

پردازش تصاویر دوربین رقومی UltraCAM

در نرم افزار فتومد

نام و نام خانوادگی: مهدی برومند / مدیرعامل شرکت نما پرداز رایانه (NPR) – مجید نورالله دوست / کارشناس فنی

آدرس: Info@nprco.com

دورنگار: ۷۷۵۳۴۴۱۵

تلفن: ۷۷۵۳۳۴۱۴

چکیده

استفاده از دوربینهای رقومی عکسبرداری هوایی جهت تهیه نقشه بروش فتوگرامتری چندبند است که در دنیا مطرح شده و جنبه کاربردی بخود گرفته است. یکی از این دوربینها دوربین UltraCAM می باشد که توانسته است گوی سبقت را از رقبایی همچون DMC از کمپانی ZEISS و ADS40 از کمپانی LEICA بریابد. حدود ۴۰ دوربین UltraCAM در سطح دنیا مشغول بکار می باشد که یکی از آنها در کشورمان ایران، مدتی است که مشغول به تصویر برداری شده است. از قابلیت های بارز این دوربین علاوه بر رقومی بودن آن، زمین مرجع نمودن مستقیم از طریق اندازه گیری پارامترهای توجیه خارجی $(\omega, \varphi, \kappa)$ ، (X_0, Y_0, Z_0) بوده که این عمل با بهره گیری از GPS^۱ و IMU^۱ نصب شده در هواپیما انجام خواهد شد. بزودی نیز بازار فتوگرامتری کشور نیز با بکار گیری تصاویر اخذ شده توسط این دوربین تفاوت میان تصاویر آنالوگ اسکن شده و عملیات طاق فرسای زمینی را با تصاویر رقومی و زمین مرجع نمودن مستقیم، احساس خواهد کرد. لذا از مسایل مهمی که بایستی از قبل مورد بررسی قرار گیرد چگونگی عملیات تبدیل به نقشه این تصاویر می باشد.

مقدمه

در دوربین رقومی UltraCAM با وجود ابزارهایی همچون CCNS و AeroControl ماموریت پرواز دقیقتر و نزدیکتر به طراحی از قبل انجام شده می باشد و کار هدایت دوربین نیز در مقایسه با دوربینهای آنالوگ ساده تر انجام

^۱ Inertial Measurement Unit | Inertial Navigation System= INS

خواهد شد. یکی از مسایل حائز اهمیت در این زمینه پردازش تصاویر اخذ شده توسط دوربین UltraCAM می باشد. نرم افزار فتومد را می توان بعنوان راه حل مناسبی برای پردازش این گونه تصاویر بشمار آورد چراکه این نرم افزار قابلیت توجیه داخلی تصاویر رقومی را دارا بوده و امکان توجیه نسبی و مطلق تصاویر با استفاده از صرفا پارامترهای توجیه خارجی در این نرم افزار وجود دارد. البته باجود نقاط کنترل زمینی می توان بصورت تلفیقی یعنی با در نظر گرفتن توام نقاط کنترل زمینی و پارامترهای توجیه خارجی بدست آمده از GPS/IMU، عملیات توجیه مطلق را در سیستم مختصات و سیستم تصویر مورد نظر انجام داد.

مشخصات فنی دوربین رقومی UltraCAM

دوربین رقومی UltraCAM یکی از سه دوربین رقومی موجود در دنیا می باشد که با ابعاد بزرگ تصویر برداری می نماید. این دوربین مجهز به GPS و IMU می باشد و با بکارگیری این تجهیزات دیگر نیازی به انجام مثلث بندی هوایی از طریق نقاط کنترل زمینی وجود نخواهد داشت و عملیات تهیه نقشه از طریق فتوگرامتری بدون نیاز به در نظر گرفتن انبوهی از نقاط کنترل انجام پذیر خواهد بود. مشخصات فنی این دوربین عبارتند از:

- فاصله کانونی: 101.4 mm
- ابعاد CCD: 7500 پیکسل در جهت پرواز و 11500 پیکسل در جهت عمود بر پرواز
- ابعاد فیزیکی پیکسل: ۹ میکرون
- فاصله زمانی بین دو تصویر: ۱ ثانیه
- نوع تصاویر: RGB.PAN (۲ بیتی) و NIR (مادون قرمز نزدیک)
- ابعاد تصویر: با در نظر گرفتن پیکسل ۲۰ میکرونی 21cm × 15cm



