

گزارشی بر پردازش تصاویر اخذ شده توسط دوربین رقومی

UltraCAM_D در نرم افزار فتومد نگارش 4.0

نویسندگان : مهندس مهدی برومند - مدیر عامل شرکت نماپرداز رایانه (NPR)

مهندس مجید نورالله دوست - مدیر فنی شرکت نماپرداز رایانه (NPR)

Email: info@nprco.com

شهریور ماه ۱۳۸۵

چکیده

گزارش موجود مبتنی بر بخشها و خروجی های گوناگونی است که توسط شرکت نماپرداز رایانه (NPR) از طریق پردازش تصاویر دوربین رقومی UltraCAM_D در نرم افزار فتومد نگارش 4.0 بدست آمده است. این پروژه شامل ۳۲ تصویر در قالب ۳ نوار می باشد که جمعا ۲۹ مدل را تشکیل می دهد. علی رغم این حقیقت که دوربین رقومی UltraCAM_D قابلیت اندازه گیری پلانترهای توجیه خلجی، و یا زمین مرجع نمودن مستقیم را در هنگام پرواز با بهره گیری از GPS/INS (IMU) دارد (Direct geo-referencing)، ولی عملیات زمین مرجع نمودن این پروژه (Geo-referencing) توسط نقاط کنترل زمینی علامت گذاری شده روی زمین (Signalized) انجام شده است و پوشش طولی و عرضی تصاویر بترتیب ۷۰ و ۵۰ درصد می باشد. مهمترین هدف این پروژه اثبات این مساله است که در صورت بکارگیری تصاویر رقومی انجام عملیات مثلث بندی سریعتر و با دقت بالا تر امکان پذیر خواهد بود و این مساله در اندازه گیری نقاط گره ای و انتقال نقاط کنترل موجود در بین نوارها بیشتر نمو می نماید از طرف دیگر کیفیت رادیومتریکی بالای تصاویر رقومی اخذ شده توسط دوربین UltraCAM_D کمک بسیار موثری جهت رسیدن به ضریب کرولیشن بالای ۹۸ درصد در اندازه گیری نقاط گره ای و همچنین انتقال آنها می نماید. در نهایت می توان گفت با در اختیار داشتن تصاویر رقومی نتایج بهتری در مقایسه با تصاویر اسکن شده بدست خواهد آمد.

مقدمه

شرکت نماپرداز رایانه (NPR) علاوه بر ارائه تجهیزاتی از قبیل اسکنرهای لیزری زمینی و هوایی و دوربینهای نقشه برداری، در زمینه فتوگرامتری هوایی نیز عرضه کننده نرم افزار فتومد (PHOTOMOD) از کمپانی راکورس روسیه و نیز دوربین رقومی عکسبرداری هوایی می باشد. یکی از موفقترین پروژه های انجام شده توسط این شرکت فروش دوربین رقومی عکسبرداری هوایی UltraCAM_D از کمپانی Vexcel به سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (NGO) می باشد. این دوربین هم اکنون در حال عکسبرداری بوده و تصاویر آن در نرم افزار فتومد قابل پردازش می باشد. در بخش بعدی مشخصات فنی دوربین رقومی UltraCAM_D را ملاحظه می نمایید.

مشخصات فنی دوربین رقومی UltraCAM_D و تصاویر بکار رفته در این پروژه

تمامی تصاویر بکار رفته در این پروژه توسط دوربین رقومی UltraCAM_D اخذ شده اند که در زیر مشخصات فنی مربوط به این تصاویر را به همراه مشخصات فنی دوربین ملاحظه می نمایید.

