

همایش ژئوماتیک ۸۴

بررسی نقش پارامترهای مختلف در کالیبراسیون دوربین های غیر متریک

هادی باباپور

Hadibabapour@yahoo.com

تلفن: ۶۸۷۴۳۸۲-۰۹۱۲۳۳۵۰۷۱۸

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - دانشکده مهندسی نقشه برداری و ژئوماتیک

دکتر مسعود ورشوساز

varshosazm@kntu.ac.ir

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - دانشکده مهندسی نقشه برداری و ژئوماتیک

چکیده

در این مقاله ابتدا مسئله کالیبراسیون در فتوگرامتری برد کوتاه مطرح شده و پارامترهای آن معرفی میگردند. سپس روشهای مختلف کالیبراسیون برای دوربینهای غیر متریک عنوان میگردد. پارامترهای متعددی در کالیبراسیون دوربین های غیر متریک وجود دارند که عبارتند از: پارامترهای اعوجاج شعاعی، اعوجاج مماسی و پارامترهای تغییر، در این مقاله به تاثیر این پارامترها در کالیبراسیون دوربین غیر متریک Canon Pro ۹۰ IS پرداخته شده است. نتایج نشان می دهد دقت روش فتوگرامتری در تعیین مختصات نقاط با تاثیر پارامترهای کالیبراسیون افزایش قابل ملاحظه ای در حد ۰,۲ میلیمتر داشته است.

۱- مقدمه

می دانیم که اساس فتوگرامتری، عمدتاً بر پایه روابط معروف شرط هم خطی و شرط هم صفحه ای می باشد. لذا قبل از هر چیز باید اولاً به وقوع فیزیکی این شرط، یعنی هم خط بودن مرکز تصویر، نقطه عکسی و نقطه زمینی، اطمینان داشته باشیم، چراکه فرض هم خط بودن این سه نقطه، یک فرض در شرایط ایده آل است، حال آنکه در عمل به دلیل شرایط فیزیکی، نارسائیهای دوربین و ... این شرط

بطور ۱۰۰٪ برقرار نمی باشد. لذا بدیهی است میزان این اختلاف را باید به نحوی مدوله و در روابط مربوطه وارد نمود [۶].

علاوه بر مورد فوق، با توجه به اینکه در توجیحات فتوگرامتری باید هرم داخلی دوربین را بازسازی کرد، بدیهی است که نیاز به شناخت دقیق هندسه داخلی دوربین خواهیم داشت. بررسی و تعیین عوامل خطاهای موجود در برقراری شرط هم خطی و تعیین هندسه داخلی دوربین در مرحله کالیبراسیون دوربین انجام می پذیرد.

بنابراین کالیبراسیون دوربین، مرحله مهم و حساسی است که در هر پروژه فتوگرامتری باید به آن توجه داشت. در فتوگرامتری برد کوتاه، با توجه به اینکه معمولاً از دوربین های غیر متریک استفاده می شود، اهمیت کالیبراسیون دوربین، افزایش می یابد، چراکه این دوربینها معمولاً دارای پارامترهای ناپایدار داخلی هستند که در هر عکسبرداری ممکن است تغییر کند [۶].

در ادامه ابتدا به تشریح پارامترهای کالیبراسیون پرداخته و سپس نقش این پارامترها در کالیبراسیون دوربین Canon Pro ۹۰ IS مورد بررسی قرار خواهیم داد.

۲- پارامترهای موثر بر کالیبراسیون

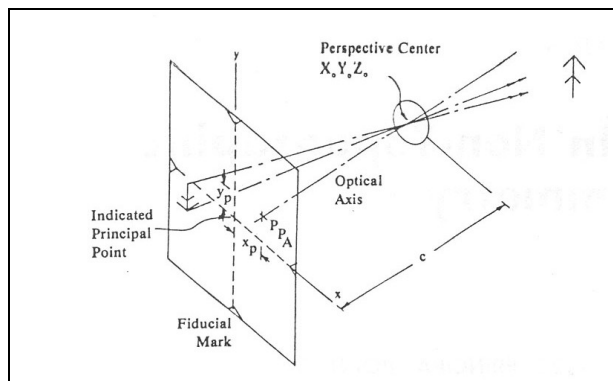
توجیه داخلی به تشریح پارامترهایی می پردازد که به کمک آنها قادریم مسیر حرکت اشعه ها از لنز تا صفحه تصویر را مدوله کنیم. این پارامترها عبارتند از فاصله اصلی (PD)، مرکز اصلی (PPA) و پارامترهای اعوجاج (Radial & Decentring Distortion) [۶].

