y^2}{h^2}\right)d\omega_1 - \frac{XY}{h}d\varphi_1 + X\,dk_1 + \frac{(X-b)Y}{h}d\varphi_2 - (X-b)\,dk_2$$

رابطه نوشته شده در حقیقت مشخص می کند که اگر مقدار المان های دورانی به اندازه مشخص معلوم باشد یا اعمال شود نقاط مختلف مدلی چقدر در جهت y حرکت خواهند کرد. بدین ترتیب **در توجیه نسبی عددی** ما به دنبال این هستیم که یکسری مقادیر $d\varphi_1, d\varphi_2, d\omega_1, dk_1, dk_2$ را طوری به دست آوریم که اگر این مقادیر را به دستگاه فتوگرامتریا پروژکتورها اعمال بکنیم **به صورت یک دفعه کل مدل توجیه نسبی گردد**. برای این کار اگر معادله بالا را به صورت ماتریسی بنویسیم خواهیم داشت :

$$\begin{pmatrix} Py_1 \\ Py_2 \\ Py_3 \\ Py_4 \\ Py_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h\left(1+\frac{Y_1^2}{h^2}\right) & -\frac{X_1Y_1}{h} & X_1 & \frac{(X_1-b)Y_1}{h} & -(X_1-b) \\ h\left(1+\frac{Y_2^2}{h^2}\right) & -\frac{X_2Y_2}{h} & X_2 & \frac{(X_2-b)Y_2}{h} & -(X_{2(\ )}-b) \\ & & \cdots\cdots & & \\ & & \cdots\cdots & & \\ & & \cdots\cdots & & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d\omega_1 \\ d\varphi_1 \\ dk_1 \\ d\varphi_2 \\ dk_2 \end{pmatrix}$$

با توجه به ماتریس نوشته شده در بالا می توانیم ماتریس A و ماتریس L را به صورت معلوم تشکیل دهیم، که فقط مجهولات ما در رابطه ماتریسی بالا بردار X گردد. برای تشکیل ماتریس A نیاز به دانستن موقعیت هر یک از 5 نقطه اصلی در مدل می باشد. هم چنین نیاز به معلوم بودن مقدار باز دستگاهی b و مقدار h (فاصله صفحه میز تا مرکز پروژکتور) می باشد.

تمامی این پارامترها با استفاده از یکسری خط کش ها قابل اندازه گیری است. در مورد ماتریس L نیز می توانیم بدین صورت عمل کنیم که :

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

اگر دستگاه دارای پیچ dby باشد با استفاده از این پیچ برای هر نقطه می توانیم مقدار پارالاکس را حذف کنیم و این مقدار را تحت عنوان Py آن نقطه مورد استفاده قرار دهیم. در حقیقت این مقدارPy مقدار جا به جایی در جهت Y برای آن نقطه می باشد تا مقدار پارالاکس برای آن نقطه در جهت Y حذف گردد.

اگر دستگاه پیچ dby نداشته باشد در این حالت می توانیم از پیچ $d\omega$ استفاده کرده و مقدار پارالاکس هر نقطه را حذف کنیم تا مقدار $d\omega$ برای آن نقطه به دست آید. با توجه به این که رابطه پارالاکس Y و $d\omega$ نیز برای ما معلوم می باشد می $Py = h\left(1+\frac{y^2}{h^2}\right)d\omega$ توانیم مقدار پارالاکس y برای هر نقطه را محاسبه و در ماتریس L استفاده کنیم.

اگر مشاهدات برای 6 نقطه اصلی انجام شود در این حالت یک معادله اضافه تر ار تعداد مورد نیاز خواهیم داشت که در این حالت از **روش سرشکنی کمترین مربعات** استفاده کرده و پارامترهای مجهول را دقیق تر به دست خواهیم آورد.

واضح است که برای توجیه نسبی یکطرفه نیز می توانیم توجیه نسبی عددی را انجام دهیم **تنها تفاوت آن** در نوع رابطه مورد استفاده خواهد بود.

*** رابطه اساسی فتوگرامتری در مورد توجیه نسبی یکطرفه با استفاده از پروژکتور سمت چپ :**

$$\begin{pmatrix} Py_1 \\ Py_2 \\ Py_3 \\ Py_4 \\ Py_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{Y_1}{h} & h\left(1+\frac{Y_1^2}{h^2}\right) & -\frac{X_1 . Y_1}{h} & X_1 \\ 1 & \frac{Y_2}{h} & h\left(1+\frac{Y_2^2}{h^2}\right) & -\frac{X_2 . Y_2}{h} & X_2 \\ & & \dots\dots\dots\dots\dots & & \\ & & \dots\dots\dots\dots\dots & & \\ & & \dots\dots\dots\dots\dots & & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathrm{dby}_1 \\ \mathrm{dbz}_1 \\ \mathrm{d\omega}_1 \\ d\varphi_1 \\ dk_1 \end{pmatrix}$$

*** رابطه اساسی فتوگرامتری در مورد توجیه نسبی یکطرفه با استفاده از پروژکتور سمت راست :**

$$\begin{pmatrix} Py_1 \\ Py_2 \\ Py_3 \\ Py_4 \\ Py_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & -\frac{Y_1}{h} & -h\left(1+\frac{Y_1^2}{h^2}\right) & -\frac{(X_1-b).Y_1}{h} & -(X_1-b) \\ -1 & -\frac{Y_2}{h} & -h\left(1+\frac{Y_2^2}{h^2}\right) & -\frac{(X_2-b).Y_2}{h} & -(X_2-b) \\ & & \dots\dots\dots\dots\dots & & \\ & & \dots\dots\dots\dots\dots & & \\ & & \dots\dots\dots\dots\dots & & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathrm{dby}_2 \\ \mathrm{dbz}_2 \\ \mathrm{d\omega}_2 \\ d\varphi_2 \\ dk_2 \end{pmatrix}$$

پس بدین ترتیب همان گونه که دیده شد ما می توانیم توجیه نسبی در مورد دستگاه های فتوگرامتری آنالوگ را با استفاده از دو روش **توجیه نسبی مکانیکی یا دستی و توجیه نسبی عددی** انجام دهیم . در ادامه مقداری توضیح در مورد توجیه نسبی در دستگاه های فتوگرامتری رقومی (مانند پارادایز و فتومد) داده می شود و سپس به مبحث توجیه مطلق خواهیم رسید.

GEOMATIC LEARNING
تهیه کننده : محمد هادی عقیلی hadi.aghili@gmail.com

توجیه نسبی رقومی :

این کار در نرم افزارها به دو صورت روابط شرط هم خطی و روابط شرط هم صفحه ای انجام می شود.

در توجیه نسبی رقومی هدف این است که عکس ها را طوری دوران دهیم تا امتداد و تقاطع شعاع ها بر روی یک نقطه یکدیگر را قطع کنند.

روابط شرط هم خطی :

$$r = \lambda M R$$

r : بردار موقعیت نقطه روی عکس نسبت به مرکز تصویر

$$r = \begin{pmatrix} X_a \\ Y_a \\ -f \end{pmatrix} \qquad R = \begin{pmatrix} X_A - X_0 \\ Y_A - Y_0 \\ Z_A - Z_0 \end{pmatrix}$$

λ : ضریب مقیاس

M : ماتریس دوران

R : بردار موقعیت زمینی نقطه نسبت به موقعیت مرکز تصویر

$$M = M_\omega M_\varphi M_k$$

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\omega & \sin\omega \\ 0 & -\sin\omega & \cos\omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\varphi & 0 & -\sin\varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\varphi & 0 & \cos\varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos k & \sin k & 0 \\ -\sin k & \cos k & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \Longrightarrow$$

$$M = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix}$$

در نتیجه :

$$\begin{pmatrix} X_a \\ Y_a \\ -f \end{pmatrix} = \lambda \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_A - X_0 \\ Y_A - Y_0 \\ Z_A - Z_0 \end{pmatrix} \Longrightarrow \begin{cases} 1)\ X_a = \lambda m_1 X \\ 2)\ Y_a = \lambda m_2 X \\ 3)\ -f = \lambda m_3 X \Longrightarrow \lambda = \dfrac{-f}{m_3 X} \end{cases}$$

معادلات شرط هم خطی

$$\begin{cases} X_a = -f\dfrac{M_1 X}{M_3 X} \\ Y_a = -f\dfrac{M_2 X}{M_3 X} \end{cases}$$ Type equation here.