- فاصله کانونی : 10140 میلیمتر
- ابعاد تصویر : 11500 پیکسل در جهت عمود بر پرواز و 7500 پیکسل در جهت پرواز
- اندازه فیزیکی پیکسل : 9 میکرون

- امکانات زمین مرجع نمودن مستقیم: این دوربین قابلیت زمین مرجع نمودن مستقیم تصاویر را با استفاده از GPS و IMU دارا می باشد. عبارت دیگر پارامترهای توجیه خارجی را در هنگام پرواز با در اختیار داشتن تجهیزات نامبرده اندازه گیری نموده و بدون نیاز به نقطه کنترل زمینی می توان عملیات مثلث بندی را انجام داد.
- رزولوشن تصویر: حدوداً ۸۷ مگا پیکسل
- باندهای طیف تحت پوشش دوربین: سیاه سفید-رنگی (RGB) -مدون قرمز نزدیک (لازم بذکر است که یک مرحله عکسبرداری تمامی باندها در اختیار استفاده کننده قرار خواهد گرفت)
- مقیاس تصاویر مورد استفاده: 1/10,000
- پارامترهای دیستورسیون تصاویر: اعوججات عدسی توسط نرم افزار مربوط به دوربین (OPC) از بین رفته است

مشخصات نرم افزار فتومد مورد استفاده در این پروژه

برای انجام این پروژه از ورژنهای ۳,۸ و ۴,۰ استفاده شده است با این تفاوت عمده که در ورژن ۴ اندازه گیری نقاط گویا بصورت تمام اتوماتیک بوده ولی در ورژن ۳,۸ این کار بصورت نیمه اتوماتیک امکان پذیر می باشد. اندازه گیری تمام اتوماتیک نقاط گره ای در ورژن ۴,۰ توسط ماژول جدیدی به نام AAT (مخفف Automatic AT) انجام می شود. در قسمتهای بعدی مقایسه ای را در ارتباط با زمان لازم برای اندازه گیری نقاط گره ای در دو ورژن را ملاحظه خواهید نمود. علاوه بر موارد فوق هر دو نسخه نامبرده قابلیت اجرا شدن در ماکرواستیشن را دارا می باشند.

ماژولهای مورد استفاده

ماژولهای (بخشهای) مختلفی در این پروژه مورد استفاده قرار گرفته اند که عبارتند از:

- PHOTMOMD Montage desktop - پویسته اصلی نرم افزار فتومد
- PHOTOMOD AAT - بخش مربوط به اندازه گیری اتوماتیک نقاط گره ای
- PHOTOMOD AT - ماژول مثلث بندی
- PHOTOMOD Solver - قسمت مربوط به انجام محاسبات سرشکنی
- PHOTOMOD DTM - تولید منحنی میزان بصورت دستی و اتوماتیک
- PHOTOMOD StereoLink - ترسیم مدل سه بعدی در ماکرواستیشن

مشخصات کامپیوتر مورد استفاده

مشخصات کامپیوتر مورد استفاده در این پروژه عبارتند از:

- مانیتور ۱۷ اینچ مدل LG CRT FLATRON700P با فرکانس بازسازی عمودی ۱۲۰ هرتز در رزولوشن ۷۶۸ × ۱۰۲۴
- کارت گرافیک حرفه ای NVIDIA Quadro4 مدل 700XGL
- RAM یک گیگا بایت
- CPU پنتیوم 4 3.0 GHZ
- ماوس سه بعدی مدل (GeoMouse) با ۱۶ کلید قابل برنامه ریزی بعنوان ابزار ترسیم
- عینک شاتر گلاس جهت برقراری دید سه بعدی مدل IBIK و NuVision

شرح مراحل انجام پروژه

۱- ایجاد فایل کالیبراسیون مربوط به دوربین عکسبرداری

فایل کالیبراسیون هر دوربین عکسبرداری را بایستی در بخش PHOTOMOD MontagDesktop فقط برای یکبار ایجاد نمود و می توان از آن برای پروژه های دیگر انجلم شده با همان دوربین استفاده کرد. جدول ۱ پارامترهای کالیبراسیون دوربین عکسبرداری مورد استفاده در این پروژه را نشان می دهد.

