Archive of SID

دومین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ دی ماه ۱۳۹۵

The 2nd National Conference on
Geospatial Information Technology (NCGIT)
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
18 January 2017

مقایسه کالیبراسیون دوربین های رقومی غیرمتریک به وسیله تست فیلد ثابت و تست فیلد متحرک

کورش حسینی[۱]، فرزاد زارع زاده[۲] ، مسعود ورشوساز[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۳- دانشیار گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده :

کالیبراسیون دقیق دوربین از بخش های مهم در انجام عملیات فتوگرامتری می‌باشد. تا کنون روش های متنوعی برای کالیبراسیون دوربین ها پیشنهاد شده است. از جمله این روش ها کالیبره کردن دوربین به وسیله تست فیلد های مسطح و فضایی است. اما سئوالی که درباره این روش کالیبراسیون مطرح است این است که ایا برای دوربین هایی که امکان جابه‌جایی در انها وجود ندارد مانند دوربین هایی که پلیس راهنمایی و رانندگی برای ثبت تخلفات از انها استفاده می‌کند می‌توانند به وسیله تست فیلد متحرک کالیبره شوند و در صورت کالیبره شدن به وسیله تست فیلد متحرک ایا دقت به دست امده برای انها قابل مقایسه با استفاده از روش کالیبراسیون به وسیله تست فیلد های ثابت است ؟ در این مقاله با استفاده از دو تست فیلد مسطح و فضایی این امر مورد بررسی قرار گرفته است و با استفاده از طول‌های کنترل و چک بر روی تست فیلد ها معیاری از دقت برای هر دو نوع تست فیلد(فضایی و مسطح) برای دوربین های ثابت و متحرک به دست آمده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهند که استفاده از تست فیلد های مسطح و فضایی متحرک برای دوربین هایی که امکان جابه‌جایی ندارند کاملا مناسب بوده و به همین دلیل استفاده از این تست فیلد ها به عنوان تست فیلد متحرک امکان پذیر بوده و دقتی تقریبا یکسان با تست فیلد ثابت ارائه می‌دهند.

واژه‌های کلیدی : کالیبراسیون، تست فیلد، دوربین رقومی

نویسنده مکاتبه کننده : کورش حسینی
آدرس پستی : تهران – خیابان ولیعصر – تقاطع میرداماد – روبروی ساختمان اسکان – دانشکده نقشه برداری دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
تلفن : ۸۸۷۸۷۰۷۲
آدرس پست الکترونیک : koorosh.hosseiny@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

با پیشرفت تکنولوژی در زمینه‌ی ساخت و تولید دوربین های دیجیتال ارزان قیمت حرفه ای و نیمه حرفه ای و همچنین توسعه نرم افزار های پردازش تصاویر امکان بکارگیری دوربین های رقومی غیرمتریک روز به روز افزایش یافته که از مزیت های این دوربین‌ها می‌توان به سرعت بالا در تولید تصویر و نیاز نداشتن به فیلم اشاره کرد[۱]. همین امر باعث رشد چشمگیر استفاده از تکنیک فتوگرامتری برد کوتاه گردیده است. از آنجایی که استفاده از هر نوع دوربین اعم از متریک و غیرمتریک، مستلزم دانستن هندسه داخلی دوربین و میزان استحکام آن است و همچنین سنجش قابلیت دوربین جهت رسیدن به دقت‌های مورد نظر در پروژه های فتوگرامتری امری اجتناب ناپذیر است، انجام یک کالیبراسیون دقیق به منظور شناخت مسیر نور در داخل سیستم نوری دوربین ضروری است. الگوریتم های زیادی جهت انجام کالیبراسیون دوربین در شرایط مختلف ارائه شده است که اکثر آنها مبتنی بر انجام اندازه گیری بر روی جسم است[۲و۳]. با توجه به هدف کالیبراسیون و نوع امکاناتی که در دسترس داریم، روش های مختلفی را می‌توان در پیش گرفت که معمولا روش های دقیق تر پیچیدگی های بیشتری دارند. به طور کلی سرشکنی و کالیبراسیون دوربین‌ها مبتنی بر دو دیدگاه پیش کالیبراسیون و کالیبراسیون ضمنی است. در ادامه به انواع روش های کالیبراسیون و انواع تست فیلد اشاره شده است.

