

فتوگرامتری برد کوتاه با استفاده از دوربینهای عکسبرداری دیجیتال غیر متریک

نویسندگان : مهدی برومند - مجید نورالله دوست

اردیبهشت ۱۳۸۵

چکیده

فتوگرامتری برد کوتاه را می توان بعنوان یک روش اندازه گیری دقیق و ارزان جهت تهیه نقشه وضع موجود از سازه های کوچک صنعتی، باستانی ، نمای ساختمانها و غیره نامبرد. البته شاید در نگاه اول کلمه ارزان سوال برانگیز باشد، ولی بایستی به این نکته اشاره کرد که با وجود پیشرفتهای انجام شده در زمینه تولید نرم افزارهای فتوگرامتری برد کوتاه می توان با استفاده از دوربینهای عکسبرداری دیجیتال غیر متریک (دوربینهای دیجیتال عکسبرداری شخصی) نیز جهت تهیه نقشه سه بعدی از اجسام کوچک با دقتی در حدود میلیمتر اقدام نمود. اعداد و ارقام موجود در این مقاله بر اساس نمونه مثال انجام شده توسط شرکت نماپرداز رایانه www.nprco.com می باشد و سعی بر این بوده است که مسائل مربوطه از لحاظ کاربردی مورد بررسی قرار گیرند.

مقدمه

فتوگرامتری علم اندازه گیری و تفسیر اجسام موردنظر از طریق تصویر بدون برقراری تماس مسقیم با آنها می باشد که می توان فتوگرامتری هوایی و برد کوتاه را بعنوان شاخه هایی از آن برشمرد. در این زمینه یکی از مسایلی که می توان آن را مورد بررسی قرارداد تهیه نقشه بروش فتوگرامتری برد کوتاه با استفاده از دوربینهای رقومی غیر متریک می باشد. لازمه استفاده از این گونه دوربینها این است که پارامترهای توجیه داخلی آنها بصورت تقریبی معین باشد. نحوه تصویر برداری در زمینه برد کوتاه متفاوت با فتوگرامتری هوایی می باشد. بطوریکه در اکثر مواقع در فتوگرامتری برد کوتاه لازم به رعایت اصول برجسته بینی نمی باشد و می توان از زوایای دلخواه ، با در نظر گرفتن استحکام هندسی، عمل تصویر برداری را انجام داد چراکه در بیشتر مواقع استخراج عوارض بصورت استریو^۱ انجام نمی شود و اندازه گیری نقاط و ترسیم عوارض بصورت چند تصویری^۲ (بیشتر از دو تصویر) صورت می پذیرد.

کالیبراسیون دوربین عکسبرداری رقومی

لازمه استفاده از یک دوربین رقومی غیر متریک برای مقاصد اندازه گیری این است که فاصله کانونی عدسی و همچنین ابعاد CCD^۳ آن معین باشد. پارامترهای مذکور را می توان از کاتالوگ دوربین و یا سایتهای اینترنتی موجود از قبیل www.dpreview.com استخراج نمود و در طی مراحل سرشکنی این پارامترها را بهبود و توسعه بخشید. در پروژه انجام شده دوربین Sony DSCP52 مورد استفاده قرار گرفته است و پارامترهای تقریبی کالیبراسیون این دوربین در جدول زیر ذکر شده است.