قلب تصویر	در جهت پرواز	67.5 mm	7500 pixels
	در جهت عمود بر پرواز	103.5 mm	11500 pixels
ابعاد تصویر	(-33.75mm, -51.75mm)		(33.75mm, 51.75mm)
اندازه فیزیکی پیکسل	9 μm × 9 μm (0.009mm × 0.009mm)		
فاصله کانونی	101.4 mm		±0.002mm
Principal point نقطه اصلی	X_pp	0.000 mm	0 pixel in X axis ±0.002mm
	Y_pp	0.180 mm	20 pixels in Yaxis ±0.002mm
اعوجاج عدسی	اعوجاج باقیمانده در تصویر کمتر از 0.002 میلیمتر		

جدول ۱: پارامترهای کالیبراسیون دوربین عکسبرداری رقومی

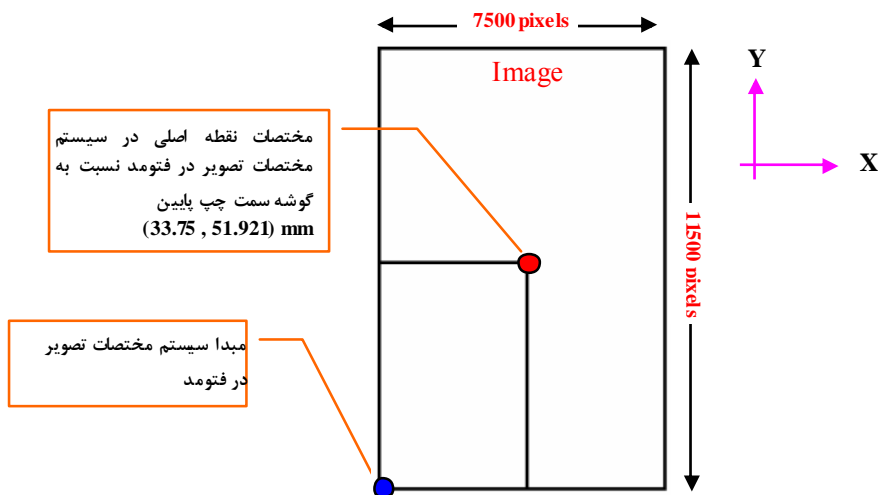
با توجه به این موضوع که فتومد مبدا سیستم مختصات پیکسلی تصاویر رقومی را پیکسل واقع در گوشه سمت چپ و پایین تصویر قرار داد می نماید و در فایل کالیبراسیون، مختصات پیکسلی نقطه اصلی بر اساس مبدا واقع در پیکسل گوشه سمت چپ و بالای تصویر بیان شده است، بایستی قبل از وارد ساختن پارامترهای کالیبراسیون دوربین محاسبات ساده زیر را برای انتقال مبدا این دو سیستم انجام دهیم. لازم بذکر است که در ورژن ۴,۱ نرم افزار فتومد نیازی به انجام این محاسبات وجود ندارد و بطور اتوماتیک انجام خواهد شد.

$$X_{pp(new)} \text{ mm} = \{(\text{Total pixels in X axis} \div 2) + X_{pp}(\text{in pixel})\} \times 0.009$$

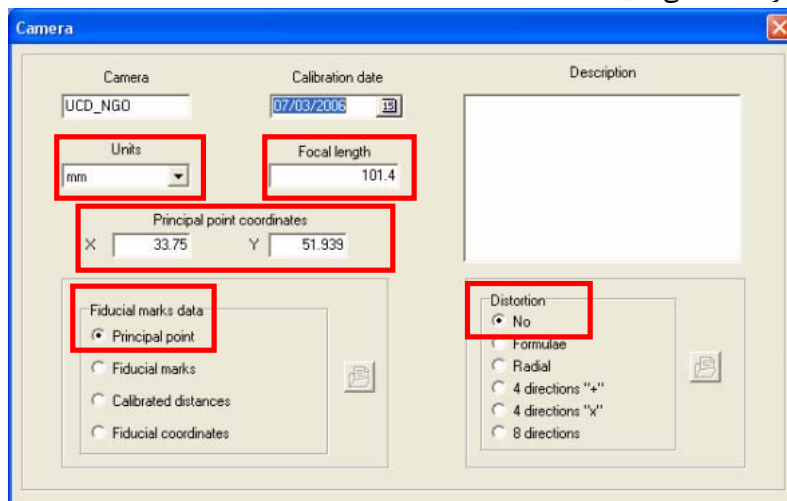
$$Y_{pp(new)} \text{ mm} = \{(\text{Total pixels in Y axis} \div 2) + Y_{pp}(\text{in pixel}) - 1\} \times 0.009$$