۱-۱-پیش کالیبراسیون

در این حالت عمل کالیبراسیون قبل از انجام پروژه تصویر برداری و در محل آزمایشگاه انجام می شود. برای انجام این کار ابتدا یک تست فیلد از قبل طراحی و ساخته شده و پس از آن تصویربرداری از این تست فیلد انجام می شود. پس از پردازش تصاویر، پارامترهای کالیبراسیون محاسبه شده و از این پارامترها در تهیه مدل سه بعدی استفاده می‌گردد.

۱-۲-کالیبراسیون ضمنی

کالیبراسیون ضمنی روشی است که پارامترهای دوربین پس از تصویربرداری پروژه، همزمان با سایر مجهولات محاسبه می‌شود. کالیبراسیون ضمنی به روش سرشکنی دسته اشعه در سال ۱۹۷۱ میلادی توسعه پیدا کرد و در سال ۱۹۸۶ به عنوان یک روش استاندارد در فتوگرامتری برد کوتاه مورد استفاده قرار گرفت[۴و۵]. در روش‌های تارگت مبنا جهت استفاده از این روش (سلف کالیبراسیون)، می‌بایست تعداد و پراکندگی تارگت ها را افزایش داد تا پارامترها با دقت و قابلیت اعتماد بالایی محاسبه شوند.

۱-۳-تست فیلد

جهت کالیبراسیون دوربین های رقومی غیر متریک از انواع تست فیلد مسطح و فضایی استفاده می‌شود. تست فیلد مسطح تست فیلدی است که بر روی یک سطح صاف و بدون عمق است که معمولا به صورت نقاطی بر روی دیوار و یا بر روی کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مقابل تست فیلد های فضایی دارای عمق هستند و نقاط بر روی این تست فیلدها دارای مختصات ۳بعدی هستند[۶]. هدف نهایی استفاده از تست فیلد ها کالیبره کردن دوربین است. در بخش بعدی توضیحاتی در مورد تست فیلد های مورد استفاده در این پژوهش اورده شده است.

هدف از این پژوهش مقایسه دقت کالیبراسیون با استفاده از تست فیلد های متحرک با تست فیلد های ثابت است. ابتدا معرفی تست فیلد های مورد استفاده در پژوهش و نحوه تصویر برداری از آنها پرداخته شده است، سپس به روش کالیبراسیون دوربین پرداخته و در نهایت نتایج به دست آمده در این پژوهش با استفاده از تعداد زیادی از طول‌های چک که معیاری از دقت برای هر دو تست فیلد متحرک و ثابت است به همراه پارامتر های کالیبراسیون در دو حالت مسطح و فضایی به دست آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