علاوه بر این پارامترها، اگر عکسها دارای فیدوشال مارک باشند، رابطه بین مرکز فیدوشال مارکها و PPA نیز به عنوان پارامترهای توجیه داخلی تعیین می گردد.

در ادامه به تشریح هر یک از این پارامترها می پردازیم:

۱. فاصله اصلی (Principle Distance (PD)

عبارتست از فاصله عمودی از مرکز عدسی تا سطح عکس.



شکل (۱)

این پارامتر معمولاً با فاصله کانونی اشتباه می شود. فاصله کانونی جزء مشخصات عدسی است و فقط در حالتی که focus در بی نهایت باشد (حالت رایج در عکسهای هوایی) ایندو مقدار برابر خواهند بود.

فاصله کانونی کالیبره شده عبارتست از فاصله کانونی که بر حسب آن ، توزیعی متوسط از اعوجاجات شعاعی در تمام سطح عکس خواهیم داشت.

۲. Principle Point of Autocolimation (PPA)

PPA موقعیتی است بر روی سطح تصویر. اگر صفحه کانونی دورین کاملاً عمود بر محور عدسی باشد، این محور در نقطه ای بنام PPA ، صفحه کانونی را قطع خواهد نمود. (شکل ۱)

۳. مرکز فیدوشال مارکها Fiducial Center

این نقطه از تقاطع خطوط گذرا برفیدوشال مارکها بدست می آید و به آن IPP نیز می گویند (شکل ۱). محل IPP را می توان با اندازه گیریهای کمپراتور مشخص نمود ، لذا معمولاً از این نقطه بعنوان مرکز عکس استفاده می شود و اختلاف آن با PPA با ترمهای x_p و y_p بیان میگردد. ترمهای x_p و y_p نیز، معمولاً به عنوان پارامترهای مجهول توجیه داخلی در معادلات وارد می شوند [۶].

۴. اعوجاج شعاعی Radial Distortion

اشعه هائی که دقیقاً از محور عدسی نمی گذرند، در محل واقعی و صحیحشان قرار نمی گیرند ، بلکه در امتداد شعاعی به PPA نزدیکتر یا دورتر واقع می شوند. به این امر اعوجاج شعاعی می گویند. اگر نقطه مزبور نسبت به PPA نزدیکتر از محل واقعی اش قرار گیرد ، اعوجاج شعاعی منفی و اگر دورتر واقع شود، مقدار آن مثبت خواهد بود.

نقطه ای که اعوجاج شعاعی نسبت به آن حالت تقارن در تصویر داشته باشد را نقطه اصلی بهترین تقارن (Principle Point of Best Symetry) میگویند. این نقطه معمولاً منطبق بر PPA در نظر گرفته میشود.

۳- معادلات اعوجاج شعاعی عدسی

برای فرموله کردن و بیان ریاضی چنین اعوجاجاتی باید تمام عوامل و پارامترهای مؤثر بر مسیر حرکت نور را دقیقاً بشناسیم . با توجه به مقدور نبودن چنین امری ، اعوجاج شعاعی ، معمولاً با یک چند جمله ای با توانهای فرد نشان داده می شود [۶].

$$\delta_r = k_1 r^3 + k_2 r^5 + k_3 r^7 + \dots$$

$$r^2 = (x - x_p)^2 + (y - y_p)^2 \quad (1)$$

δ_r : بر حسب میکرو متر ؛ r : بر حسب میلی متر ؛ k_i : ضرایب مجهول
فرمول فوق بیانگر اعوجاج شعاعی در حالتی است که focus در بی نهایت باشد .