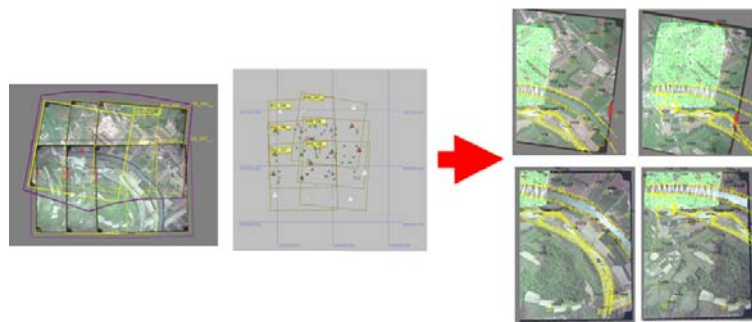
پردازش تصاویر اخذ شده توسط دوربین رقومی UltraCAM در نرم افزار فتومد با استفاده از فرمت PAT-B

نرم افزار فتومد بصورت بخش بخش بوده (ماژولار) که یکی از بخش های آن مثلث بندی هوایی^۲ می باشد که اصطلاحاً به آن AT اتلاق می شود. ماژول AT شامل توجیه داخلی، توجیه نسبی و مطلق می باشد که برای وارد کردن تصاویر به این قسمت بایستی قبلاً در ماژول MD3 بلوک تشکیل و فایل کالیبراسیون دوربین عکسبرداری به نرم افزار معرفی شده باشد. در بخش AT تصاویر هوایی و ماهواره ای قابل پردازش بوده که علاوه بر روش نیمه اتوماتیک می توان از طریق تناظریابی تمام اتوماتیک با امکان ویرایش دستی جهت اندازه گیری نقاط گره ای و انتقال آنها از تصویری به تصویر دیگر استفاده نمود و همچنین توجیه خارجی بتوسط پارامترهای بدست آمده از GPS و IMU در این نرم

² Aerial Triangulation

³ Montage Desktop

افزار امکان پذیر است. دلیل استفاده از عملیات مثلث بندی هوایی در فتوگرامتری عدم دسترسی به حداقل تعداد نقطه کنترل در هر تصویر یا مدل (۳ نقطه) و همچنین نداشتن توجیه اقتصادی برای این کار می باشد. بطوری که با در نظر گرفتن تعداد بهینه ای از نقاط کنترل در سطح بلوک بر اساس استانداردهای موجود و برآورد دقت مورد نیاز، می توان مدلهایی را که فاقد نقطه کنترل زمینی هستند را نیز مجهز به نقطه کنترل عکسی نمود. معمولا بعد از انجام محاسبات مثلث بندی در هر مدل ۶ نقطه کنترل عکسی با پیریک مشخص شده و ادامه کار که شامل ترسیم مدلها می باشد در محیط های تبدیل فتوگرامتری انجام خواهد شد. این شش نقطه برای انجام توجیه مطلق مدلها در دستگاههای تبدیل مورد استفاده قرار خواهند گرفت و دلیل استفاده از آنها جدا بودن برنامه مثلث بندی و برنامه تبدیل می باشد و در صورت یکپارچه بودن این دو برنامه نیازی به توجیه دوباره مدلها با استفاده از این شش نقطه جهت تبدیل آنها وجود نخواهد داشت. چراکه بعد از مثلث بندی مدلها همگی بهم متصل هستند و می توان آنها را بترتیب وارد محیط تبدیل رقومی نمود ولی در صورتی که برنامه تبدیل قابلیت خواندن مدلها را بلافاصله بعد از عملیات مثلث بندی، نداشته باشد بایستی به سراغ شش نقطه کنترل عکسی اضافه رفت که خود مستلزم صرف هزینه و زمان بیشتر می باشد و همچنین با این کار مدلهای متصل شده بهم را دو باره از یکدیگر جدا کرده و وارد دستگاههای تبدیل (دستگاههای غیر یکپارچه با محیط مثلث بندی) می نمایم. فتومد از جمله نرم افزارهایی است که محیط تبدیل آن قابلیت خواندن مدلها را مستقیما از برنامه مثلث بندی خود دارد و بعد از انجام مثلث بندی دیگر نیازی به در نظر گرفتن نقطه کنترل عکسی جهت تبدیل مدلها وجود ندارد.