۲-تجهیزات مورد استفاده جهت کالیبراسیون دوربین

جهت کالیبراسیون هندسی دوربین تصویربرداری از نرم افزار های مختلفی استفاده می شود. بسته به نوع نرم‌افزار می‌بایست تست فیلدهای مختلفی را تهیه نمود. یکی از بهترین نرم افزارها جهت انجام کالیبراسیون دوربین، نرم‌افزار استرالیس[1] است که در این پژوهش از این نرم‌افزار استفاده شده است. در ادامه موارد مورد نیاز جهت ساخت تست فیلد مختص این نرم‌افزار بیان می‌شود. برای ساخت تست فیلد مورد استفاده در این نرم افزار می بایست تارگت هایی را با فواصل مختلف در کنار یکدیگر قرار داد. هر چه تعداد تارگت ها بیشتر باشد قابلیت اعتماد پذیری به پارامترهای کالیبراسیون بدست آمده بیشتر است. یکی از نکات مهم در ساخت تست فیلد این است که تمامی تارگت‌ها در یک سطح نبوده و جهت افزایش دقت ارتفاعی، آن‌ها را در سطوح ارتفاعی مختلف قرار داد. در واقع تست فیلدها در دو نوع مسطح و فضایی وجود دارند به طوری که در تست فیلدهای مسطح، تعداد زیادی تارگت که برای نرم افزار مورد استفاده قابل شناسایی باشد، به صورت منظم و با فواصل مشخصی از یکدیگر روی صفحه ای چیده و قرار داده می‌شوند و در تست فیلدهای فضایی، صفحاتی که دارای زوایای مشخصی از یکدیگر هستند، کنار هم قرار می‌گیرند و تارگت‌ها روی تمام صفحات قرار می گیرند. زاویه ی صفحات باید به گونه‌ای باشند که در هنگام تصویر برداری از تارگت ها، به خوبی دیده و مرکز تارگت ها قابل تشخیص باشند. نوع دیگری از تست فیلدهای فضایی، میله هایی با ارتفاع مناسب هستند که در عمق های مختلفی روی صفحه چیده می شوند و تارگت‌ها را روی آن‌ها قرار می‌دهند. تعداد تارگت ها و نحوه ی چیدمان میله ها باید به گونه ای باشند که عملیات کالیبراسیون قابل انجام باشد. پس از ساخت تست فیلد نیاز است که از جهات و زوایای مختلف عملیات تصویربرداری صورت گیرد. سپس تصاویر بدست آمده پردازش شده و پارامترهای کالیبراسیون بدست می آیند. از این پارامترهای به‌دست آمده می‌توان به‌عنوان مقادیر اولیه و یا مقادیر ثابت پارامترهای کالیبراسیون در پروژه های فتوگرامتری نظیر مدلسازی سه بعدی، جابه جایی سنجی و ... استفاده نمود. به طور کلی می توان بیان کرد که دقت کالیبراسیون دوربین، تابعی از پارامترهای مختلف از قبیل تعداد تصاویر، تعداد ایستگاه های تصویر برداری، نوع تارگت ها، تعداد و پراکندگی شاخص های مقیاسی و فاصله‌ی ایستگاه تا تست فیلد است. برای انجام یک کالیبراسیون بهینه لازم است پارامترهای ذکر شده را با در نظر گرفتن زمان و هزینه ها، بصورت همزمان بهینه نمود. در انتها می توان خاطر نشان کرد که لازمه استفاده از تکنیک فتوگرامتری برد کوتاه جهت مدلسازی و دیگر کاربردها، انجام یک فرایند کالیبراسیون دقیق و حرفه ای است. در این مقاله از دو تست فیلد مسطح و فضایی استفاده شده است و به کمک تصاویر اخذ شده از این دو تست فیلد و نرم‌افزار استرالیس مراحل کالیبراسیون و به دست اوردن دقت انجام شده است. همچنین به دلیل جنبه مقایسه ای بین تست فیلد های ثابت و متحرک تمامی پارامتر ها از جمله فاصله دوربین تا تست فیلد و تعداد عکس ها کاملا مشابه است.

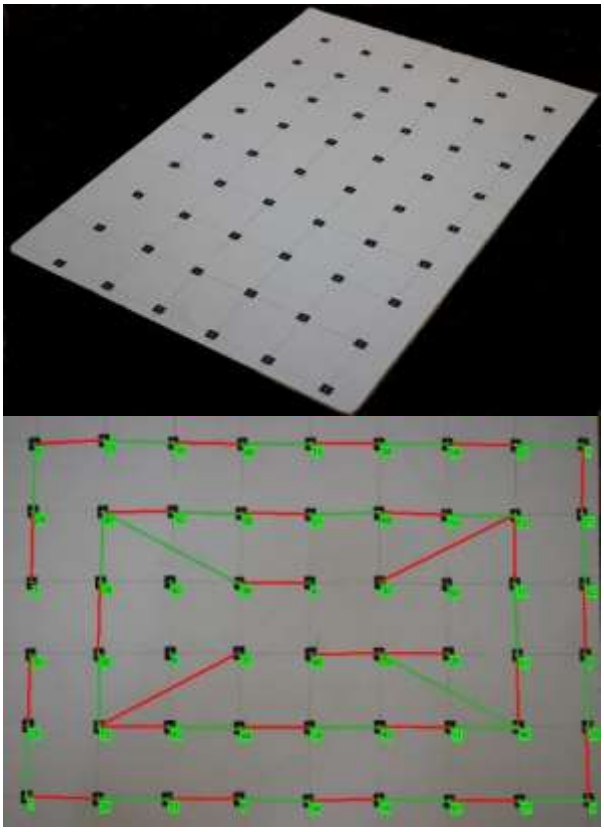
۲-۱-تست فیلد مسطح مورد استفاده درپژوهش

تست فیلد مسطح با ابعاد ۵۰*۷۰ سانتی‌متر و دارای ۵۴ نقطه می‌باشد. برای محاسبه دقت در این تست فیلد علاوه بر استفاده از ریشه میانگین مربعات(RMS[2]) داده شده توسط نرم افزار از فواصل اندازه گیری شده نیز استفاده می‌شود. فاصله‌های کنترل (فواصل قرمز) و فواصل چک(فواصل سبز) به شکل زیر بر روی تست فیلد اندازه گیری شده‌اند.