¹ Stereo feature extraction

² Multi-image feature extraction

³ Charge couple device

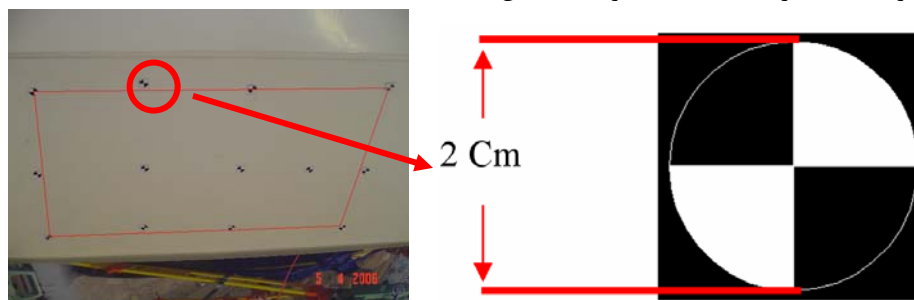
R0	اندازه پیکسل	فاصله کانونی		
		اندازه CCD	عرض	ارتفاع
2.2 m	0.00258 mm	5.28384 mm	6.3 mm	در حالت زاویه میدان دید باز (Wide)
		3.96288 mm	12.6 mm	در حالت زاویه میدان دید بسته (Tele)

جدول (۱): پارامترهای تقریبی کالیبراسیون دوربین عکسبرداری رقومی Sony DSCP52



شکل (۱): دوربین عکسبرداری رقومی Sony DSCP52

در نمونه پروژه انجام شده برای بدست آوردن پارامترهای دقیق کالیبراسیون دوربین عکسبرداری، ابتدا تارگتهای کاغذی بشکل دایره ای بقطر ۲ سانتیمتر (شکل ۲) تهیه و روی یک دیوار بصورت شبکه ای چسبانده شد. لازم بذکر است که حداکثر رزولوشن این دوربین ۱۵۳۶ × ۲۰۴۸ (۳/۲ مگا پیکسل) می باشد که می توان تارگتهای مذکور را بخوبی در تصاویر اخذ شده از فاصله ۱ تا ۲ متری تشخیص داد.



شکل (۲): تارگت مورد استفاده جهت کالیبراسیون دوربین

الزاما نیازی به ایجاد یک شبکه منظم و اندازه گیری تمامی تارگتها در یک سیستم مختصات مرجع وجود ندارد چراکه با در اختیار داشتن تنها یک فاصله دقیق در تصویر و تعریف یک سیستم مختصات محلی می توان عمل توجیه

۱ - این عدد عبارت است از $\frac{2}{3}$ شعاع بزرگترین دایره محاطی تصویر که در مورد دوربین مذکور برابر 2.2 می باشد و ماهیت آن مربوط به

$$R0 = (max - image - radius) \times \frac{2}{3}$$

اعوجاج شعاعی متقارن عدسی می باشد.

