

بسمه تعالی

تعیین خطاهای دستگاه زاویه یاب

برای استفاده بهینه از تئودولیت، خصوصاً در کارهای دقیق، لازمست که مهندسین نقشه بردار به تمام خطاهای اندازه گیری با تئودولیت آشنائی داشته و در صورت لزوم قادر به تعیین میزان این خطاها باشند. بطور کلی خطاهائی که در اندازه گیری زوایای افقی وجود دارد عبارتند از:

1. خطای دستگاهی تئودولیت (axial error)

2. خطای استقرار (centering error)

3. خطای تراز کروی (leveling error)

4. خطای نشانه روی (pointing error)

5. خطای قرائت (reading error)

6. خطای ناشی از عدم ثبات

7. خطای انکسار

خطاهای دستگاهی مانند عمود نبودن محور قراولروی و محور اصلی دستگاه بر محور چرخش تلسکوپ دوربین و یا خطای خارج از مرکزی لمب و همچنین خطای درجه بندی لمب، خطاهائی هستند که با استفاده از روشهای مشاهداتی خاص مثل قرائت کوپل یا قرائت لمب در درجات، مختلف حذف شده و یا کاهش می یابند.

از میان این خطاها، مورد 6 مربوط به پیچش سه پایه یا فرورفتن سه پایه در خاک می باشد و خطای انکسار نیز به سبب انکسار پرتو نوری که از تارگت به تلسکوپ می رسد بوجود می آید. از آنجائیکه دو خطای فوق در مقایسه با سایر خطاها از اهمیت کمتری برخوردارند در این مقوله به چهار خطای دیگر می پردازیم.

1) خطای قرائت کردن

خطای قرائت بستگی به کوچکترین تقسیمات لمب افقی تئودولیت دارد. چنانچه تئودولیت مورد استفاده دارای میکرومتر اپتیکی با تقسیمات نیم تا یک ثانیه باشد، خطای قرائت برای یک امتداد برابر با $\sigma_r = 2.5 d''$ و در صورتیکه تئودولیت مورد استفاده دارای میکرومتر اپتیکی با تقسیمات ده ثانیه تا یک دقیقه باشد، $\sigma_r = 0.3 d''$ میباشد که d کوچکترین واحد تقسیمات لمب افقی است.

این خطا، خطای استاندارد و یا اسمی زاویه یاب است. جهت تعیین مقدار واقعی خطا باید از روش زیر استفاده کرد:

روش عملی جهت تعیین خطای قرائت

دوربین را در نقطه ای مانند A مستقر نموده و آن را به دقت تراز می نماییم. سپس به نقطه ای مانند B در فاصله حدوداً 50 متری نشانه روی کرده و با طبلك مخصوص میکرو متررا تنظیم نموده و امتداد افقی AB را قرائت می نماییم. برای تعیین خطای قرائت، امتدادمزبور را حدوداً 20 بار مشاهده می کنیم. بطوریکه درابتدا به تارگت نشانه روی نموده، سپس بدون اینکه دوربین را هیچگونه حرکتی بدهیم طبلك را حرکت داده و شانه ها را به هم زده، مجدداً شانه ها تنظیم نموده و میکرومتر را قرائت می کنیم. انحراف معیار مشاهدات انجام شده برابر با خطای قرائت خواهد بود. البته بایستی از نرمال بودن مشاهدات و عدم وجود Outlier ها در مشاهدات اطمینان حاصل نمود.

$$\sigma_r^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad ; \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

n تعداد مشاهدات i شماره مربوط به هر مشاهده است.