توجیه نسبی رقومی می تواند با استفاده از روابط شرط هم خطی یا روابط شرط هم صفحه ای انجام شود ولی به دلیل **دقت بالای شرط هم** خطی معمولاً در نرم افزارهای رقومی فتوگرامتری از این روابط برای انجام توجیه نسبی یا توجیه خارجی استفاده می شود.

اگر هدف توجیه خارجی باشد در حقیقت ما می خواهیم وضعیت عکس ها را دقیقاً به همان وضعیت لحظه تصویربرداری تبدیل کنیم یعنی موقعیت مراکز تصویر (X_0,Y_0, Z_0) برای هرعکس را می خواهیم به دست آوریم و هم چنین مقادیر دوران های هر یک از عکس ها

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

در لحظه تصویربرداری (ω, φ, K) را می خواهیم به دست آوریم.

همان گونه که در بالا دیده شد معادلات شرط هم خطی در حقیقت معادلاتی هستند که **بیان کننده رابطه بین موقعیت مرکز تصویر ، موقعیت زمینی و عکسی نقاط ، فاصله کانونی و پارامترهای دورانی می** باشد. این روابط در حقیقت بیان می کند که نقطه زمینی A متناظر نقطه زمینی در عکس a و مرکز تصویر O باید برای هر نقطه در **یک راستا** باشند.

با توجه به روابط برای هر نقطه کنترل زمینی با مختصات زمینی و عکس معلوم می توانیم دو معادله شرط هم خطی بنویسیم **پس** اگر حداقل سه نقطه کنترل داشته باشیم می توانیم شش مجهول X_0,Y_0, Z_0, K,ϕ,w را با استفاده از 6 معادله و 6 مجهول به دست آوریم.

به همین علت نیز می باشد که زمانی که در نرم افزار پارادایز در مرحله Prepration سه نقطه کنترل به نرم افزار معرفی می کنیم توجیه خارجی انجام شده و مقادیر خطاها در کنار هر نقطه نوشته می شود ولی مقدار خطا برابر صفر می باشد **یعنی** معادلات شرط هم خطی در این حالت به نقاط کنترل Fit شده اند. با معرفی بیشتر نقاط کنترل توجیه خارجی دقیق تر محاسبه شده (البته اگر نقطه ، نقطه درستی باشد) و مقادیر خطا برای هر نقطه نوشته می شود. در این حالت تعداد معادلات بیشتر ار تعداد مجهولات بوده و از روش سرشکنی کمترین مربعات برای انجام توجیه خارجی استفاده شده است.

بدین ترتیب تا به حال یک دستگاه فتوگرامتری درست کرده ایم یا قادر به درست کردن می باشیم که می تواند در مرحله اول یا به عبارت دیگر دو توجیه اول از توجیهات فتوگرامتری (توجیه داخلی و توجیه نسبی) را برای ما انجام دهد. تنها توجیهی که برای به اتمام رساندن توجیهات نیاز داریم **توجیه مطلق** می باشد. پس از انجام توجیه نسبی ما در حقیقت **مختصات تک تک نقاط مشترک در دو عکس** را در سیستم مختصات سه بعدی اختیاری مدلی به دست آورده ایم و **فقط** نیاز داریم که مختصات سه بعدی اختیاری را به مختصات سه بعدی زمینی تبدیل کنیم ؛ که این کار تحت **مرحله توجیه مطلق** صورت می پذیرد.

توجیه مطلق (Absolute Orientation)

توجیه مطلق مکانیکی (آنالوگ)

توجیه مطلق در دستگاه های مکانیکی در طی مراحل زیر انجام می شود:

1- انتقال سیستم مختصات مدلی به زمینی
2- سه پارامتر انتقالی (X_0,Y_0, Z_0)
3- سه پارامتر دورانی Φو Ω و K (Ω : دوران حول محور X' ، Φ : دوران حول محور Y' ، K : دوران حول محور Z')
4- پارامتر مقیاس (λ)

خروجی توجیه نسبی برای ما یک مدل سه بعدی از زمین در یک سیستم مختصات اختیاری مدلی می باشد و هیچ رابطه ای با مختصات زمینی نقط ندارد ؛ با توجه به این که **هدف ما در فتوگرامتری تهیه نقشه از عکس ها** می باشد نیاز داریم که برای هر نقطه مدلی

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

مختصات زمینی آن را محاسبه کنیم **یعنی در حقیقت سیستم مختصات سه بعدی مدلی را به سیستم مختصات سه بعدی زمینی تبدیل کنیم** .

دو سیستم مختصات سه بعدی می توانند دارای سه پارامتر انتقالی X_0,Y_0, Z_0 **ناشی از** اختلاف مبدأ دو سیستم مختصات ؛ سه پارامتر دورانی Φو Ω و K و یک پارامتر مقیاس λ **ناشی از** اختلاف مقیاس دو سیستم مختصات داشته باشند. **بنابراین** ما برای این که بتوانیم مختصات نقاط را از یک سیستم به سیستم دیگر انتقال دهیم نیاز داریم تا این هفت پارامتر مجهول را به دست آوریم .

با توجه به این که توجیه مطلق به صورت مکانیکی یا به صورت رقومی انجام می شود ؛ روش انجام آن متفاوت خواهد بود. در ادامه در مورد توجیه مطلق مکانیکی صحبت می کنیم .

توجیه مطلق به دو صورت انجام می شود :

1- به صورت یک جا هفت پارامتر بدست می آید. (روش M_7 - در دستگاه های رقومی)

2- با استفاده از یک روش دو مرحله ای پارامترهای مجهول را محاسبه می کنیم (در دستگاه های فتوگرامتری رقومی و مکانیکی) . به این روش M_{43} می گوییم. در مرحله اول در این روش پارامترهای مسطحاتی (X_0,Y_0و K و λ) محاسبه می شوند که به این روش Scaling یا مقیاس گذاری می گویند. در مرحله بعد پارامترهای ارتفاعی (Z_0 و Φو Ω) محاسبه می شوند که به این مرحله Leveling یا ترازگذاری می گوییم.

نقاط کنترل زمینی (GCP – Ground Control Point) : نقاطی که دارای مختصات زمینی مشخص و موقعیت عکسی معلوم روی هر دو عکس می باشد (که می توان مختصات مدلی این نقاط را از روی مختصات عکسی و توجیه داخلی و توجیه نسبی به دست آورد) نقاط کنترل زمینی نامیده می شوند و برای انجام توجیه مطلق مورد استفاده قرار می گیرند.