شکل ۱، ترسیم مدلها بعد از رضایت بخش بودن نتایج مثلث بندی

Ground control point residuals			
N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg
limit:	0.200	0.200	0.200
mean absolute:	0.059	0.048	0.035
RMS:	0.064	0.060	0.046
maximum:	0.096	0.126	0.078
number of points (differences):	6	6	6

شکل ۲: نتایج مثلث بندی

مراحل مختلف بخش مثلث بندی نرم افزار فتومد

بخش مثلث بندی شامل ۵ قسمت می باشد که عبارتند از :

- ۱- بخش اول : مربوط به توجیه داخلی تصویر
- ۲- بخش دوم : مربوط به اندازه گیری نقاط کنترل روی تک عکس
- ۳- بخش سوم : مربوط به اندازه گیری نقاط گره ای بین نوارها
- ۴- بخش چهارم : مربوط به توجیه نسبی و انتقال نقاط کنترل

موارد ۲، ۴ و ۵ را می توان بصورت تمام اتوماتیک و نیمه اتوماتیک انجام داد البته برای انتقال نقاط کنترل از تصویری به تصویر دیگر در صورت وجود پیریک بایستی از روش برجسته بینی موضعی موجود در این بخش بصورت دستی و انسانی استفاده شود و امکان استفاده از روش تمام اتوماتیک وجود نخواهد داشت.

توجیه داخلی تصاویر رقومی

در نرم افزار فتومد توجیه داخلی تصاویر رقومی مربوط به دوربین UltraCAM بدین صورت است که ابتدا اندازه فیزیکی پیکسل را به نرم افزار معرفی نموده و سپس با توجه به فایل کالیبراسیون، پیکسل مربوط به نقطه اصلی ۴ را از طریق سیستم مختصات پیکسلی روی تصویر اول اندازه گیری می نمایم (شکل ۳) . با این کار تصویر اول از نظر داخلی توجیه می شود و برای توجیه داخلی تصاویر دیگر از روش تمام اتوماتیک استفاده میشود بطوری که نرم افزار با شمارش پیکسلها، پیکسل مربوط به نقطه اصلی را در تصاویر دیگر پیدا می نماید.

⁴ Principal Point



شکل ۳، توجیه داخلی تصاویر رقومی

احیاء بلوک از طریق فرمت PAT-B با استفاده از پارامترهای توجیه خارجی

اندازه گیری های مثلث بندی در نرم افزار فتومد به دو صورت تمام اتوماتیک و نیمه اتوماتیک قابل انجام است. البته در صورتی که اندازه گیری های نقاط گره ای و کنترل در نرم افزار و یا با دستگاه دیگری همچون دستگاههای تحلیلی انجام شده باشد و یا اینکه بتوسط GPS/IMU مختصات مراکز تصویر و دورانهای مربوطه K ، Φ ، Ω هنگام پرواز اندازه گیری شده باشد، می توان با استفاده از فرمت PAT-B تمامی اندازه گیری ها را به نرم افزار فتومد انتقال داد. بدین صورت بلوک تصاویری که توسط سیستم فتوگرامتری دیگری مثلث بندی شده است قابل احیاء در نرم افزار فتومد می باشد. پارامترهای مورد نیاز برای احیاء یک بلوک مثلث بندی شده عبارتند از:

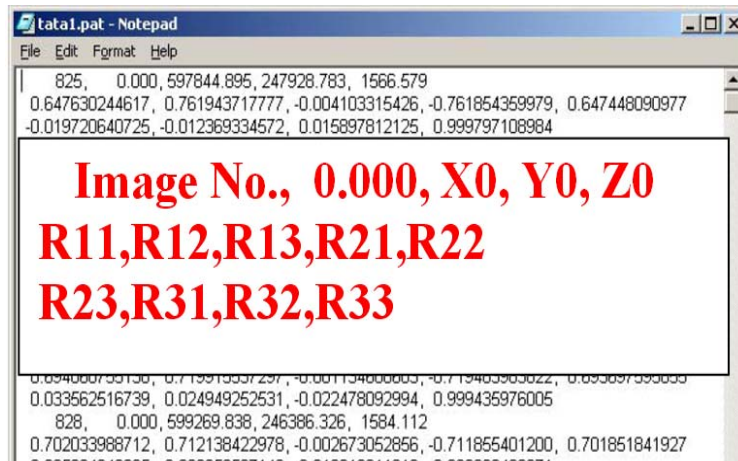
۱- ماتریس دوران و مختصات مراکز تصویر که می توان از طریق GPS/IMU در هنگام پرواز به آن رسید

۲- مختصات سرشکن شده نقاط کنترل

۳- مختصات عکسی نقاط گره ای و کنترل

در صورت استفاده از فتومد ورژن 3.8 یا پایین تر بکارگیری یکی از موارد ۲ و ۱ و همچنین مورد ۳ اجباری بوده و نمی توان تنها با استفاده از داده های GPS/IMU مثلث بندی را انجام داد و حتما بایستی اندازه گیری های عکسی موجود باشد ولی در صورت استفاده از فتومد ورژن 4.0 صرفا با بکارگیری داده های بدست آمده از GPS/IMU می توان کار مثلث بندی را در سیستم مختصات WGS84 انجام داد. لازم بذکر است در صورت نیاز به سیستم تصویر خاصی مانند UTM بکارگیری ۴ نقطه کنترل در گوشه های بلوک ضروری می باشد. تصاویر حاصله از دوربین UltraCAM نیز فاقد نقاط گره ای بوده و بایستی با تکیه بر پارامترهای توجیه خارجی و فتومد ورژن 4.0 کار توجیه مطلق آنها را انجام داد.

۱-فایل مربوط به ماتریس دوران و مختصات مراکز تصویر با پسوند pat

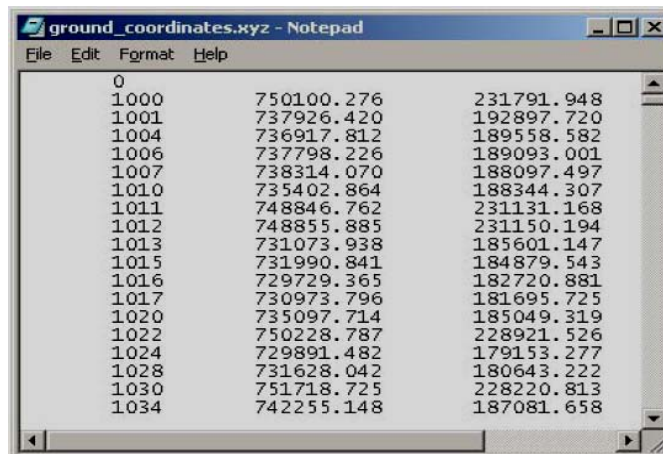


شکل ۴، فرمت وارد ساختن ماتریس دوران و مختصات مرکز تصویر

عدد ۸۲۵ در سطر اول بهمرا عدد 0.000 نمایانگر شماره تصویر و بدنبال آن سه مولفه X_0, Y_0, Z_0 مختصات مرکز تصویر می باشد. سطر دوم شامل درایه های $R_{11}, R_{12}, R_{13}, R_{21}, R_{22}$ و سطر سوم درایه های $R_{23}, R_{31}, R_{32}, R_{33}$ از ماتریس دوران می باشد.

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

۲- فایل مربوط به مختصات سرشکن شده نقاط کنترل با پسوند xyz



شکل ۵، فرمت وارد ساختن ماتریس دوران و مختصات مرکز تصویر

همانطور که در فایل فوق ملاحظه می شود ستون اول مربوط به شماره نقطه کنترل است که می تواند بصورت عددی یا حرفی عددی باشد (Alpha numeric). ستون دوم تا چهارم نیز مربوط به X, Y, Z زمینی سرشکن شده نقاط کنترل می باشد. وجود این فایل برای وارد ساختن نتایج سرشکنی و احیاء بلوک ضروری می باشد.