[1] Australis
[2] Root Mean Sqaure

www.SID.ir

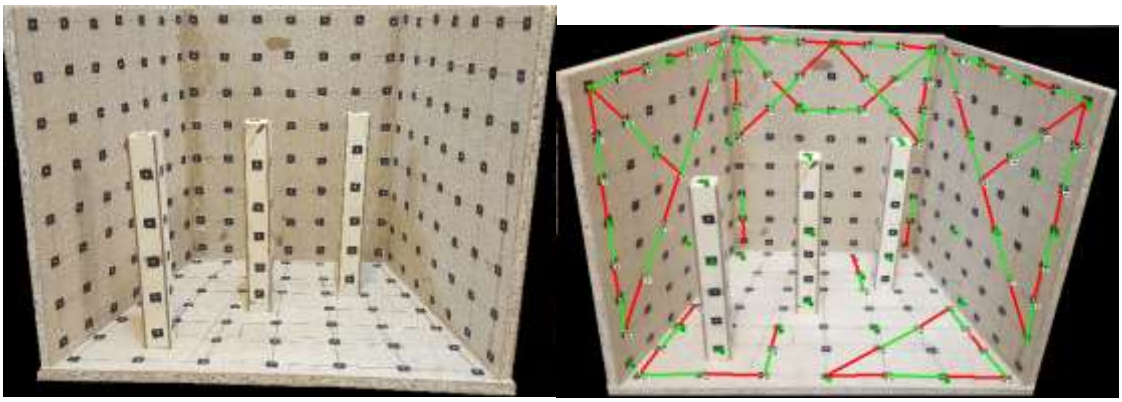
Archive of SID



شکل ۱ : تست فیلد مسطح مورد استفاده و فواصل کنترل و چک در آن

۲-۲-تست فیلد فضایی مورد استفاده درپژوهش

تست فیلد فضایی استفاده شده در این پژوهش دارای ابعاد ۳۸*۳۸*۵۱ سانتی‌متر و ۲۶۳ نقطه است. برای محاسبه دقت در این تست فیلد نیز فواصل کنترل (خطوط قرمز) و چک (خطوط سبز) بر روی این تست فیلد به‌صورتی که در شکل (۲) آمده اندازه گیری شده است.



شکل ۲: تست فیلد فضایی مورد استفاده و فواصل کنترل و چک در تست فیلد فضایی

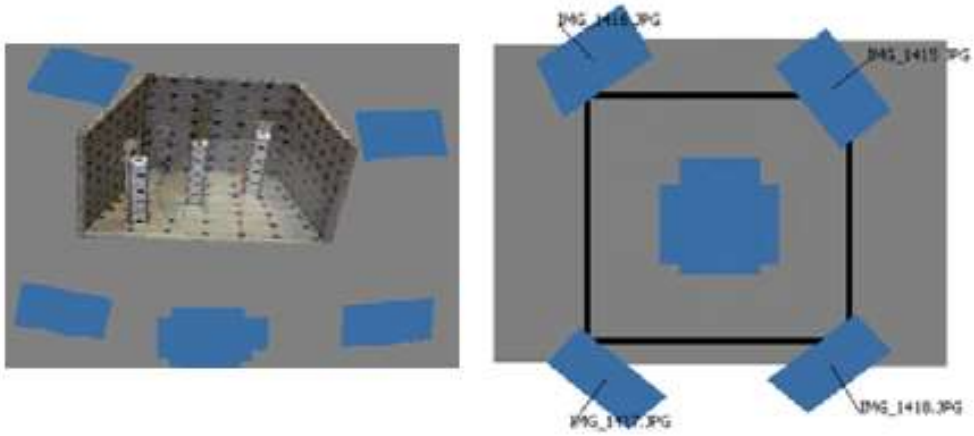
۳-شرایط تصویربرداری از تست فیلد ها :

در این پژوهش به دلیل حالت مقایسه ای بین دو روش سعی شده است تا تصویر برداری در هر دو حالت یکسان باشد. منظور از تصویر برداری یکسان برابر بودن زاویه بین محور تصویربرداری دوربین و تست فیلد است. در هر دو حالت ۷ عکس از تست فیلد گرفته شده است. برای تست فیلد مسطح ۳ عکس از روبه‌رو و ۴ عکس از ۴ گوشه تست فیلد گرفته شده است. برای تست فیلد فضایی نیز مانند تست فیلد مسطح ۷ عکس به گونه ای که ۳ عکس از روبه‌رو به طوری که

www.SID.ir

Archive of SID

بعد از هر عکس دوربین ۹۰ درجه دوران یافته است به همراه ۴ عکس که دارای زوایای تقریبا۳۰ درجه نسبت به هم هستند اخذ شده است. شکل(۳) محل‌های عکسبرداری از تست فیلد مسطح و فضایی در این پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۳: محل دوربین ها در تصویر برداری از تست فیلد های مسطح(سمت راست) و فضایی(سمت چپ)