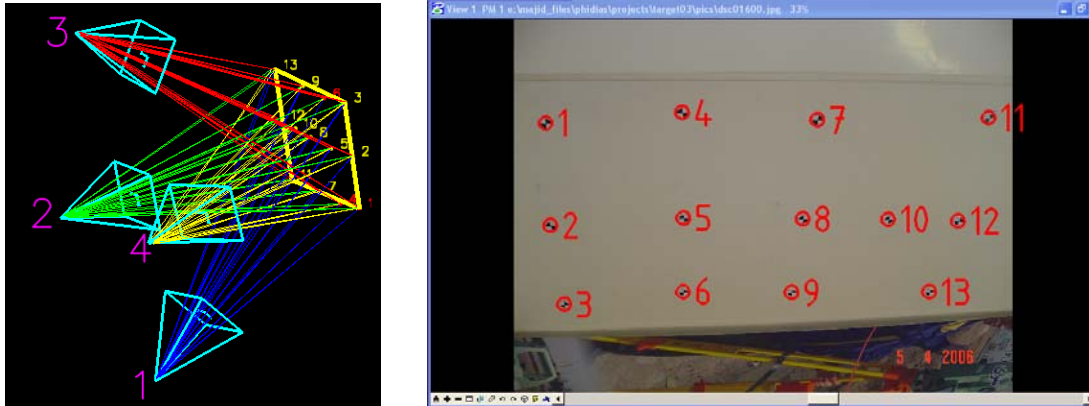
- 2 -

شرکت نمایردازرایانه-----عرضه کننده تجهیزات ژئوماتیک

تلفن: ۰۲۱-۷۷۵۳۳۴۱۴ (خط ۵) همراه: ۰۱۱۶-۲۴۰۵-۹۱۲

Website : www.nprco.com Email : Info@nprco.com

مطلق را انجام داد ولی برای رسیدن به دقت های بالا بایستی تمامی نقاط شبکه فوق را اندازه گیری و بعنوان نقاط کنترل وارد محاسبات نمود. تعداد تصاویر اخذ شده بعد از نصب ۱۳ تارگت روی دیوار برابر با ۴ عدد می باشد که نحوه تصویر برداری در شکل ۳ نمایش داده شده است. لازم بذکر است که تصاویر در حالت زاویه باز (wide) اخذ شده اند و از ماکزیمم حد تشخیص دوربین (۳/۲ مگاپیکسل) در تصویر برداری استفاده شده است. فاصله دوربین از شی مورد نظر نیز بین ۱ تا ۲ متر بوده است.



شکل (۳) : پراکندگی نقاط و نحوه تصویر برداری

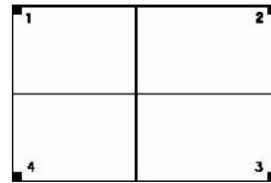
سیستم مختصات محلی در نظر گرفته شده در این پروژه نیز در شکل زیر نمایش داده شده است:



شکل (۴) : سیستم مختصات محلی مورد استفاده جهت توجیه مطلق تصاویر

برای انجام توجیه داخلی بدلیل اینکه دوربین غیر متریک بوده بایستی مختصات گوشه های تصویر را بعنوان مختصات فیدوشل مارکهای مجازی در نظر گرفت. با در دست داشتن ابعاد CCD مذکور در جدول شماره ۱ امکان محاسبه مختصات ۴ نقطه گوشه تصویر طبق جدول زیر وجود خواهد داشت:

2.64192	-1.98144	۳
-2.64192	-1.98144	۴
y	x	شماره نقطه
-2.64192	1.98144	۱
2.64192	1.98144	۲



شکل (۵) : نحوه قرار گیری نقاط

جدول شماره (۲) : مختصات نقاط گوشه ای تصویر

توجیه داخلی تصاویر نیز با توجه به مختصات نقاط فوق انجام می شود. بعد از انجام توجیه داخلی بایستی نقاط مشترک بین دو تصویر اندازه گیری شود بطوری که باید تمامی ۱۳ نقطه را جداگانه در هر تصویری که دیده می شوند اندازه گیری نمود. نتایج اندازه گیری ها و محاسبات سرشکنی در جدول ۳ آورده شده است بطوری که در مقایسه با جدول شماره ۱ که تنها فاصله کانونی دوربین ذکر شده است در این جدول ضرایب اعوجاج شعاعی عدسی و مختصات نقطه اصلی نیز تعیین شده و میتوان از آنها بعنوان پارامترهای توجیه داخلی دوربین در پروژه های دیگر استفاده نمود:

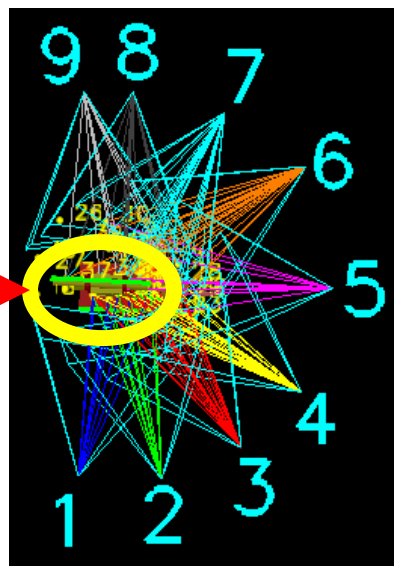
نتایج محاسبات و سرشکنی					
دقت حاصله			۴۶۰ میکرون (۰/۴۶ میلیمتر)		
تعداد معادلات مشاهدات			۱۰۴		
تعداد مجهولات			۵۲		
پارامترهای توجیه داخلی					
فاصله کانونی		مختصات نقطه اصلی (X0 , Y0)		ضرایب اعوجاج شعاعی عدسی K1, K2	
قبل از سرشکنی	بعد از سرشکنی	قبل از سرشکنی	بعد از سرشکنی	قبل از سرشکنی	بعد از سرشکنی
6.3 mm	6.39250 mm	-----	(0.06660 , -0.00420)	-----	$K1 = -45.08640 \times 10^{-4}$ $K2 = 1041.89090 \times 10^{-7}$