$$X_{pp(new)} = \{(7500 \div 2) + 0.00\} \times 0.009 = 33.75 \text{ mm} \rightarrow 3750 \text{ pixels}$$

$$Y_{pp(new)} = \{(11500 \div 2) + 20 - 1\} \times 0.009 = 51.921 \text{ mm} \rightarrow 5769 \text{ pixels}$$



شکل ۱: نمایش نقطه اصلی در سیستم مختصات فتومد
 در شکل شماره ۲ چگونگی تعریف پارامترهای توجیه داخلی در نرم افزار فتومد، که در ماژول MontageDesktop وارد می شوند را ملاحظه می نمایید.

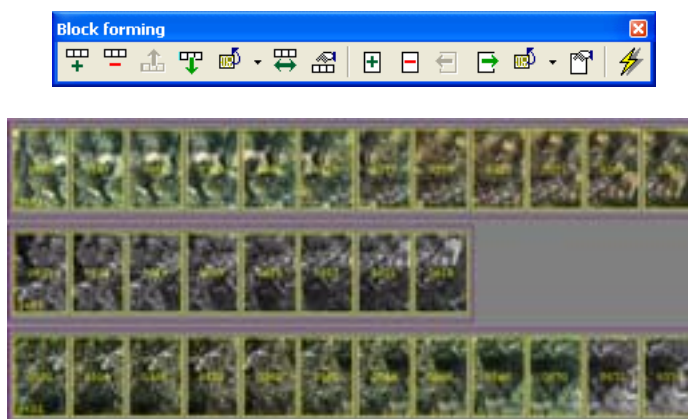


شکل ۲: پارامترهای توجیه داخلی در قسمت مربوط به تعریف دوربین

۲- ایجاد پروژه و تشکیل بلوک تصاویر

این مرحله اولین مرحله از جریان کار در نرم افزار فتومد می باشد. در این مرحله سیستم مختصات WGS 84 و سیستم تصویر UTM Zone 24N برای تصاویر مربوط به شهر گراتز (GRAZ) کشور اتریش در نظر گرفته شده است و مقیاس تصاویر 1/10,000 می باشد.

تصاویر را در ماژول MontageDesktop خوانده تا بلوک عکسبرداری شده تشکیل شود. مرحله بعد از خواندن تصاویر کنترل پوشش طولی و عرضی آنها می باشد که حتما بایستی انجام شود چراکه گاهی اوقات نام تصاویر پشت سرهم نبوده و امکان بروز اشتباه توسط نرم افزار وجود خواهد داشت. این کار توسط پالت زیر انجام می شود.