در حالت دوم (تست‌فیلد متحرک و دوربین ثابت) نیز تست فیلد ها به گونه ای حرکت داده شده است که تصاویر عینا با همان زوایای حالت اول اخذ شوند.

۴-روش کالیبراسیون به وسیله تست فیلد ها و نتایج به دست آمده

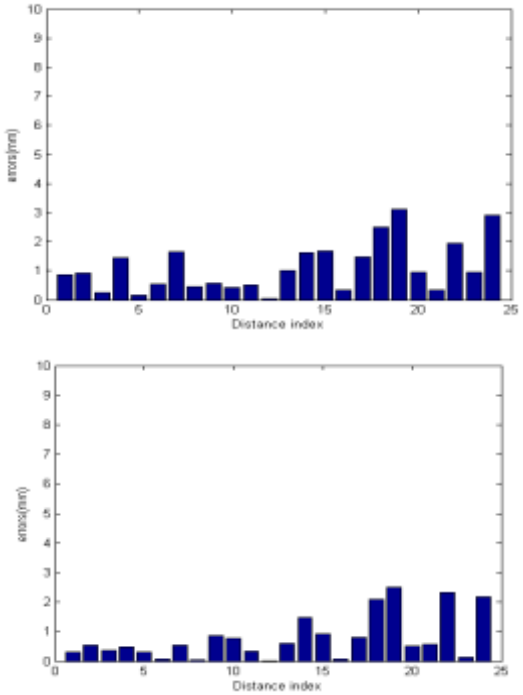
در این مرحله مراحل کالیبراسیون با دو تست فیلد انجام شده و نتایج به دست آمده در جداول(۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶) قرار گرفته‌اند.

۴-۱-نتایج به دست آمده در تست فیلد مسطح

در ابتدا عکس های گرفته شده از تست فیلد مسطح در حالت ثابت در نرم‌افزار وارد شده و فرایند تناظر یابی بر روی این تصاویر انجام شده است. از ۲۶ نقطه در این تست فیلد جهت تناظر یابی استفاده شده است. پس از پایان فرایند تناظریابی با استفاده از نرم افزار مقدار RMS برای تناظر یابی انجام شده به دست آمده است. سپس طول های کنترل همانگونه که در (شکل(۲)) آمده است به شبکه معرفی شده است و پس از مقیاس شدن شبکه طول‌های چک با استفاده از نرم‌افزار بر روی این تست فیلد قرائت شده‌اند. از جمع تفاضل طول های قرائت شده و طول‌های اندازه‌گیری شده بر روی تست فیلد مسطح و تقسیم کردن عدد به دست آمده بر تعداد طول ها معیاری از دقت برای این تست فیلد ثابت به دست می‌آید. همین کار را دقیقا برای حالتی که دوربین ثابت و تست فیلد مسطح متحرک است نیز تکرار شده است و RMS و معیار دقت با استفاده از طول‌های چک برای این حالت نیز به دست می‌آید. مقدار RMS نشان دهنده دقت در تناظریابی انجام شده و دقت براورد شده به وسیله طول های چک نشان دهنده دقت کالیبراسیون به وسیله تست فیلد مسطح ثابت و متحرک هستند. بر روی تست فیلد مسطح ۲۴ طول به عنوان طول چک در نظر گرفته شده بود. شکل (۴) نشان دهنده اختلاف به دست آمده برای هر طول در اندازه گیری مستقیم و اندازه‌گیری به وسیله نرم‌افزار بعد از کالیبره شدن دوربین است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴: خطای طول های چک برای تست فیلد مسطح ثابت(سمت چپ) و متحرک(سمت راست)

نتایج به دست آمده برای تست فیلد مسطح در دو حالت ثابت و متحرک در جداول(۱ و ۲) اورده شده است.