نقاط کنترل به سه دسته تقسیم می شوند :

1- نقاط کنترل مسطحاتی : فقط X,Y زمینی نقطه مشخص است. (Δ)

2- نقاط کنترل ارتفاعی : چنانچه نقطه ای فقط Z زمینی آن معلوم باشد. (o)

3- نقاط کنترل سه بعدی : X,Y,Z زمینی این نقاط مشخص می باشد. ( )

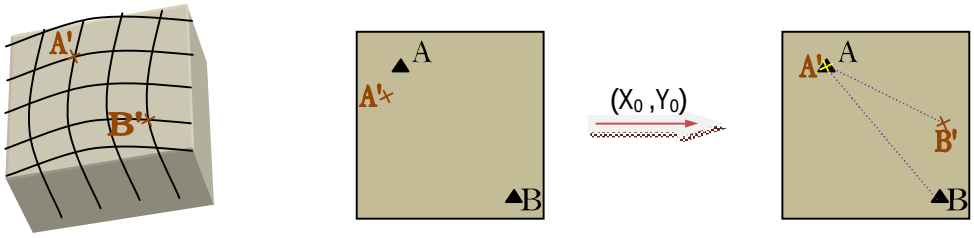
مقیاس گذاری (Scaling)

در مرحله Scaling ما نیاز داریم که چهار پارامتر مجهول مسطحاتی دو سیستم مختصات را حل کنیم. برای این کار اگر **دو نقطه کنترل زمینی مسطحاتی** داشته باشیم ؛ می توانیم این پارامترهای مجهول را به راحتی حل کنیم.

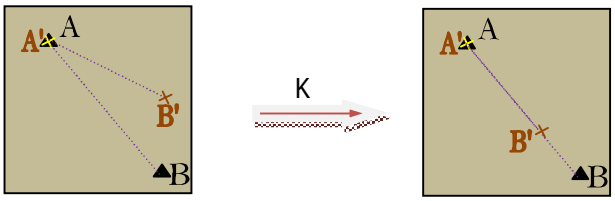
GEOMATIC LEARNING
تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

بدین ترتیب که ابتدا این نقاط کنترل را روی صفحه نقشه با مقیاس مشخص پیاده می کنیم و **هدف** ما در این مرحله این خواهد بود که اگر روی هر کدام از این نقاط کنترل روی صفحه مدل قرار بگیریم باید مداد ترسیمی نیز که روی صفحه نقشه برای ترسیم مورد استفاده قرار می گیرد روی نقاط متناظر کنترل روی صفحه نقشه باشد.

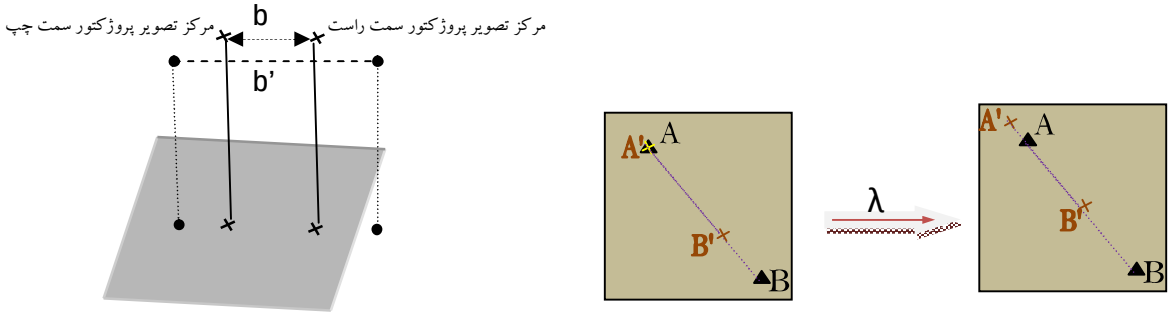
در ابتدا زمانی که نقطه شناور را روی نقطه کنترل A در مدل سه بعدی قرار می دهیم صفحه نقشه را نیز طوری حرکت می دهیم که مداد ترسیم دقیقاً روی نقطه A قرار گیرد یعنی در حقیقت دو پارامتر مجهول X_0,Y_0 را حل می کنیم . مانند شکل زیر :



با انجام این کار علیرغم این که زمانی که نقطه شناور دستگاه فتوگرامتری روی نقطه مدلی A' قرار می گیرد، مداد روی صفحه ترسیم روی نقطه A قرار می گیرد **ولی** زمانی که نقطه شناور روی مدل روی نقطه B' قرار می گیرد مداد ترسیم روی صفحه نقشه روی نقطه B قرار نخواهد گرفت یعنی ما نیاز داریم یکسری کارهای دیگر را نیز انجام دهیم. **در مرحله بعدی** ما باید صفحه نقشه را حول نقطه A به صورتی دوران دهیم که امتداد A'B' روی امتداد AB قرار گیرد یعنی **پارامتر مجهول کاپا (K) را به دست آورده و به صفحه نقشه اعمال کنیم.**



مرحله بعدی کار تغییر مقیاس سیستم مدلی به صورتی خواهد بود که نقط A' و B' دقیقاً روی نقاط A و B صفحه نقشه قرار گیرند. این تغییر مقیاس را می توانیم **با تغییر باز دستگاهی** (فاصله بین مراکز تصویر دو پروژکتور سمت چپ و راست) به صورت شکلی که در زیر دیده می شود انجام دهیم.

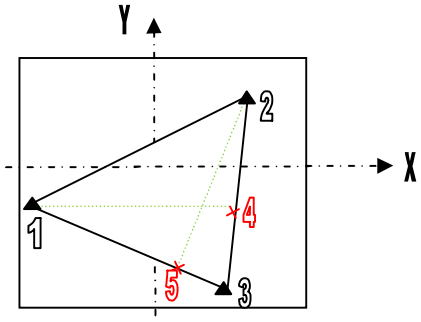


تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

همان گونه که از شکل مشخص است تغییر باز دستگاهی باعث تغییر فاصله دو نقطه A' و B' روی صفحه نقشه در راستای AB خواهد گردید و همان گونه که مشاهده می شود نقطه A' نیز از نقطه A جدا خواهد شد . با قرار دادن مجدد نقطه A' روی نقطه A و امتداد A'B' روی امتداد AB می توان فهمید که چه مقدار مجدداً باید باز دستگاهی را تغییر دهیم تا به ایده ال ترین حالت برسیم. این کار می تواند از طریق یک تناسب بندی ساده صورت پذیرد.

تراز گذاری (Leveling) :

در این مرحله به سه نقطه کنترل ارتفاعی نیاز داریم که برای هر یک از این نقاط می توانیم ارتفاع مدلی و زمینی را داشته باشیم.



در این مرحله ما نیاز داریم تا مقادیر دوران مورد نیاز حول محور X مدلی (Ω) ، مقدار دوران مورد نیاز حول محور Y مدلی (Φ) و مقدار Z_0 را به دست آوریم.

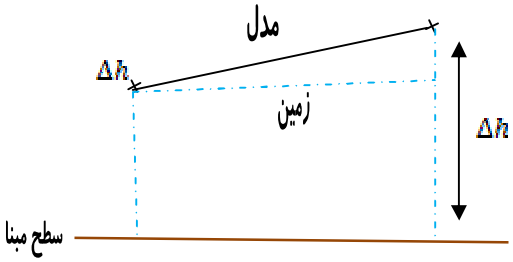
برای این کار **حداقل** نیاز به سه نقطه کنترل زمینی ارتفاعی داریم . برای محاسبه کردن مقدار Ω نیاز داریم تا **مقدار اختلاف مدلی و زمینی دو نقطه ای که در راستای محور Y قرار گرفته اند** را داشته باشیم (یعنی نقاط 2 و 5 در شکل بالا)؛ و برای به دست آوردن مقدار Φ نیاز داریم تا **اختلاف ارتفاع مدلی و زمینی دو نقطه ای که در راستای محور X قرار گرفته اند** را داشته باشیم (نقاط 1 و 4 در شکل بالا). با توجه به این که اختلاف ارتفاع مدلی و زمینی برای سه نقطه کنترل 1 و 2 و 3 **معلوم می باشد** می توانیم اختلاف ارتفاع مدلی و زمینی نقاط 4,5 را با یک تناسب بندی ساده با استفاده از روابط زیر به دست آوریم :