۳-۱ اعوجاج غیر شعاعی عدسی

در یک عدسی ایده ال ، مرکز انحنای تمام سطوح کروی واقع بر سطح عدسی، بر روی محور اصلی واقع می شوند. در اکثر مواقع این شرط تا حد بسیار بالایی برقرار است ، ولی با اینحال ممکن است انحرافات جزئی در برقراری این شرط یافت شود که این امر منجر به جابجایی نقاط عکسی از محل

واقعیشان می گردد. به این اختلافات Decentring Distortion میگویند. این اعوجاج دارای دو مؤلفه شعاعی و مماسی است .

می توان بر روی تصویر محوری یافت که از PPA گذشته و میزان اعوجاج مماسی مربوطه، نسبت به آن محور ماکزیمم و میزان اعوجاج شعاعی مربوطه نسبت به آن صفر باشد. فرض کنیم این محور با امتداد مثبت محور x ، در خلاف عقربه های ساعت زاویه ϕ_0 ساخته باشد. اگر محور دومی عمود بر این محور تصور کنیم، میزان اعوجاج شعاعی نسبت به آن ماکزیمم و میزان اعوجاج مماسی نسبت به آن صفر خواهد بود.

۳-۲ معادلات اعوجاج غیرشعاعی عدسی

از نظر تاریخی ، فرمولهای این اعوجاج ، با در نظر گرفتن تأثیر ناشی از قراردادن یک منشور نازک در مقابل یک عدسی ایده آل ، بدست آمده اند. این فرمول بصورت زیر بیان می گردد [۶]:

$$P(r) = (P_1^2 + P_2^2)^{1/2} r^2 \quad (2)$$

میزان این اعوجاج ، به ندرت از ۳۰ میکرون در گوشه های عکس تجاوز می کند و در مرکز عکس این مقدار به مراتب کوچکتر می باشد. زاویه ϕ_0 معمولاً در گزارش کالیبراسیون ذکر می شود و از نظر ریاضی بصورت زیر قابل بیان می باشد:

$$\phi_0 = \tan^{-1} \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \quad (3)$$

برای بیان ریاضی این اعوجاج میتوان از یک چند جمله ای استفاده کرد . برای راحتی و اطمینان از دقت کافی و مناسب این روابط در فتوگرامتری برد کوتاه ، این توابع بصورت زیر پیشنهاد شده اند :

$$\begin{cases} \Delta x_s = \left(1 - \frac{c}{s}\right) \left[P_1 (r^2 + 2(x-x_p)^2) + 2P_2 (x-x_p)(y-y_p) \right] \\ \Delta y_s = \left(1 - \frac{c}{s}\right) \left[P_2 (r^2 + 2(y-y_p)^2) + 2P_1 (x-x_p)(y-y_p) \right] \end{cases} \quad (4)$$

که در این روابط پارامترهای P_1 و P_2 مقادیر مربوط به Decentring Distortion در focus بی نهایت می باشند. Δx_s و Δy_s ، مؤلفه های این اعوجاج در نقطه عکسی (x, y) و r فاصله شعاعی تا نقطه عکسی می باشد. c فاصله اصلی دوربین در حالتی است که بر روی شیء واقع در فاصله s از عدسی ، focus کرده باشد [۶].

برای اعمال تأثیر عدم انطباق فاصله focus دوربین و فاصله شیء مورد نظر تا دوربین ، ضریب γ_{SS} که در بخش قبل بیان شد ، در سمت راست معادلات فوق ضرب می گردد.

۴- روشهای کالیبراسیون

در حالت کلی این روشها ، به شش روش اصلی تقسیم می شوند که عبارتند از :

- روش آزمایشگاهی Laboratory Calibration

- کالیبراسیون توأم با پروژه On-The-Job Calibration
- سلف کالیبراسیون Self-Calibration
- کالیبراسیون با المانهای محدود Finite Element
- کالیبراسیون خطوط شاقولی Plumb-Line Calibration
- کالیبراسیون نجومی Stellar Calibration

در هر پروژه بطور جداگانه نیاز به انجام کالیبراسیون خواهیم داشت . از این رو، روشهای کالیبراسیون On-The-Job و Self-Calibration ، از اهمیت بیشتری در فتوگرامتری برد کوتاه برخوردار خواهند بود. [۶].