جدول ۱:پارامترهای به دست آمده برای دوربین با استفاده از تست فیلد مسطح در دو حالت ثابت و متحرک

پارامتر های محاسبه شده برای دوربین اول						
	فاصله اصلی(mm)	x_p(mm)	y_p(mm)	k_1(mm)	k_2(mm)	k_3(mm)
تست فیلد ثابت	۵۷/۴	-۰/۰۰۹	-۰/۰۶۰	-۰/۰۰۱۳۰	۰/۰۰۰۱۸	-۰/۰۰۰۰۸
تست فیلد متحرک	۴/۹۱	-۰/۰۰۶	-۰/۱۴۰	-۰/۰۰۲۳۶	۰/۰۰۰۵۹	-۰/۰۰۰۰۳

جدول ۲: مقایسه دقت‌های به دست آمده از تست فیلد مسطح در دو حالت ثابت و متحرک

دوربین ۱			
تست فیلد مسطح در حالت ثابت		تست فیلد مسطح در حالت متحرک	
RMS (mm)	دقت طول های چک (mm)	RMS (mm)	دقت طول‌های چک (mm)
۰/۰۰۲۸	۰/۱۱	۰/۰۰۲۴	۰/۸۷

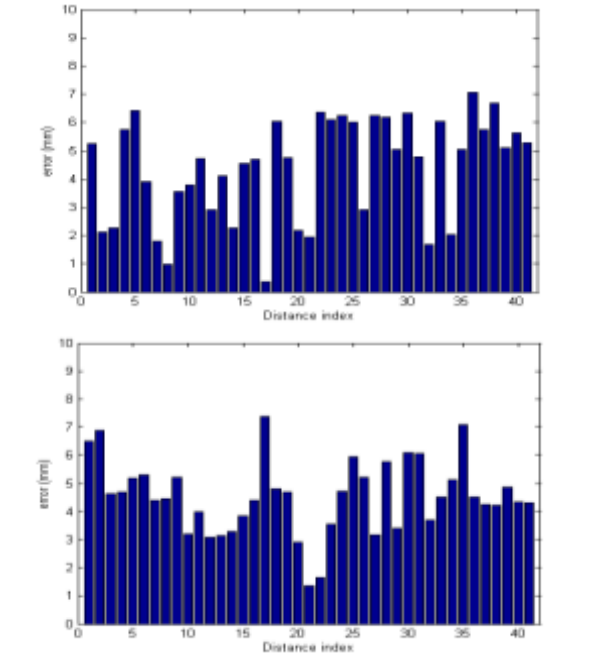
نتایج به دست آمده در جدول(۲) نشان دهنده دقت برابر در دو حالت ثابت و متحرک برای تست فیلد مسطح هستند. جهت مقایسه دقت های به دست آمده در دو حالت ثابت و متحرک به طور جامع تر بار دیگر این روش تکرار می‌شود، با این تفاوت که این بار به جای استفاده از تست فیلد مسطح از یک تست فیلد فضایی استفاده خواهد شد و دقت های به دست آمده برای تست فیلد فضایی نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

۴-۲-نتایج به دست آمده در تست فیلد فضایی با استفاده از دوربین اول

تمامی مراحل انجام تناظریابی و کالیبراسیون دوربین همانند کالیبراسیون به وسیله تست فیلد مسطح انجام می‌شود با این تفاوت که در تست فیلد فضایی برای تناظریابی از ۴۵ نقطه استفاده شده است. برای این تست فیلد نیز در دو حالت ثابت و متحرک RMS و اختلاف طول های قرائت شده در نرم افزار با طول های اندازه گیری شده بر روی تست فیلد به دست اورده می‌شوند. شکل (۵) نشان دهنده اختلاف به دست آمده برای هر طول در اندازه گیری مستقیم و اندازه گیری به وسیله نرم افزار بعد از کالیبره شدن دوربین است.



شکل ۵: خطای طول‌های چک برای تست فیلد فضایی ثابت(سمت چپ) و متحرک(سمت راست)

شکل (۵) نشان دهنده پراکندگی خطا بر روی طول های مختلف برای تست فیلد فضایی هستند. نتایج به دست آمده برای تست فیلد فضایی در دو حالت ثابت و متحرک در جداول(۳ و ۴) اورده شده است.