جدول شماره (۳) : نتایج حاصل از سرشکنی جهت بدست آوردن پارامترهای توجیه داخلی

استفاده از پارامترهای توجیه داخلی

همانطور که در بالا ذکر شد مقادیر نهایی پارامترهای توجیه داخلی را می توان در پروژه های دیگر مورد استفاده قرار داد. البته کار با مقادیر اولیه توجیه داخلی ذکر شده در جدول شماره یک نیز امکان پذیر می باشد ولی با بکار بردن مقادیر بدست آمده از سرشکنی بطور حتم در نتایج بهبود حاصل خواهد شد. برای رسیدن به این موضوع، نمونه پروژه دیگری توسط دوربین فوق الذکر (Sony DSCP52) انجام شده است که مشخصات آن بصورت زیر می باشد:

- شی عکسبرداری شده یک کلیماتور دو محوره می باشد که برای تهیه مدل سه بعدی آن تعداد ۹ تصویر اخذ شده است. ترتیب عکسبرداری در شکل زیر نمایان است و سعی شده است تمامی وجوه جسم موردنظر با سه تصویر پوشش داده شود.



شکل (۶) : نحوه تصویر برداری از کلیماتور دور محوره

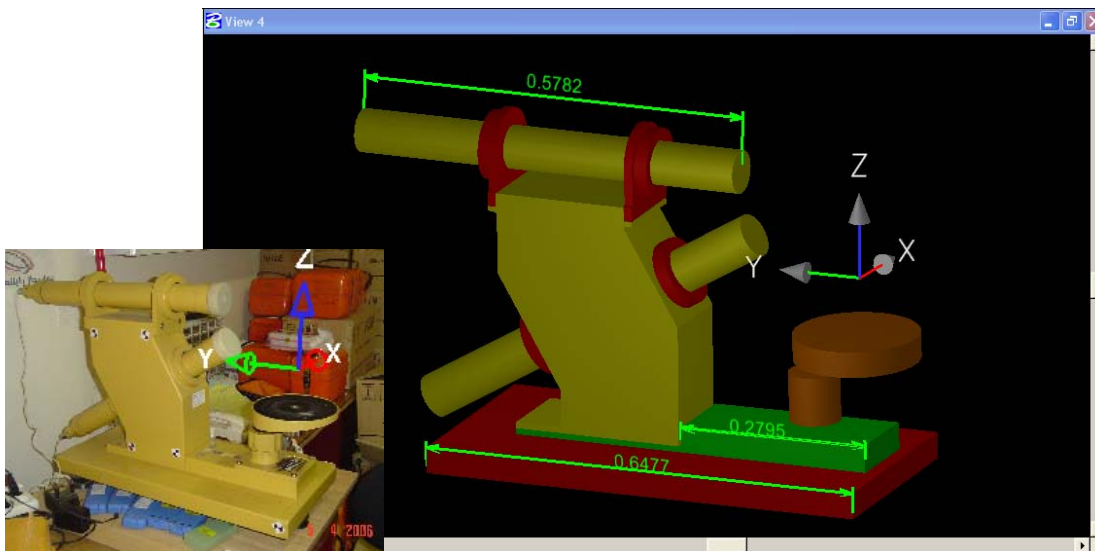
- تعداد نقاط استفاده شده بعنوان نقاط گره ای : حدود ۴۲ نقطه
 - تعداد نقاط مشترک بین هر سه تصویر مجاور : حدود ۱۰ نقطه
 - جهت انجام توجیه مطلق ۳ طول با دقت ۱ میلیمتر اندازه گیری شده است
- برای انجام محاسبات سرشکنی ابتدا مقادیر اولیه پارامترهای توجیه داخلی (جدول شماره ۱) در نظر گرفته شد که برای خطای استاندارد عدد ۳/۴۷ میلیمتر بدست آمد. در مرحله بعدی با در نظر گرفتن پارامترهای توجیه داخلی بدست آمده از سرشکنی، دقت در حدود ۲ میلیمتر بهبود پیدا کرد بطوری که خطای استاندارد ۱/۷۷ میلیمتر گزارش شده است. لازم بذکر است که در طی مراحل مربوط به محاسبات پارامترهای توجیه خارجی تمامی تصاویر نیز بدست آمده است.