۴-۱ کالیبراسیون توأم با پروژه On-The-Job Calibration

اساس این روش بر پایه تعداد کافی از نقاط کنترل است که بخوبی در اطراف شیء مورد نظر توزیع شده باشند. در این روش برای هر عکس عوامل توجیه داخلی بطور مجزا بدست می آید. بدیهی است که به ازاء هر دو پارامتر مجهول نیاز به یک نقطه کنترل (X, Y, Z) خواهیم داشت . بنابراین در این روش تأثیر عدم پایداری عوامل توجیه داخلی حذف می گردد. لذا این روش برای دوربینهای غیر متریک مناسب است.

در این روش کالیبراسیون و برآورد مجهولات ممکن است بطور توأم یا جداگانه انجام شوند ، ولی در هر دو حالت ، انجام محاسبات بر اساس عکسهای یکسانی است که از مجموعه شیء و نقاط کنترل تهیه شده است [۶].

۴-۲ سلف کالیبراسیون Self-Calibration

این روش از استحکام هندسی عکسهای دارای پوشش برای تعیین پارامترهای توجیه داخلی و سایر مجهولات استفاده می کند. فرمول ریاضی مورد استفاده در این روش ، همان روابط شرط هم خطی است که پارامترهای اعوجاجات radial و decentring نیز به آن افزوده شده است .

$$\begin{cases} x_{ij} - x_p + \frac{(x_{ij} - x_p)}{r} \delta r + \Delta x = c_x \frac{(X_j - X_{oi})m_{11} + (Y_j - Y_{oi})m_{12} + (Z_j - Z_{oi})m_{13}}{(X_j - X_{oi})m_{31} + (Y_j - Y_{oi})m_{32} + (Z_j - Z_{oi})m_{33}} \\ y_{ij} - y_p + \frac{(y_{ij} - y_p)}{r} \delta r + \Delta y = c_y \frac{(X_j - X_{oi})m_{21} + (Y_j - Y_{oi})m_{22} + (Z_j - Z_{oi})m_{23}}{(X_j - X_{oi})m_{31} + (Y_j - Y_{oi})m_{32} + (Z_j - Z_{oi})m_{33}} \end{cases} \quad (5)$$

در روابط فوق δr ، بیانگر radial dis و Δx_s و Δy_s بیانگر Desentring dis می باشد. نکته مهم است که ، در این روش نیازی به نقاط کنترل زمینی جهت عملیات کالیبراسیون نمی باشد، مگر اینکه بخواهیم مختصات زمینی نقاط مورد نظر را نیز استخراج کنیم.

می توان به معادلات فوق پارامترهای اضافی (Additional Parameters) نیز افزود که ضرایب آنها قابل محاسبه در باندل اجسمنت می باشد. تعداد این ضرایب مجهول بین ۱۴ تا ۲۰ عدد در نظر گرفته می

شود و این روابط معمولاً بصورت توابع چند جمله ای (ترمهائی از ضرایب X و Y و XY و توانهای آنها) بیان می شوند.

عوامل توجیه خارجی را می توان بین مجموعه ای از عکسها ثابت در نظر گرفت . به این حالت block-invariant می گویند. همچنین می توان این عوامل را بطور مجزا برای هر عکس انتخاب کرد که به این حالت block-variant گفته می شود .

اگر focus دوربین تغییر نکند میتوان ضرایب مربوط به radial dis و dicentring dis را بین عکسها ثابت در نظر گرفت ولی عکسهائی که با focus متفاوت تهیه می شوند ، به عنوان عکسهائی تلقی می گردند که از دوربینهای مختلف بدست آمده اند ، بنابراین عوامل توجیه داخلی آنها بطور مجزا تعریف شوند [6].