محاسبه اختلاف ارتفاع مدلی و زمینی نقطه 4

$$\frac{l_{24}}{l_{23}} = \frac{\Delta h_4 - \Delta h_2}{\Delta h_3 - \Delta h_2} \Rightarrow \Delta h_4 = \Delta h_2 + \frac{l_{24}}{l_{23}}(\Delta h_3 - \Delta h_2)$$

محاسبه اختلاف ارتفاع مدلی و زمینی نقطه 5

$$\frac{l_{15}}{l_{13}} = \frac{\Delta h_5 - \Delta h_1}{\Delta h_3 - \Delta h_1} \Rightarrow \Delta h_5 = \Delta h_1 + \frac{l_{15}}{l_{13}}(\Delta h_3 - \Delta h_1)$$



$$\tan\Omega = \frac{\Delta h_5 - \Delta h_2}{l_{25}}$$

$$\tan\Phi = \frac{\Delta h_4 - \Delta h_1}{l_{14}}$$

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

برای به دست آوردن Ω می توانیم با توجه به مقدار اختلاف ارتفاع مدلی و زمینی دو نقطه 2 و 5 و فاصله بین این دو نقطه مقدار Ω را محاسبه کنیم. برای به دست آوردن Φ نیز با معلوم بودن اختلاف ارتفاع مدلی و زمینی دو نقطه 1 و 4 و فاصله بین این دو نقطه می توانیم مقدار Φ را به دست آوریم. **یعنی** در حقیقت اگر مقدار اختلاف ارتفاع مدلی و زمینی برای نقاط 2 و 5 یکسان می بود مقدار Ω برابر **صفر** می شد یعنی نیاز به هیچ دورانی حول محور X نداشتیم.

اگر مقدار اختلاف ارتفاع مدلی و زمینی برای نقاط 1 و 4 نیز که به موازات محور X می باشند برابر صفر می بود مقدار Φ یا دوران مورد نیاز حول محور Y صفر می گردید.

برای اعمال مقدار Z_0 نقطه شناور ابتدا روی یکی از نقاط کنترل مثلاً نقطه 1 قرار می گیرد و سپس اختلاف ارتفاع زمینی و مدلی برای این نقطه به دستگاه فتوگرامتری اعمال می شود. سپس Ω و Φ اعمال شده و توجیه مطلق انجام می شود. ولی چون با انجام مرحله Leveling مرحله Scaling یک مقداری به هم می خورد این کارهای Scaling و Leveling پس از دو یا سه بار تکرار منجر به انجام کامل توجیه مطلق و تبدیل مختصات سه بعدی مدلی به مختصات سه بعدی زمینی می گردد.

توجیه مطلق رقومی (M_7):

از روابط کانفورمال سه بعدی (شرط هم خطی) برای انجام این روش استفاده می شود.

$$\begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{pmatrix} = \lambda M_{k\phi\Omega} \begin{pmatrix} X_{A'} - X_0 \\ Y_{A'} - Y_0 \\ Z_{A'} - Z_0 \end{pmatrix}$$

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

فصل دوم

دستگاه های فتوگرامتری

به دستگاه های فتوگرامتری دستگاه تبدیل نیز می گویند چون عکس را به نقشه تبدیل می کند.

هر دستگاه فتوگرامتری باید شامل سه قسمت باشد :

1- سیستم تصویر

2- سیستم اندازه گیری و ترسیم

3- سیستم مشاهده

سیستم تصویر : نحوه برقراری ارتباط بین عکس و مدل سه بعدی (نحوه تصویر عکس به مدل سه بعدی را سیستم تصویر می گویند.)

انواع سیستم تصویر :

1. **نورانی** (دستگاه فتوگرامتری نوری) مانند دستگاه های Balplex و Multiplex
2. **نوری مکانیکی** (دستگاه فتوگرامتری نوری مکانیکی) مانند : Stereograph
3. **مکانیکی** (دستگاه فتوگرامتری مکانیکی) مانند : B8
4. **تحلیلی** (دستگاه های فتوگرامتری تحلیلی) مانند : Comparator
5. **رقومی** (دستگاه فتوگرامتری رقومی) مانند : Paradeyes, Photomod , virtuzo

دستگاه فتوگرامتری تحلیلی و رقومی هر دو از معادلات ریاضی استفاده می کنند و لی تفاوت ان ها در این است که در دستگاه های فتوگرامتری رقومی همه اجزا کاملاً رقومی است و حتی عکس ها نیز اسکن شده و وارد کامپیوتر شده اند ؛ ولی در دستگاه

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

فتوگرامتری تحلیلی اندازه گیری عکسی روی عکس های آنالوگ انجام می شود ولی توجیه نسبی و مطلق آن به صورت نرم افزاری صورت می پذیرد.

سیستم اندازه گیری و ترسیم :

روش های مختلفی برای انجام این مرحله وجود دارد :

1) قرائت از طریق سه خط کش مدرج عمود بر هم
2) انتقال حرکت های خطی به دوران و قرائت از روی طبلک های دورانی
3) ثبت اتوماتیک توسط وسایل الکترونیکی (قرائت توسط En-Coder ها)

- برای ترسیم نیاز به نقطه شناور (Floating Point) داریم تا بتوانیم موقعیت دقیق را به دست آوریم.

سیستم مشاهده :

هدف : مشاهده سه بعدی مدل

سیستم مشاهده دارای حالت های مختلفی می باشد :

1- استفاده از عدسی های دو چشمی یا باینا‌کولار (Binacular)

2- مشاهده مستقیم (پس از توجیه دستگاه و تشکیل مدل با مشاهده مستقیم از طریق عینک های مخصوص صورت می پذیرد)

روش های برقراری دید سه بعدی :

1- **آناگلیف** (روش استفاده از فیلترهای رنگی): در این روش یک تصویر به رنگ قرمز و یک تصویر به رنگ آبی نشان داده می شود و از عینکی استفاده می کنیم که یک تلق قرمز رنگ و یک تلق آبی رنگ داشته باشد.

2- **پلاریزه** : نمایش دو تصویر با پلاریزاسیون های مختلف و متناظراً استفاده از عینک های پلاریزه جهت دید هر عکس فقط توسط یکی از چشم ها.

3- **استفاده از اختلاف زمانی برای نمایش عکس** : در یک لحظه بسیار کوتاه فقط یک تصویر نشان داده می شود و در لحظه کوتاه بعدی تصویر دیگر نشان داده می شود و متناظراً از عینک هایی استفاده می شود که فقط در هر لحظه یک چشم باز باشد.

4- **استفاده از عدسی های دو چشمی** (Hood): به این روش اصطلاحاً روش Split Screen می گویند.

بررسی انواع دستگاه های فتوگرامتری :

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

دستگاه های تبدیل نوری :

- **سیستم تصویر** : نوری

سیستم مشاهده : الف- آناگلیف ، پلاریزه ، اختلاف زمانی (مدل قابل رویت توسط هر شخصی که از عینک استفاده می کند) مانند Multiplex و Balplex

ب- عدسی دوچشمی (دید سه بعدی مدل توسط یک نفر) مانند : Stereograph (شامل انواع C_1 تا C_8)

در دستگاه های Multiplex می توان آرایه ای از پروژکتورها را داشت و همه مدل ها را توجیه نسبی کرده و یک مدل سه بعدی از یک نوار پرواز را به صورت یک جا سه بعدی دید. البته توجیه نسبی مورد استفاده برای مدل دوم به بعد باید از نوع توجیه نسبی یک طرفه باشد.