جدول ۳:پارامتر های به دست آمده برای دوربین با استفاده از تست فیلد فضایی در دو حالت ثابت و متحرک

پارامتر های محاسبه شده برای دوربین اول						
	فاصله اصلی(mm)	x_p(mm)	y_p(mm)	k_1(mm)	k_2(mm)	k_3(mm)
تست فیلد ثابت	۲/۶۹	-۰/۰۱۸	-۰/۰۳۲	- ۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۲۴	-۰/۰۰۰۲
تست فیلد متحرک	۲/۶۰	-۰/۰۷۴	-۰/۰۱۴	-۰/۰۱۰۵	۰/۰۰۴۹	-۰/۰۰۰۶

جدول ۴: مقایسه دقت‌های به دست آمده از تست فیلد فضایی در دو حالت ثابت و متحرک

دوربین ۱			
تست فیلد فضایی در حالت ثابت		تست فیلد فضایی در حالت متحرک	
RMS (mm)	دقت طول های چک (mm)	RMS (mm)	دقت طول های چک (mm)
۰/۰۰۵۹	۴/۴۱	۰/۰۱۰۱	۴/۲۹

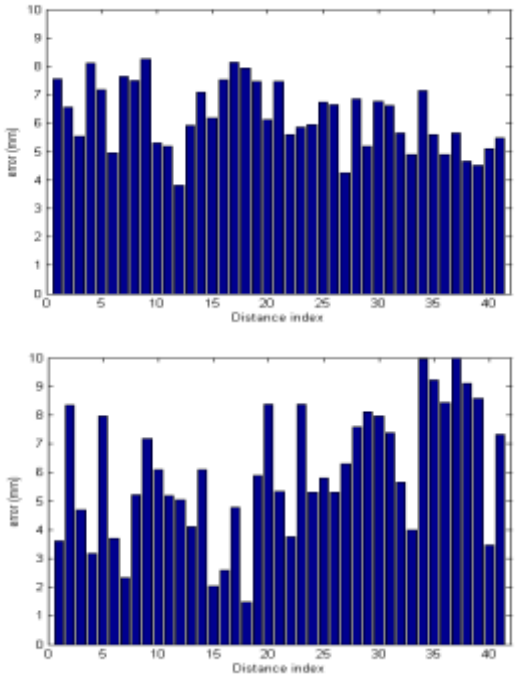
www.SID.ir

Archive of SID

همانطور که در جدول (۴) نشان داده شده است همانند تست فیلد مسطح دقت های به دست آمده برای تست فیلد فضایی در دو حالت ثابت و متحرک تقریبا مقادیر یکسانی هستند. جهت اطمینان از این موضوع که تست فیلد فضایی در دو حالت ثابت و متحرک دقتی یکسان در اختیار می‌گذارد همین روش این بار با دوربین دیگر برای تست فیلد فضایی تکرار خواهد شد و نتایج آن مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۴-۳-نتایج به دست آمده در تست فیلد فضایی با استفاده از دوربین دوم

برای این دوربین نیز شرایط عکس برداری کاملا مشابه حالت قبل بوده و ۷ عکس در همان موقعیت های قبلی اخذ شده است. پراکندگی خطا برای ۴۱ طول چک در شکل (۶) نشان داده شده است.



شکل ۶: خطای طول های چک برای تست فیلد فضایی ثابت(سمت چپ) و متحرک(سمت راست)

نتایج به دست آمده برای تست فیلد فضایی با استفاده از دوربین ۲ در دو حالت ثابت و متحرک در جدول(۵) آورده شده است.

جدول ۵:پارامتر های به دست آمده برای دوربین با استفاده از تست فیلد فضایی در دو حالت ثابت و متحرک (دوربین ۲)

پارامتر های محاسبه شده برای دوربین اول						
	فاصله اصلی(mm)	x_p(mm)	y_p(mm)	k_1(mm)	k_2(mm)	k_3(mm)
تست فیلد ثابت	۲/۵۷	-۰/۰۲۱	۰/۰۰۹	-۰/۰۹۸۱	۰/۰۳۶۵	-۰/۰۰۴۷
تست فیلد متحرک	۲/۶۶	-۰/۰۱۶	۰/۰۱۲	-۰/۰۷۰۴	۰/۰۲۹۶	-۰/۰۰۳۲

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶: مقایسه دقت‌های به دست آمده از تست فیلد فضایی در دو حالت ثابت و متحرک (دوربین ۲)

دوربین ۲			
تست فیلد فضایی در حالت ثابت		تست فیلد فضایی در حالت متحرک	
RMS (mm)	دقت طول های چک (mm)	RMS (mm)	دقت طول های چک (mm)
۰/۰۰۶۳	۶/۲۳	۰/۰۰۵۹	۵/۹۷

نتایج به دست آمده در جدول(۶) تایید کننده نتایج موجود در جدول (۴) هستند. به این ترتیب که دقت در حالتی که تست فیلد ثابت باشد با حالتی که تست فیلد متحرک باشد تقریبا یکسان هستند.