۵- بررسی اثر پارامترهای کالیبراسیون

در فتوگرامتری تحلیلی به منظور برقراری ارتباط بین فضای شی و فضای عکسی از معادلات شرط همخطی استفاده می گردد مدل ریاضی شرط همخطی به همراه پارامترهای اضلفی ، مدل ریاضی مناسبی برای تصحیح خطاهای سیستماتیک و افزایش دقت باندل اجسمنت است. مدل ریاضی مذکور در روابط ۸ آمده است.

$$x_{ij} - x_p + \Delta x_p = c_x \frac{(X_j - X_{oi})m_{11} + (Y_j - Y_{oi})m_{12} + (Z_j - Z_{oi})m_{13}}{(X_j - X_{oi})m_{31} + (Y_j - Y_{oi})m_{32} + (Z_j - Z_{oi})m_{33}} \quad (8)$$

$$y_{ij} - y_p + \Delta y_p = c_y \frac{(X_j - X_{oi})m_{21} + (Y_j - Y_{oi})m_{22} + (Z_j - Z_{oi})m_{23}}{(X_j - X_{oi})m_{31} + (Y_j - Y_{oi})m_{32} + (Z_j - Z_{oi})m_{33}}$$

انواع مختلفی از پارامترهای اضافه شامل پارامترهای پیشنهادی (Brown (۱۹۷۶) و الحکیم (۱۹۷۹) و Moniwa (۱۹۷۷) در پروژه های مختلف فتوگرامتری مورد استفاده قرار گرفته است از آنجایی که در این تحقیق از مدل Moniwa (۱۹۷۷) استفاده گردیده است مدل ریاضی مربوطه در زیر شرح داده میشود [۵]:

بطور کلی پارامترهای کالیبراسیون یک دوربین (بجز توجیه داخلی) عبارتند از:

۱- پارامترهای اعوجاج شعاعی (Radial Lens Distortions)

۲- پارامترهای اعوجاج مماسی (Decent ring Lens Distortions)

۳- پارامترهای Affinity

$$\Delta x_p = dr_x + dp_x + dg_x \quad (9)$$

$$\Delta y_p = dr_y + dp_y + dg_y$$

$$dr_x = (K_1 r^2 + K_2 r^4 + K_3 r^6) * (x - x_0)$$

$$dr_y = (K_1 r^2 + K_2 r^4 + K_3 r^6) * (y - y_0) \quad (10) \quad \text{مدل اعوجاج شعاعی}$$

$$dp_x = p_1 [r^2 + 2(x - x_0)^2] + 2p_2 (x - x_0) * (y - y_0)$$

$$dp_y = p_2 [r^2 + 2(y - y_0)^2] + 2p_1 (x - x_0) * (y - y_0) \quad (11) \quad \text{مدل اعوجاج مماسی}$$

$$\begin{aligned} dg_x &= A(y - y_0) \\ dg_y &= B(y - y_0) \end{aligned} \quad \text{مدل Affinity (۱۲)}$$

بنابراین حداقل ۷ پارامتر کالیبراسیون در این دوربینها وجود خواهند داشت. ترمهای دیگر این معادلات باعث افزایش تعداد پارامترها میشوند ولی بدلیل کوچکی این ترمها معمولاً آنها را در نظر نمیگیرند. لازم به ذکر است که پارامتر Affinity خطای مربوط به عمود نبودن محورهای X, Y و تبدیل هندسه مستطیل شکل به متوازی الاضلاع در فیلم یا در عکس و نیز اختلاف مقیاس در دو جهت X, Y را برطرف می نماید [۵].

درسرشنکی Self_Calibration که این پارامترها را در آنها به عنوان مجهول وارد میکنیم، جمعاً برای هر دوربین صرف نظر از نقاط کنترل زمینی، تعداد ۱۶ مجهول خواهیم داشت. به ازای هر نقطه کنترل زمینی نیز اگر آنها مجهول در نظر گرفته شوند ۳ مجهول اضافی خواهیم داشت. ۱۶ مجهول عبارتند از پارامترهای اعوجاج (شعاعی و مماسی)، پارامترهای Affinity و پارامترهای توجیه داخلی و خارجی.

برای بررسی اثر پارامترهای کالیبراسیون، تعدادی تارگت طراحی گردید و بر روی سطح قطعه مورد مطالعه چسبانده شد. با استفاده از دوربین غیر متریک از شیئی مورد نظر عکسبرداری گردید، عکسبرداری بر اساس طراحی شبکه فتوگرامتری طراحی شده انجام گرفت. مختصات تارگتها به روش ژئودتیک و با استفاده از توتال استیشن بدست آمد، که تعداد ۱۲ نقطه کنترل برای حل معادلات خود کالیبراسیون مدل ریاضی Moniva در نظر گرفته شد.