دستگاه های نوری –مکانیکی :

- **سیستم تصویر** : نوری مکانیکی
- **سیستم مشاهده** : بسته به نوع دستگاه هر کدام از چهار مورد می تواند باشد.
- **نمونه ای از این دستگاه ها** : Thempson watts , Nistri photo Stereograph , Poiriller Stereograph

دستگاه های مکانیکی :

- **سیستم تصویر** : مکانیکی
- **سیستم مشاهده** : معمولاً روش دید دوچشمی

این دستگاه ها انواع مختلفی دارند :

- Santoni Stereo Cartograph (دو نوع V و IV)
- دستگاه های شرکت Wild Instruments شامل : Autograph A7 ، Autograph A9 ، Autograph A10، B8S

در دستگاه های A7 این قابلیت فراهم شده است که یکی از پروژکتورها در راستای باز دوربین به مقدار قابل توجهی قابل حرکت باشد، این قابلیت را اصطلاحاً **متوازی الاضلاع زایس** می گویند. از کاربردهای متوازی الاضلاع زایس می توان به **امکان تهیه نقشه با مقیاس های بالاتر و هم چنین قابلیت استفاده از تصاویر به صورت پوشش داخلی و پوشش خارجی اشاره کرد.**

از دیگر دستگاه های فتوگرامتری مکانیکی می توانیم به دستگاه های زیر نیز اشاره کنیم :

Kern (PG-2 , PG-3) و زایس (Plani Mat , Plani Cart , Plani Top)

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

دستگاه های تحلیلی :

- **سیستم تصویر** : معادلات ریاضی
- **سیستم مشاهده** : با توجه به کامپیوتر هر یک از چهار حالت را می توان به کار برد.

دستگاه های فتوگرامتری تحلیلی به دو دسته تقسیم می شوند :

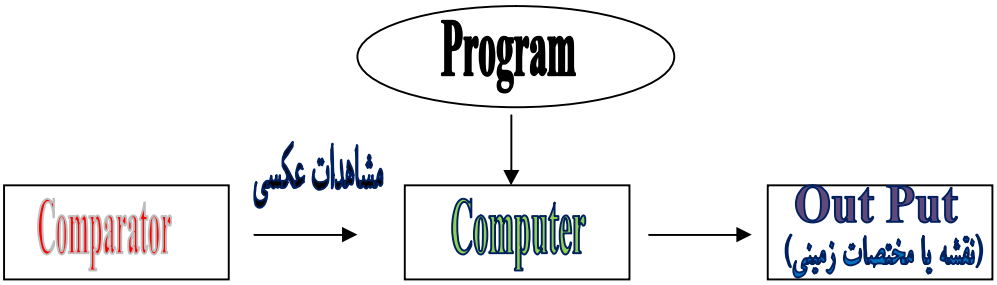
1- کامپاراتورها (Comparator) : که خود به دو دسته **مونوکامپاراتورها** (Mono Comparator) و **استرئو کامپاراتورها** (Stereo Comparator) تقسیم می شوند.

2- **دستگاه های تبدیلی تحلیلی** : که این نوع دستگاه ها نیز به دو دسته تقسیم می شوند :

الف – I.C.P (Image Coordinate Primary) : که بر اساس مختصات تصویر کار می کند.

ب – O.C.P (Object Coordinate Primary) : که بر اساس مختصات شیئی کار می کند.

در دستگاه های فتوگرامتری تحلیلی (Analytical Instruments) ارتباط عکس و مدل به وسیله معادلات ریاضی بر قرار شده و در این دستگاه ها **فقط اندازه گیری های عکسی** به صورت **آنالوگ** انجام می شود و بقیه مراحل توجیهات داخل کامپیوتر و به صورت نرم افزاری می باشد. مسلّماً دقت این دستگاه ها از دستگاه های قبلی به مراتب بالاتر است.



ارتباط بین کامپیوتر و کامپاراتور می تواند به صورت On Line یا به صورت Off Line باشد. در ارتباط On Line ارتباط از نوع مستقیم بوده و اطلاعاتی که توسط کامپاراتور اندازه گیری می شود مستقیماً وارد کامپیوتر می شود. در حالت Off Line ارتباط از نوع غیر مستقیم بوده و اطلاعاتی که توسط کامپاراتور اندازه گیری می شود ابتدا مثلاً روی دیسکت ذخیره شده و سپس به کامپیوتر منتقل می گردد.

مونو کامپاراتور :

دستگاه هایی هستند که مختصات یک نقطه از عکس را اندازه گیری می کنند و چون در این دستگاه ها فقط با یک عکس سر و کار داریم در نتیجه نمی توانیم دید سه بعدی داشته باشیم . این دستگاه دارای دو Encoder می باشد که برای اندازه گیری مختصات نقاط روی عکس یکی در جهت X و دیگری در جهت Y مورد استفاده قرار می گیرد.

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

* در این دستگاه ها سیستم اندازه گیری و سیستم مشاهده داخل دستگاه بوده ولی سیستم تصویر در داخل کامپیوتر طراحی شده است.

نمونه ای از این دستگاه ها ، دستگاه Kern mk می باشد.

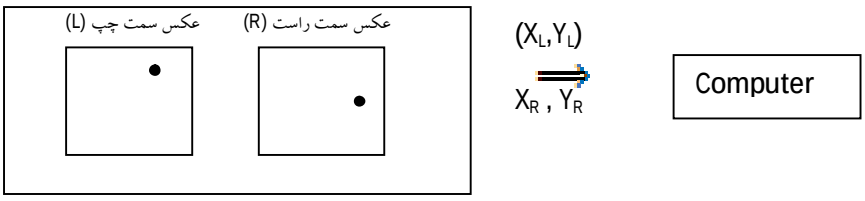
استرئو کامپاراتورها

در این دستگاه ها می توان دو عکس قرار داده و مشاهدات مختصات عکسی یک نقطه را روی دو عکس مجاور مشاهده کرد. با توجه به این که مشاهدات دو عکس به صورت هم زمان می تواند صورت پذیرد؛ مشخصاً شما می توانید دید سه بعدی از تصاویر را نیز برقرار سازید. این دستگاه نیز دارای دو encoder برای اندازه گیری مختصات عکسی می باشد. این دستگاه شبیه استریوسکوپ می باشد با این تفاوت که در استریوسکوپ پس از برجسته بینی و چسباندن عکس ها ما برای دیدن سایر نقاط مدل استریوسکوپ (سیستم مشاهده) را حرکت می دادیم **ولی** در این روش برای سه بعدی دیدن سایر نقاط مدل عکس ها را با استفاده از صفحه زیر عکس ها و تغییر آن انجام می دهیم.

مختصات مورد نظر در این روش مختصات نقاط پس از برجسته بینی می باشد.

در مورد این دستگاه ها ما باید برای هر نقطه مدل را سه بعدی کرده و سپس مختصات نقاط را قرائت کنیم ، که این کار مستلزم صرف زمان زیادی خواهد بود. در این صورت این دستگاه ها تنها برای یافتن مختصات چند نقطه مفید خواهد بود. **برای حل این مشکل** ما می توانیم پارالاکس نقاط را به وسیله کامپیوتر محاسبه کرده و به مدل اعمال کنیم، که در این صورت حذف پارالاکس به صورت خودکار بوده و می توان با سرعت بسیار بالانقشه را تهیه کرد.