۳- فایل مربوط به مختصات عکسی نقاط گره ای با پسوند mea

1	152984.0	0	
1220	-8208.1	-99860.1	0
1291	61432.4	22235.3	0
3194	87235.9	92298.8	0
3195	97261.7	99801.8	0
3196	98768.5	9661.2	0
3197	92939.8	-100164.5	0
3198	92672.9	-86536.7	0
3199	-1492.5	-100586.4	0
3200	-13811.1	-77777.8	0
3201	-18635.6	8131.1	0
3202	-8413.0	106182.3	0
3203	4788.2	92885.7	0
3204	-90710.2	-99818.4	0
3205	-87967.1	-90367.4	0
3206	-105263.0	7474.2	0
3207	-87575.1	91523.7	0
3208	-98393.2	100402.4	0
9986	-108073.8	-101692.0	0
1	99345.7	-5618.6	0

شکل ۶، فرمت نقاط کنترل سرشکن شده

محتویات این فایل (شکل ۶) شامل مختصات عکسی نقاط گره ای و کنترل می باشد. این فایل نیز برای احیاء بلوک سرشکن شده در فتومد ضروری می باشد. بلوکهای سرشکن شده توسط سازمان نقشه برداری را می توان با در دست داشتن اطلاعات فوق الذکر در نرم افزار فتومد احیاء نمود بطوری که نیازی به انجام دوباره توجیحات و محاسبات توسط شرکتهای مشاور وجود نخواهد داشت. حسن این مطلب در این است که دقت برآورد شده و کار انجام شده در بخش مثلث بندی سازمان نقشه برداری با توجیه دوباره در دستگاهها و سیستم های دیگر فتوگرامتری تکرار نخواهد شد و عینا همان بلوک با همان اندازه گیری ها و نتایج مطلوب در نرم افزار فتومد از طریق PAT-B باز خوانی شده و صرفا کار تبدیل مدلها به نقشه در ادامه کار صورت می پذیرد.

فرمتهای حمایت شده توسط فتومد

هم اکنون فتومد فایل های توجیه خارجی سنسورهای GPS/IMU از کمپانی های Applanix و IGI را حمایت مینماید. در حال حاضر دوربین رقومی موجود در ایران (UltraCAMD) نیز برای زمین مرجع نمودن مستقیم^۵ مجهز به GPS/IMU از کمپانی IGI کشور آلمان می باشد و می توان فایلهای خروجی آن را توسط فتومد مورد استفاده قرار داد.

جمع بندی و نتیجه گیری

با توجه بگسترش روزافزون استفاده از دوربینهای هوایی تصویر برداری رقومی که مجهز به سیستمهای زمین مرجع نمودن مستقیم هستند (GPS/IMU) نیاز به انجام عملیات پرهزینه زمینی کمتر و در مقابل نیاز به بکارگیری نرم افزارهای رقومی همچون فتومد بیش از پیش احساس می شود. خوشبختانه در کشور ایران نیز مدتی است که چنین سیستمی شامل دوربین رقومی عکسبرداری UltraCAM و سیستم زمین مرجع مستقیم GPS/IMU از کمپانی IGI

⁵ Direct Geo-referencing

شروع بکار نموده است و بزودی محصولات آن وارد بازار فتوگرامتری می شود. تصاویر این دوربین و همچنین پارامترهای توجیه خارجی اندازه گرفته شده توسط GPS/IMU که شامل دورانه‌های ω ، φ ، κ و مختصات مراکز تصویر بوده، توسط نرم افزار فتومد قابل پردازش می باشد بطوری که بعد از ساختن این اطلاعات تمامی تصاویر توجیه نسبی و مطلق شده و آماده تبدیل به نقشه در سیستم مختصات مراکز تصویر می باشند. کیفیت بالای تصاویر و همچنین رنگی بودن آنها کمک زیادی به بحث تناظریابی در فتومد نموده و می توان گفت عملیات مثلث بندی حتی بدون حضور داده های مربوط به مراکز تصویر و صرفا با بکارگیری نقاط کنترل زمینی، بصورت تمام اتوماتیک انجام خواهد شد.

منابع

راهنمای کاربر نرم افزار فتومد <http://www.nprco.com/photomod.htm>