ترسیم مدل سه بعدی

با توجیه به رضایت بخش بودن نتایج می توان مدل سه بعدی جسم را ترسیم نمود و ابعاد و اندازه های مورد نظر را از روی این مدل استخراج نمود. ترسیم مدل سه بعدی بصورت چند تصویری انجام گرفته است و از آنجایی که جسم مورد نظر شکلی هندسی داشته نیازی به ترسیم مدل ارتفاعی آن در محیط استریو وجود ندارد. در حالت تبدیل چند عکسی^۱ برای ترسیم یک پاره خط که در سه تصویر دیده می شود بایستی ابتدای خط را در هر سه تصویر و انتهای آن را نیز بهمین صورت اندازه گیری نمود تا اینکه پاره خط ترسیم شود. تعریف سیستم مختصات های موضعی و موقت (UCS^۲) نیز به عملیات ترسیم بسیار کمک می نماید. در نهایت مدل سه بعدی جسم بشکل زیر خواهد شد که تمامی اندازه ها را می توان با دقتی در حدود ۲ میلیمتر استخراج نمود.

1 • Multi-image Evaluation

2 . User Coordinate System (UCS)



شکل (۷) : مدل سه بعدی ترسیم شده از روی ۹ تصویر پوشش دار (اندازه ها در مقیاس متر هستند)

جمع بندی

استفاده از فتوگرامتری برد کوتاه بعنوان ابزار دقیق اندازه گیری کاملاً برای مهندسان و متخصصین رشته نقشه برداری مشهود می باشد و از آن می توان بعنوان درجه ای جهت راه یابی این رشته به تمامی رشته های دیگر مهندسی (صنایع، پزشکی، میراث فرهنگی، تصادفات، مسایل جنایی و غیره) یاد نمود. در این میان دقت مورد نظر، انتخاب ابزار مورد استفاده را در آنالیز اولیه^۱ تحت تاثیر خود قرار می دهد بطوری که برای کاربردهای دقیق (زیر میلیمتر) بایستی از دوربینهایی با رزولوشن بالا و متریک استفاده نمود ولی برای کاربردهای با دقت بالای میلیمتر مقرون به صرفه نیست که از این ابزار گران قیمت معمولی موجود در بازار عمومی بهره برد در عوض می توان از دوربینهای غیر متریک ارزان قیمت کارایی لازم را برای رسیدن به دقت مورد نظر انتظار داشت. لازمه استفاده از این دوربینها، استخراج پارامترهای کالیبراسیون می باشد که میتوان از طریق محاسباتی با استفاده از Test field به این هدف نایل شد. یکی دیگر از نکات قابل توجه در زمینه کالیبراسیون دوربین و رسیدن به دقت های بالا تر، مساله رزولوشن بالا می باشد بطوری که در صورت اطمینان به پارامترهای توجیه داخلی و همچنین نقاط مبنایی (کنترل) اندازه گیری شده، این فاکتور نقش مهمی را در برآورد دقتهای بالا ایفا می نماید، بطوریکه متریک بودن دوربین و دقیق بودن نقاط کنترل اعتماد پذیری را بالا برده و خطاها خارجی و دستگامی را کاهش می دهد.

¹ Pre-analysis