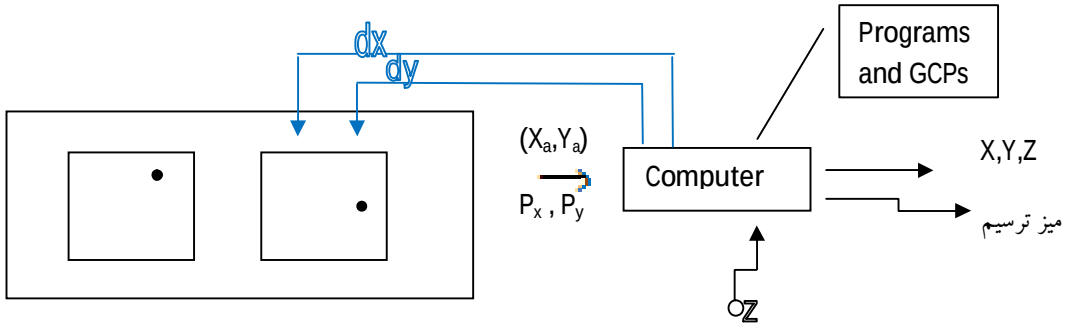
دستگاه های جدیدی با در نظر گرفتن این مطلب وارد بازار شدند که از مهمترین آن ها می توانیم به دستگاه های فتوگرامتری تحلیلی I.C.P و O.C.P اشاره کنیم که در ادامه به بررسی این دستگاه ها پرداخته خواهد شد.



دستگاه های تحلیلی I.C.P

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

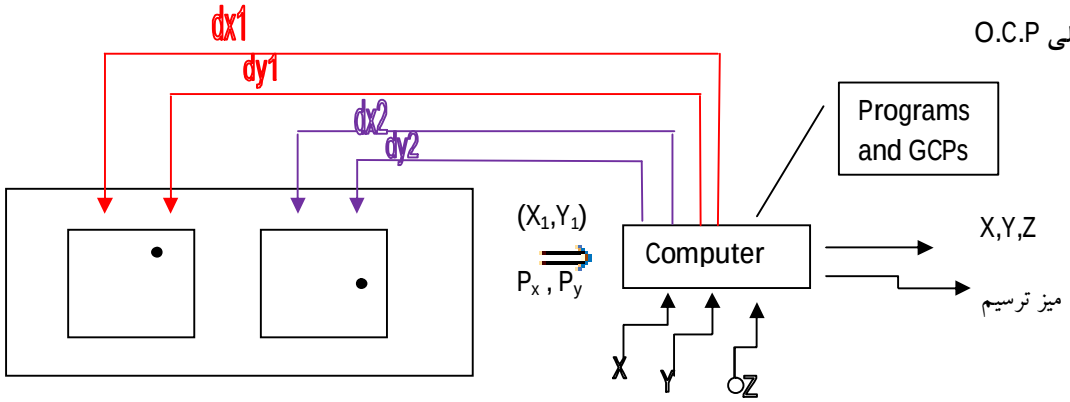
در این دستگاه ها ابتدا اطلاعات عکسی یکسری نقاط بر روی عکس سمت چپ وارد کامپیوتر شده و همچنین مختصات زمینی (مدلی) مؤلفه Z یک نقطه نیز وارد کامپیوتر می گردد. با استفاده از این ورودی ها مختصات یکسری از نقاط کنترل (GCP) و یکسری برنامه های نوشته شده برای انجام توجیه نسبی یا توجیه خارجی موقعیت متناظر هر نقطه عکسی عکس سمت چپ روی عکس سمت راست می تواند محاسبه شود؛ مختصات عکسی اندازه گیری مربوط به آن نقطه نیز می تواند از طریق کامپاراتور قرائت گردد. کامپیوتر در این حالت می تواند مقدار اختلاف dX و dY یا به عبارت دیگر مقدار پارالاکس Y و پارالاکس X را محاسبه کرده و این مقادیر را به صورت اتوماتیک از طریق دستگاه هایی به نام **سرور موتورها** (Server motor) به عکس سمت راست اعمال کند یا در حقیقت به نوعی به صورت نرم افزاری توجیه نسبی یا خارجی (بسته به مختصات زمینی یا مدلی وارده) انجام شده و مقدار پارالاکس هر نقطه محاسبه می گردد ، در این صورت نیازی به توجیه کردن و حذف پارالاکس هر نقطه به صورت دستی **نخواهد بود** .



دستگاه های تحلیلی O.C.P

در این دستگاه ها ما موقعیت یک نقطه را روی عکس سمت چپ اندازه گیری می کنیم و ارتفاع یک نقطه نیز به صورت دلخواه وارد کامپیوتر می گردد. سپس با استفاده از برنامه های نوشته شده موقعیت متناظر نقطه روی عکس سمت راست محاسبه می گردد و مقدار اختلاف موقعیت حال حاضر نقطه با موقعیتی که باید نقطه داشته باشد تا پارالاکس حذف شودبه دست می آید. با اعمال این مقدار اختلاف به عکس سمت راست دو عکس به صورت اتوماتیک طوری توجیه می گردد که برای این نقطه پارالاکس حذف شده و نقطه به صورت کامل سه بعدی دیده شود . چون مختصات عکسی نقطه در این حالت مورد استفاده قرار می گیرد به این روش I.C.P (Image Coordinate Primary) می گویند.

دستگاه های تحلیلی O.C.P



تهیه کننده : محمد هادی عقیلی hadi.aghili@gmail.com

در این دستگاه ها در هر لحظه اطلاعات X,Y,Z مدلی یا زمینی یک نقطه دلخواه وارد کامپیوتر می گردد و چون توجیه نسبی یا خارجی با استفاده از معادلات شرط هم خطی و یکسری نقاط کنترل انجام شده است ، مختصات عکسی دقیق هر نقطه برای این که ما نقطه را به صورت سه بعدی ببینیم و پارالاکس حذف شده باشد محاسبه می گردد. اختلاف موقعیت محاسبه شده و موقعیت حال حاضر هر یک از نقاط تحت مقادیر dX_1 و dY_1 برای عکس سمت چپ و dX_2 و dY_2 برای عکس سمت راست مطرح شده و به هر یک از عکس ها به صورت اتوماتیک اعمال می گردد که منجر به حذف پارالاکس برای این نقطه خواهد گردید.

در این روش چون نقش اصلی را مختصات مدلی نقطه بازی می کند و مختصات عکسی عکس سمت چپ نقطه هیچ نقشی **ندارد** روش مربوطه و دستگاه های مربوطه را دستگاه های O.C.P (Object Coordinate Primary) می گویند.

دستگاه های رقومی (Digital Plotter) :

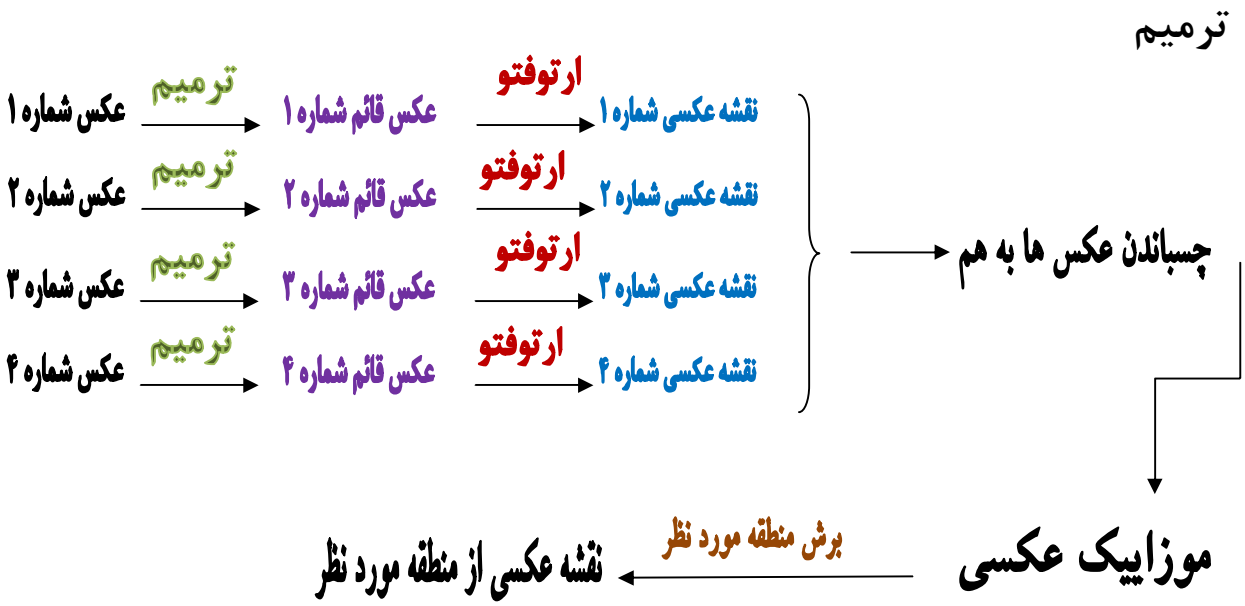
- **سیستم تصویر** : معادلات ریاضی
- **سیستم مشاهده** : عدسی دوچشمی مانند Paradeyes ، آناگلیف – پلاریزه – اختلاف زمانی مانند Photomod