در ادامه مراحل اجرایی انجام تحقیق را به طور کامل و مفصل مورد بررسی قرار میدهیم.

۱-۵ دوربین عکسبرداری

در این تحقیق از دوربین غیر متریک و دیجیتال Canon Power shot Pro ۹۰ IS استفاده گردید. قابلیت‌های این سیستم عکاسی به همراه نمایی از دوربین در شکل (۲) نشان داده شده است.



فاصله کانونی ۷۰_۷ میلی‌متر

فاصله فوکوسینگ ۱۰ سانتیمتر در هر ۱ متر فاصله

تعداد پیکسل‌های ثبت شده تصاویر بزرگ ۱۳۹۲ * ۱۸۵۹

تصاویر متوسط ۷۶۸ * ۱۰۲۴

تصاویر کوچک ۴۸۰ * ۶۴۰

دوربین مورد نظر دارای کنترل از راه دور بدون سیم می باشد.

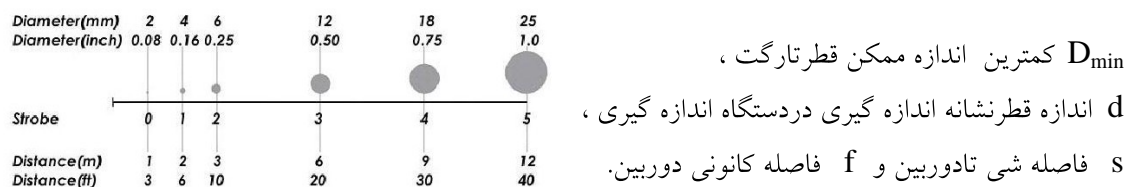
شکل (۲) دوربین غیر متریک Canon pro ۹۰ IS

۲-۵ تارگت

طراحی تارگت و تارگت گذاری یکی از مراحل مهم در کارهای فتوگرامتری برد کوتاه می باشد که این مرحله قبل از انجام عکسبرداری باید انجام شود با توجه به روش انتخابی (on-line, off-line) ودقت مورد نیاز و ابعاد و فاصله از موضوع تارگتها طراحی و انتخاب می شوند. طراحی تارگتها عامل مهمی

در کاهش خطای نشانه روی در اندازه گیری مختصات نقاط عکسی برعهده دارد. بنابراین شکل و اندازه تارگتها باید به صورت خیلی دقیق انتخاب گردد [۲]. در تعیین اندازه تارگت ها، هندسه عکس، فاصله شی تا دوربین، قدرت تفکیک عکس و قطر نشانه اندازه گیری در دستگاه اندازه گیری مورد استفاده، باید مدنظر قرار گیرد. کمترین اندازه ممکن برای قطر تارگت از فرمول زیر محاسبه میگردد [۲]. البته طبق نمودار نیز می توان رابطه بین فاصله و اندازه تارگت را مشخص نمود [۱].

$$D_{min} = d (s/f) \quad (6)$$



شکل (۳) رابطه بین فاصله و اندازه تارگت

تعداد ۵۰ تارگت دایره ایی شکل به قطر یک سانتیمتر تهیه شده و به فواصل تقریبی ده سانتیمتر از یکدیگر در مکانهای مناسب بر روی بدنه گلگیر نصب گردید.

۳-۵ نقاط کنترل

در این تحقیق اندازه گیری مختصات نقاط کنترل به روش نقشه برداری انجام شد و برای اندازه گیری های



لازم از دوربین نقشه برداری Trimble ۳۳۰۳ DR ساخت شرکت Zeiss که دارای دقت طولیابی ۲mm+۲ppm ودقت اندازه گیری زاویه ایی ۲ ثانیه، می باشد استفاده گردید.