2) خطای نشانه روی

خطای نشانه روی به عوامل مختلفی مانند برزگنمائی تلسکوپ و طرح علامت تارگت، تغییرات درجه حرارت محیط، خطای فوکوس نمودن و شرایط دید اپراتور بستگی دارد. برای تعیین این خطا نیز حدود 20 مرتبه مشاهده انجام می دهیم. به این ترتیب که هر بار با پیچ حرکت خفیف تلسکوپ را به مقدار جزئی از روی تارگت حرکت داده و مجدداً نشانه

روی می کنیم . سپس با چرخاندن طبق ، میکرومتر را تنظیم نموده و امتداد مربوطه را قرائت می نماییم. واریانس مشاهدات بیانگر هر دو خطای قرائت و نشانه روی می باشد . برای بدست آوردن خطای نشانه روی کافی است که خطای قرائت را از این واریانس کم کنیم.

$$\sigma_{rp}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad ; \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\sigma_p^2 = \sigma_{rp}^2 - \sigma_r^2$$

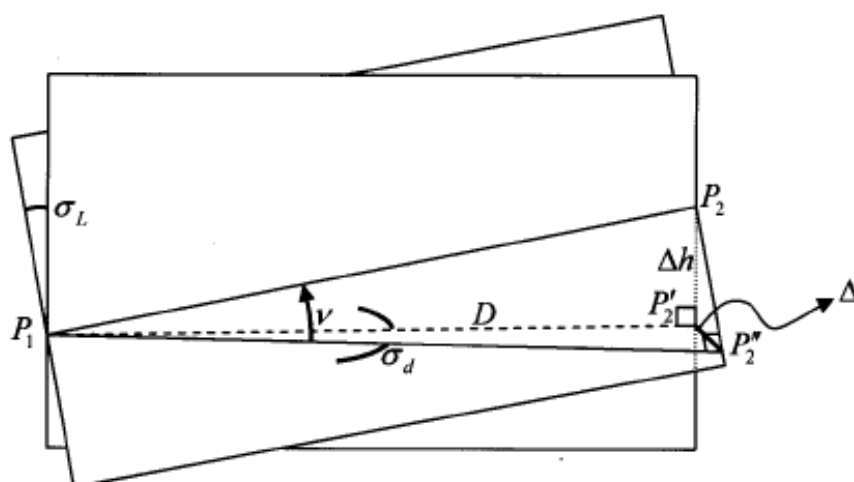
n تعداد قرائت ها و \bar{x} بیانگر شماره قرائت و σ_{rp}^2 خطای قرائت و نشانه روی ، σ_r^2 خطای قرائت و σ_p^2 خطای نشانه روی است.

3) خطای تراز نمودن

این خطا به دو عامل بستگی دارد ، یکی حساسیت حباب تراز که هر چه حساستر باشد دوربین دارای دقت بیشتری برای تراز کردن خواهد بود . عامل دیگر زاویه شیب خط قراولروی است که اگر زاویه شیب صفر باشد خطای تراز کردن صفر است .

روش عملی تعیین خطای تراز

برای تعیین خطای تراز حدود 20 مرتبه مشاهده انجام می دهیم . به این ترتیب که برای هر مشاهده با یکی از پیچهای تراز ، تراز دوربین را به هم زده و دوباره تراز می نماییم ، به تارگت نشانه رفته و پس از تنظیم پیچ میکرومتر امتداد افقی را قرائت می کنیم . واریانس مشاهدات بیانگر خطاهای قرائت ، نشانه روی و تراز می باشد . بنابراین برای بدست آوردن خطای تراز کافی است که مجموع مجذورات خطاهای قرائت و نشانه روی را از واریانس بدست آمده کم کنیم .



مطابق شکل داریم :

$$\Delta h = D \cdot \operatorname{tg} v \quad ; \quad \Delta = \Delta h \cdot \sigma_L$$

$$\sigma_d = \frac{\Delta}{D}$$

و

$$\sigma_d = \sigma_L \cdot \operatorname{tg} v$$

با جایگذاری :

$$\alpha = d_2 - d_1 \rightarrow \sigma_\alpha^2 = \sigma_{d_1}^2 + \sigma_{d_2}^2 = \sigma_L^2 \cdot (\operatorname{tg}^2 v_1 + \operatorname{tg}^2 v_2)$$

فرض بر این است که امتدادها مستقل از یکدیگرند . v_1, v_2 زوایای شیب مربوط به دو امتداد اندازه گیری شده برای تعیین زاویه هستند .