دستگاه های فتوگرامتری رقومی دستگاه هایی هستند که همه مراحل توجیهات و اندازه گیری ها به صورت نرم افزاری در داخل کامپیوتر صورت می گیرد. در این دستگاه ها عکس های هوایی اسکن شده و به عنوان ورودی مورد استفاده قرار می گیرد سپس با انجام مشاهدات نقاط فیدوشل مارک و معلوم بودن مختصات کالیبراسیون آن ها توجیه داخلی به یکی از روش های کانفورمال ، افاین و یا پروژکتیو انجام می شود. در ادامه یکسری نقاط کنترل به نرم افزار وارد شده و مشاهدات عکسی آن ها انجام می شود که برای توجیه خارجی با استفاده از معادلات شرط هم خطی مورد استفاده قرار می گیرد و سپس نقشه زمینی (پلانیمتری یا توپوگرافی) به صورت کاملاً نرم افزاری با دید سه بعدی ترسیم می گردد. هم چنین می توان روی تصاویر عملیات ترمیم و ارتوفتو را انجام داده و با استفاده از عملیات موزاییک ، نقشه عکسی یا موزاییک عکسی تهیه کرد.

همان گونه که می دانیم می توان به جای انجام توجیه خارجی از توجیه نسبی و توجیه مطلق استفاده کنیم .

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

فصل سوم



موزاییک عکسی به دو صورت **کنترل شده و کنترل نشده** وجود دارد.

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

اگر عملیات ترمیم و ارتوفتو روی تصاویر انجام شده و نقشه های عکسی از آن ها تهیه شود و این نقشه های عکسی به هم چسبانده شود موزاییک عکسی را **موزاییک عکسی کنترل شده** می گویند. ولی اگر تصاویر را به همان صورتی که اخذ شده اند (عکس های تیلت دار) به هم بچسبانیم در این صورت موزاییک عکسی حاصله را **موزاییک عکسی کنترل نشده** می گویند.

ترمیم (Rectification) : تصحیح جابه جایی ناشی از تیلت روی تصاویر را ترمیم می گویند.

ترمیم هنگامی که تغییرات ارتفاعی زمینی زیاد نباشد مورد استفاده قرار می گیرد. اگر تغییرات ارتفاعی زمینی زیاد باشد در این حالت ارتفاعات باعث به وجود آمدن یکسری جابه جایی ها در تصویر خواهند گردید که حذف اثر این جابه جایی های ناشی از ارتفاعات روی تصویر ترمیم شده را ارتوفتو (Orthophoto) می گویند.

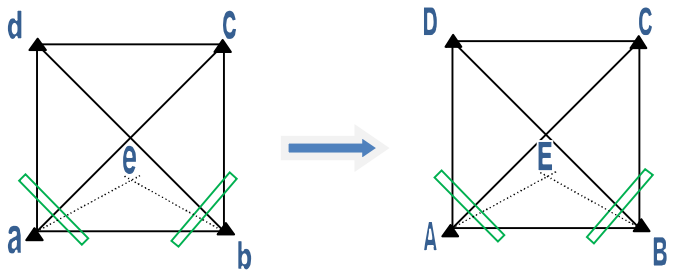
روش های ترمیم عکس :

1- **روش ترسیمی** 2-**روش نوری مکانیکی** 3- **روش تحلیلی** 4- **روش رقومی**

روش ترسیمی (ترمیم ترسیمی یا گرافیکی CR – Cross Ratio):

برای انجام ترمیم ترسیمی با توجه به این که مقدار CR در عکس تیلت دار و در عکس قائم یکسان می باشد، شما می توانید به صورت ساده با استفاده از 4 نقطه کنترل و برقراری یک تناسب، موقعیت دقیق هر نقطه از تصویر تیلت دار را روی عکس قائم به دست آورید.

ابتدا موقعیت نقاط کنترل روی عکس تیلت دار و عکس قائم (نقشه قائم) مشخص شده و سپس امتدادهای نقاط کنترل روی یک تکه کاغذ با عرض کم برای دو نقطه کنترل مشخص می گردد ، هم چنین امتداد هریک از این دو نقطه کنترل با نقطه ی مورد نظری که باید ترمیم شود روی کاغذ مشخص می شود سپس این اندازه گیری ها یا این علامت گذاری ها به نقشه ی قائم منتقل می گردد به صورتی که برای همان نقاط کنترل نوار کاغذی طوری قرار می گیرد که امتدادهای علامت گذاری شده دقیقاً روی متناظر آن ها قرار گیرد و در نهایت دو امتداد نقطه کنترل و نقطه ی مورد نظر همدیگر را در یک نقطه قطع می کند که این نقطه موقعیت دقیق نقطه روی نقشه قائم می باشد . این کار برای هر نقطه ای که بخواهیم موقعیت آن را روی نقشه قائم به دست آوریم باید انجام پذیرد ، که این یکی از معایب این روش بوده و مستلزم انجام کار بسیار زیاد می باشد. به همین دلیل یکسری دستگاه ها برای انجام ترمیم طراحی و ساخته شدند که در ادامه به بررسی آن ها می پردازیم.

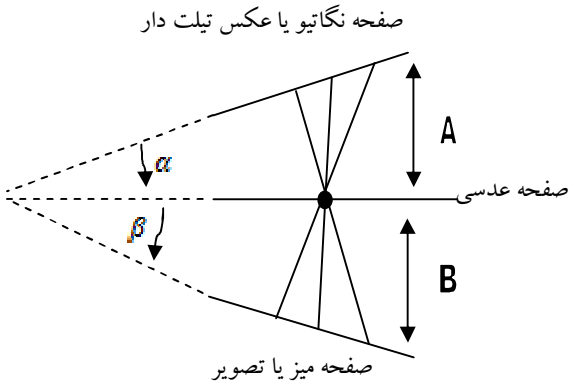


تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

ترمیم نوری مکانیکی

برای ساخت چنین دستگاهی باید شرایط زیر را داشته باشیم :

شرط های شیمپ فلاک :



1- **قانون عدسی ها در مورد دستگاه نوری مکانیکی باید صادق باشد .**

A : فاصله جسم تا عدسی

B : فاصله تصویر تا عدسی

F : فاصله کانونی دستگاه

$$\frac{1}{A}+\frac{1}{B}=\frac{1}{F}$$

۲- **صفحه میز ، عدسی و عکس همدیگر را در یک نقطه قطع کنند.**

$$B = F.\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin\alpha\cos\beta} \qquad A = F.\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\cos\alpha\sin\beta}$$

انواع دستگاه های نوری مکانیکی :

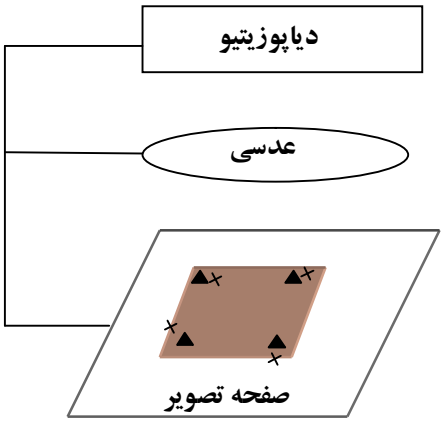
الف – غیر اتوماتیک **ب – اتوماتیک**

در دستگاه های ترمیم نوری مکانیکی غیر اتوماتیک ما باید تمامی المان های A و B و دیاپوزیتیوها را به صورت دستی در داخل دستگاه ایجاد کنیم ولی در دستگاه های اتوماتیک قانون یا شرط عدسی ها به صورت اتوماتیک توسط یکسری دستگاه هایی به نام Inversor که نمونه هایی از آن ها CAM، Peaucellier می باشند صورت می پذیرد.