شکل (۴) دوربین نقشه برداری Trimble ۳۳۰۰

۴-۵ شبکه فتوگرامتری

در طراحی شبکه فتوگرامتری برد کوتاه مسئله تعیین ساختار شبکه از اهمیت خاصی برخوردار است و تشکیل یک هندسه عکسبرداری قوی به عنوان مهمترین مسئله در طراحی شبکه مطرح است که شامل تعیین تعداد ایستگاههای دوربین عکسبرداری و موقعیت قرار گرفتن آنها می باشد. برای انجام این تصمیمات (تعداد و موقعیت دوربین) یک قاعده کلی توسط متخصصین به کار می رود و آن اینکه متخصصان بیشتر توجهشان را بر روی این مسئله متمرکز می کنند که زاویه تقاطع شعاع های متناظر بهینه باشد. بدین

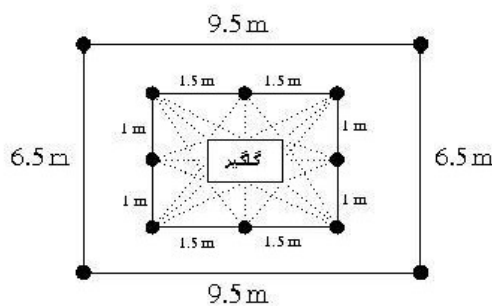
ترتیب برای داشتن داده های اضافی جهت دستیابی به قابلیت اطمینان بالاویک توزیع مناسب ازاشعه های همگرا، حداقل سه یا چهار امتداد تقاطع کننده مناسب است [۳].

در صورتی که حداقل سه یا چهار امتداد تقاطع کننده داشته باشیم و این اشعه ها در صفحات XY و XZ، حداقل زاویه ای بین ۶۰ تا ۹۰ درجه را داشته باشند در آن صورت یک هندسه عکسبرداری قوی خواهیم داشت. به عبارت دیگر در این حالت بیضی خطاهای تارگت ها تقریباً همگون خواهند شد [۴]. از لحاظ عددی، قوی بودن هندسه شبکه عکسبرداری بوسیله فاکتور q در رابطه ۷ بیان می شود:

$$\sigma_e = q / \sqrt{k} * s * \sigma = q / \sqrt{k} * d / c * \sigma_a \quad (7)$$

σ_e دقت نقاط در سیستم مختصات زمینی، σ دقت اندازه گیری عکسی، q فاکتوری برای طراحی شبکه (۰,۷ - ۰,۴)، K تعداد عکسهایی که از یک منطقه اخذ شده، d متوسط فاصله دوربین تا عارضه، C: فاصله اصلی و S متوسط مقیاس عکسبرداری است.

برای دسترسی به حداکثر دقت ممکن در این تحقیق یک شبکه فتوگرامتری برای عکسبرداری با دوربین غیرمتریک طراحی گردید. در طراحی این شبکه ها قیود مربوط به فاصله و مقیاس در نظر گرفته شد و پس از چند مرحله عکسبرداری به صورت سعی و خطا، بهینه ترین شبکه ممکن طراحی گردید. شکل ۵ شبکه فتوگرامتری طراحی شده برای عکسبرداری را نشان می دهد. در محل های تعیین شده بر اساس شبکه فتوگرامتری طراحی شده، ۱۵ عکس با دوربین غیرمتریک گرفته شد.



شکل (۵) شبکه طراحی شده برای عکسبرداری

۶- نتایج

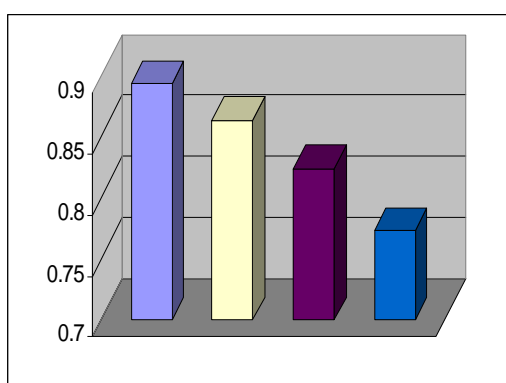
در این بخش نتایج حاصل از مدل سازی انجام گرفته به منظور تعیین دقت کار فتوگرامتری با تغییر در پارامترهای اضافه به منظور افزایش دقت فتوگرامتری گنجانده شده است