۵-نتیجه گیری و پیشنهاد

هدف از این پژوهش مقایسه دقت کالیبراسیون با استفاده از تست فیلد های متحرک با تست فیلد های ثابت بود. در این پژوهش با استفاده از تعداد زیادی از طول های چک معیاری از دقت برای هر دو تست فیلد متحرک و ثابت در دو حالت مسطح و فضایی به دست امد. با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق همانطور که در جدول های (۲، ۴ و ۶) نیز مشخص است در مورد تست فیلدهای مسطح و فضایی می‌توان به این نتیجه رسید که برای کالیبره کردن دوربین هایی که امکان حرکت ندارند و به دقت خوبی نیاز دارند می‌توان از این نوع تست فیلد استفاده کرد، زیرا تست فیلد های مسطح و فضایی در حالت متحرک و ثابت دقت تقریبا برابری را در اختیار گذاشته اند. استفاده از تست فیلد مسطح مزایایی دارد که از جمله آنها می‌توان به سادگی در تهیه، حمل‌ونقل و سرعت بالاتر در انجام کالیبراسیون اشاره کرد. اما از معایب این نوع تست فیلد می‌توان به نداشتن عمق اشاره کرد که باعث می‌شود این پژوهش در مورد تست فیلد فضایی نیز انجام شود. استفاده از این نوع تست فیلد برای کالیبره کردن دوربین‌هایی که امکان حرکت ندارند و به دقت بالاتری نیاز دارند مناسب است. اما باید توجه داشت که تهیه این نوع تست فیلد و فرایند کالیبره کردن به وسیله آن زمان بیشتری را صرف خواهد کرد همچنین حمل‌ونقل آن نسبت به تست فیلد مسطح دشوارتر است. از طرفی هنگامی که دوربین ثابت است برای گرفتن عکس‌ها در زاویه‌های مناسب اعمال دوران‌ها به این تست فیلد به سادگی تست فیلد مسطح نخواهد بود. نکته ای که در این پژوهش باید به آن دقت کرد این است که دقت به دست آمده برای هر تست فیلد در دو حالت ثابت و متحرک با هم قابل قیاس هستند، اما دقت‌های به دست آمده برای تست فیلد های مسطح و فضایی با یکدیگر قابل مقایسه نیستند زیرا برای سنجش دقت در تست فیلد مسطح بر خلاف فضایی طول های چک در اعماق مختلف استفاده نشده است. در این پژوهش به دلیل اینکه هدف مقایسه تست فیلد های ثابت و متحرک برای دو حالت مسطح و فضایی بود فاصله تست فیلد از دوربین در حالت های مختلف یکسان بود تا تاثیری در نتایج این تحقیقات نداشته باشد. پیشنهادی که برای کار های اینده می‌شود این است که عملکرد این تست فیلدها را در فواصل گوناگون برای دو حالت ثابت و متحرک بررسی شود.

مراجع

[1] Honkavaara, Eija, Eero Ahokas, Juha Hyyppä, Juha Jaakkola, Harri Kaartinen, Risto Kuittinen, Lauri Markelin, and Kimmo Nurminen. "Geometric test field calibration of digital photogrammetric sensors." ISPRS Journal of photogrammetry and Remote Sensing 60, no. 6 (2006): 387-399.

[2] Zhang, Li, Guillaume Dugas-Phocion, Jean-Sebastien Samson, and Steven M. Seitz. "Single-view modelling of free-form scenes." The Journal of Visualization and Computer Animation 13, no. 4 (2002): 225-235.

[3] Lenz, Reimar K., and Roger Y. Tsai. "Techniques for calibration of the scale factor and image center for high accuracy 3-D machine vision metrology." IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence 10, no. 5 (1988): 713-720.

www.SID.ir

Archive of SID

[4] Luhmann, Thomas, Clive Fraser, and Hans-Gerd Maas. "Sensor modelling and camera calibration for close-range photogrammetry." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 115 (2016): 37-46.

[5] Fraser, Clive S. "Digital camera self-calibration." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote sensing 52, no. 4 (1997): 149-159.

[6] Kraszewski, Bartłomiej. "Calibration of digital SLR Nikon D3X for the use in digital photogrammetry projects." Geoinformation Issues 3, no. 1 (3) (2011): 51-60.

www.SID.ir