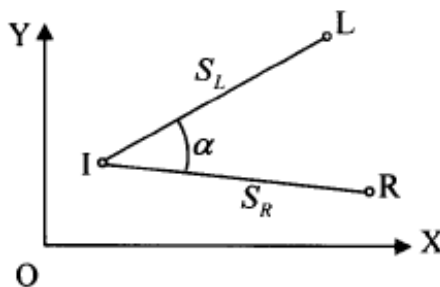
$$\sigma_{rpl}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad ; \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\sigma_l^2 = \sigma_{rpl}^2 - \sigma_r^2 - \sigma_p^2$$

4) خطای استقرار

خطای استقرار بستگی به نوع شاقول استفاده شده در دوربین دارد . همچنین این خطا متناسب با ارتفاع دوربین است . انواع شاقول های مورد استفاده عبارتند از : شاقول نخی ، شاقول میله ای و شاقول اپتیکی . لازم به ذکر است که در کارهای دقیق مثل کارهای میکروژئودزی اغلب برای حذف خطای استقرار از پیلارهای نقشه برداری استفاده می گردد . استقرار مزبور را استقرار اتوماتیک می نامیم . بهترین نوع استقرار ، استقرار اتوماتیک و بدترین نوع آن استقرار توسط شاقول نخی می باشد .

با استفاده از رابطه زیر :



$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{X_R - X_I}{Y_R - Y_I} \right) - \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{X_L - X_I}{Y_L - Y_I} \right)$$

بدست خواهیم آورد :

$$\sigma_\alpha^2 = \frac{\sigma_L^2}{S_L^2} + \frac{\sigma_R^2}{S_R^2} + \frac{\sigma_I^2}{S_L^2 \cdot S_R^2} \cdot (S_L^2 + S_R^2 - 2S_L S_R \cdot \operatorname{Cos} \alpha)$$

با فرض اینکه خطای استقرار دوربین و نشانه ها و طول اضلاع زاویه برابرند ، یعنی : $\sigma_R^2 = \sigma_L^2 = \sigma_I^2 = \sigma_C^2$ و $S_R = S_L = S$ ، خطای زاویه ناشی از خطای استقرار برابر با : $\sigma_\alpha = \rho^* \cdot \frac{2\sigma_C}{S}$ خواهد بود .

همانطوری که دیده می شود این خطا با فاصله نسبت عکس دارد و با افزایش فاصله مقدار این خطا کاهش می یابد . لازم به ذکر است که اگر زاویه در m کوپل مشاهده شود میزان خطای فوق برای استقرار ، یعنی $\sigma_\alpha = \rho^* \cdot \frac{2\sigma_C}{S}$ بر \sqrt{m} تقسیم می شود .

روش عملی تعیین خطای استقرار

در این روش با نشانه روی به تارگت لمب افقی را قرائت نموده سپس میکرومتر را تغییر داده ، قراولروی را به هم می زنیم . مجدداً نشانه روی کرده و قرائت لمب را یادداشت می کنیم . پس از 7 مرتبه قرائت به این روش روی صفحه سه پایه دور تا دور تری براک را با مداد علامت می زنیم . حال تری براک را 120 درجه چرخانده و 7 قرائت دیگر انجام می دهیم . همین عملیات را برای سومین بار و با چرخاندن مجدد تری براک به اندازه 120 درجه تکرار می کنیم . با گرفتن انحراف معیار از قرائتهای فوق خطای همزمان قرائت ، نشانه روی و استقرار را بدست می آوریم .

$$\sigma_{rpc}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad ; \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\sigma_c^2 = \sigma_{rpc}^2 - \sigma_r^2 - \sigma_p^2$$

گردآورندگان:

نیما خلیلی مقدم

شقایق نظمده