۶-۱ تعیین پارامترهای اضافه موثر در بهبود مدل ریاضی

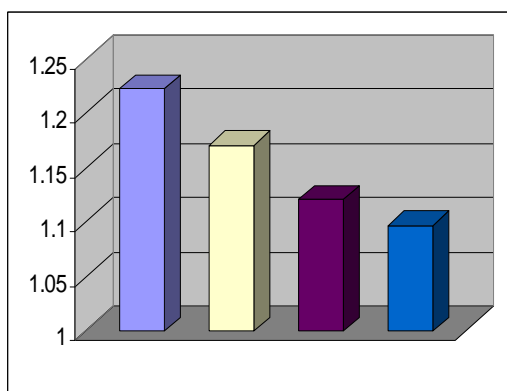
همانطور که گفته شد برای انجام سرشکنی از مدل (۱۹۷۷) Moniwa استفاده گردید، که برای ارزیابی میزان تاثیر هر یک از پارامترهای اضافی، بر روی دو تصویر و تعدادی نقاط محدود دقت سرشکنی در تعیین مختصات نقاط برای هر یک از پارامترهای اضافه به صورت جداگانه بررسی گردید. در نهایت پارامترهای اضافه ای که باعث بهبود مدل ریاضی مربوطه گردید استخراج گردید.

c, x_h, y_h	سطحی RMSE	۰,۸۹۲۳۶
	ارتفاعی و سطحی RMSE	۱,۲۲۱۵۴
$c, x_h, y_h, k_1, k_2, k_3$	سطحی RMSE	۰,۸۶۲۸
	ارتفاعی و سطحی RMSE	۱,۱۷۰۵
$c, x_h, y_h, k_1, k_2, A_1, A_2$	سطحی RMSE	۰,۸۲۳۹
	ارتفاعی و سطحی RMSE	۱,۱۲۰۱
$c, x_h, y_h, k_1, k_2, k_3, A_1, A_2$	سطحی RMSE	۰,۷۷۲۴۴
	ارتفاعی و سطحی RMSE	۱,۰۹۶۹۶

جدول (۱) تعیین پارامترهای اضافه موثر در بهبود مدل ریاضی



شکل (۷) RMSE سطحی



شکل (۶) RMSE سطحی و ارتفاعی

همانطور که در شکل (۶) و (۷) مشهود است، پارامترهای کالیبراسیون باعث افزایش دقت فتوگرامتری در تعیین مختصات نقاط گردیده اند. این امر نشان دهنده تاثیر به سزای پارامترهای کالیبراسیون در دقت نهایی حاصل از روش فتوگرامتری را نشان می دهد.

۶-۲ خلاصه و نتیجه گیری

به کمک روشهای کالیبراسیون قادریم هندسه دسته اشعه گذرا از لنز دوربین را تعیین کنیم. با استفاده از فرمولها و روابط بیان شده، می توان مختصات عکسی نقاط را چنان اصلاح نمود که به دقت قابل قبول برای پروژه های فتوگرامتری برسند.

دربکاربردن پارامترهای اضافه به منظور کالیبراسیون دوربین نباید به پارامترهای محدود در تشکیل مدل بسنده نمود، زیرا ممکن است پارامترهای اضافه دیگر به دستیابی دقت بیشتر در شرایط متفاوت منجر گردد.

[١] Slama, Theurer, Henriksen ,١٩٨٠ ,”Manual of photogrammetry”, American society of photogrammetry.

[٢] Halim Setan , Sharuddin Ibrahim ,٢٠٠٣ ” PRECISE MEASUREMENT AND ٣D MODELLING FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS”Department of Geomatic Engineering Faculty of Geoinformation Science and Engineering Universiti Teknologi Malaysia(UTM) .

[٣] Fraser , ١٩٩٦ ,”Industrial measurement applications” Whittles publishing.

[٤] Fraser,١٩٩٢ , ” Photogrammetric measurement to one parts in a million ”, Photogrammetry engineering and remote sensing

[٥] Moniwa , ١٩٧٧, ” advanced photogrammetric system with self-calibration and its application” . Ph.D.Dissertation Department of surveying Engineering, U.N.B,Fredericton .

[٦] Brown, ١٩٧١,”Close range camera calibration”,Photogrammetry Engineering ٣٧(٨) : ٨٥٥-٨٨٧.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.