نحوه به دست آوردن نقشه عکسی توسط دستگاه های ترمیم اتوماتیک نوری مکانیکی :

GEOMATIC LEARNING
تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

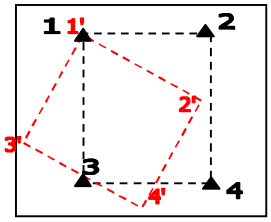
در این دستگاه ها نیز برای انجام ترمیم نیاز به 4 نقطه کنترل داریم . در این دستگاه ها کاری که باید انجام دهیم این است که باید متناظر نقاط کنترل روی تصاویر که روی صفحه نقشه به صورت نقاط 1’ , 2’ , 3’ , 4’ مشخص شده اند را دقیقاً روی موقعیت نقاط کنترل روی صفحه نقشه (نقط 1 ,2 , 3 , 4) بیندازیم. این کار را با تغییر دادن دیاپوزیتیو و یا تغییر صفحه نقشه می توانیم انجام دهیم .



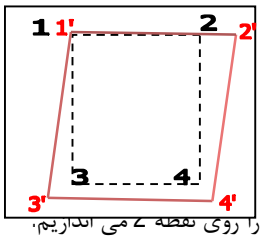
: نقاط 1’ ,2’ , 3’ , 4’

▲ : نقاط کنترل

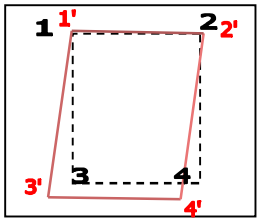
در مرحله اول با تغییر دادن شیت نقشه قائم مختصات نقطه 1 حاصل از تصویر 1’ و نقطه 1 روی شیت نقشه را یکی می کنیم.



مرحله دوم : با تغییر دادن شیت مختصات نقطه 2 حاصل از تصویر 2’ را روی امتداد 12 می اندازیم .



مرحله سوم : با حرکت دادن دیاپوزیتیو در جهت Z مقیاس را تغییر داده و نقطه 2’ را روی نقطه 2 می اندازیم.



مرحله چهارم : با دوران میز حول X وY نقاط 3 و4 را نیز روی هم می اندازیم.

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

پس از انجام مرحله چهارم نقاط 1 و 2 نیز مقداری ممکن است جابه جا گردد که با تکرار مراحل ذکر شده این 4 نقطه دقیقاً روی هم قرار خواهند گرفت . پس از انجام این کارها در حقیقت صفحه دیاپوزیتیو ، صفحه عدسی و صفحه میز حاوی نقشه طوری نسبت به هم قرار می گیرند که موقعیت دقیق هر نقطه ای از عکس تیلت دار روی صفحه نقشه می تواند به دست آید. اگر یک منبع نور از بالای دیاپوزیتیو ها به دیاپوزیتیو بتابد و پس از عبور از عدسی روی صفحه فیلم متمرکز شد ؛ می توانیم با قرار دادن یک صفحه حساس به نور بر روی صفحه میز عکس قائم را به صورت اتوماتیک با استفاده از این دستگاه های ترمیم مکانیکی نوری اتوماتیک به دست آوریم .

ترمیم تحلیلی :

برای انجام ترمیم تحلیلی از روابط پراجکتیو (Projective) استفاده می شود :

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x & y & 1 & 0 & 0 & 0 & -xX & -yX \\ 0 & 0 & 0 & x & y & 1 & -xY & -yY \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ c_1 \\ c_2 \end{pmatrix}$$

ترمیم رقومی :

ترمیم رقومی شامل دو قسمت **تصحیح هندسی و تصحیح رادیومتریکی** می گردد . در ابتدا تصحیح هندسی بر روی تصویر غیر قائم انجام شده و سپس تصحیح رادیومتریکی انجام می شود.

هدف از تصحیح هندسی به دست آوردن رابطه بین مختصات هر نقطه روی عکس غیر قائم و مختصات متناظر آن روی عکس قائم می باشد. که این کار با استفاده از روابط پراژکتیو که در قسمت ترمیم تحلیلی مورد بررسی قرار گرفت، انجام می پذیرد. در حقیقت ما پس از انجام این مرحله یک صفحه نقشه داریم که آنرا به صورت عکسی تقسیم به یکسری پیکسل ها کرده ایم و می دانیم که موقعیت هر یک از این پیکسل ها روی عکس غیر قائم به چه صورتی می باشد. ولی هنوز عکس قائمی تهیه نکرده ایم یا به عبارت دیگر هیچ رنگی به این پیکسل ها اختصاص نداده ایم .

اختصاص رنگ به پیکسل های خالی عکس قائمی که تا کنون تشکیل داده ایم با استفاده از عکس غیر قائم شامل **تصحیح رادیومتریکی** می گردد و می تواند با استفاده روش های مختلفی چون : **نزدیک ترین همسایگی** (Nearest Neighbourhood) ، **بایلینیر** (bilinear) **یا روش بایکیوبیک** (bicubic) انجام پذیرد.

در روش نزدیک ترین همسایگی نقطه مورد نظر روی عکس قائم داخل هر پیکسلی که افتاد رنگ آن به عنوان رنگ زمینی نقطه مورد استفاده قرار می گیرد.

تهیه کننده : محمد هادی عقیلی
hadi.aghili@gmail.com

در روش های Bilinear و Bicubic برای اختصاص رنگ به پیکسل خالی زمینی از مقادیر مطلق پیکسل عکسی استفاده نمی شود بلکه یک میانگینی از آن ها به عنوان مقدار رنگ آن پیکسل زمینی در نظر گرفته می شود.

فصل چهارم

ارتوفتو (Orthophoto)

ارتوفتو : تصحیح ناشی از جابه جایی های ارتفاعات زمینی روی عکس ترمیم شده را ارتوفتو می گویند.

برای حذف اثر جابه جایی ناشی از ارتفاع حتماً نیازمند بازسازی مدل سه بعدی و استفاده از دو تصویر اخذ شده از منطقه می باشیم تا از تقاطع پرتوهای نوری پس از این که عکس ها را نسبت به هم توجیه کردیم ، موقعیت هر نقطه را روی نقشه عکسی به دست آوریم.

کاری که انجام می شود این است که صفحه میز معمولاً حساس به نور شده و هنگامی که پرتوهای نوری را از عکس ها به صفحه مدل تصویر می کنیم ، موقعیت این نقاط روی صفحه حساس به نور ثبت می گردد ؛ که به دین ترتیب عکسی تهیه می شود که عاری از خطاهای جابه جایی ناشی از تیلت و ارتفاعات می باشد و به جای نقشه عکسی می تواند مورد استفاده قرار گیرد.