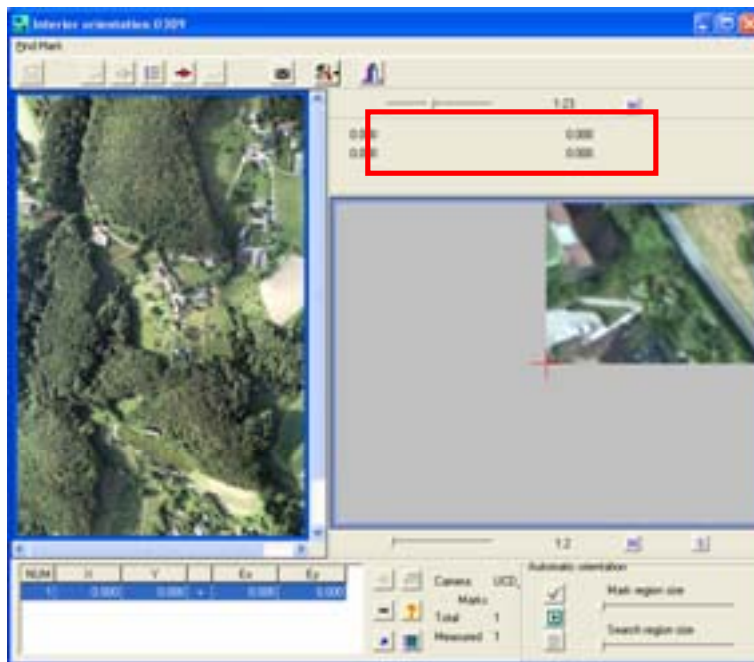


شکل ۳: بلوک تشکیل شده در ماژول MontageDesktop

۳- توجیه داخلی

توجیه داخلی تصاویر رقومی در فتومد ورژن ۴ به دوصورت قبل انجام می باشد که در زیر توضیح داده شده است.
- روش اول: در این روش در فایل کالیبراسیون مختصات نقطه اصلی محاسبه شده در مرحله قبل (33.75mm, 51.921mm) را وارد کرده و هنگام انجام توجیه داخلی مختصات پیکسلی (0,0) اندازه گیری می شود.

- روش دوم: در این روش مختصات (0,0) را بعنوان نقطه اصلی در فایل کالیبراسیون وارد کرده و مختصات پیکسلی نقطه اصلی محاسبه شده (3750,5769) را برلی توجیه داخلی اندازه گیری می نماییم.



شکل ۴: اندازه گیری مختصات پیکسلی (0,0) هنگامی که در فایل کالیبراسیون مختصات (33.75 mm, 51.921mm) بعنوان نقطه اصلی وارد شده است

لازم بذکر است که توجیه داخلی اولین تصویر بصورت دستی و تصاویر بعدی بصورت اتوماتیک انجام شده است.

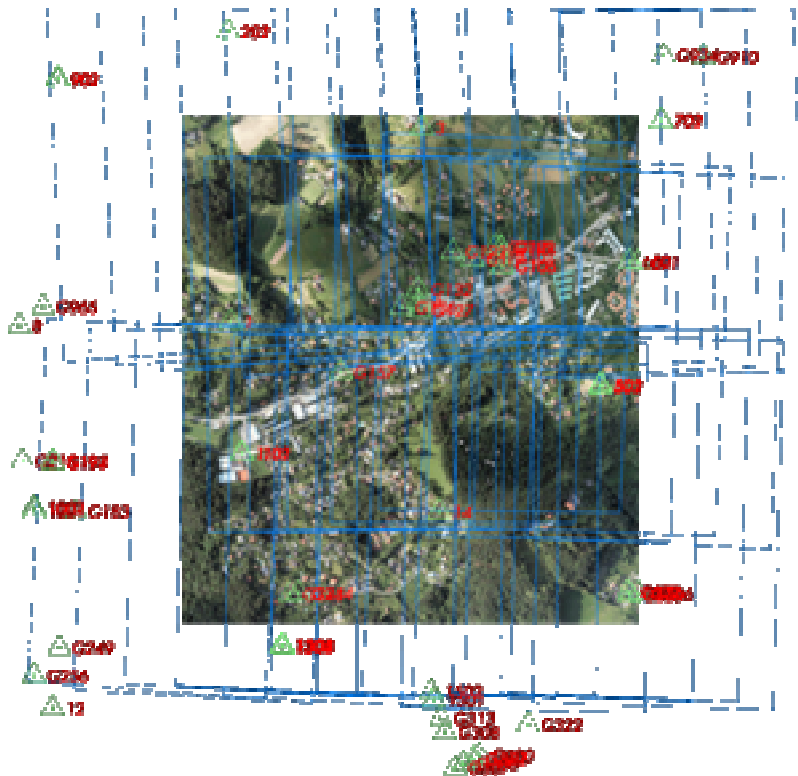
۴- وارد کردن نقاط کنترل زمینی و اندازه گیری آنها

در این مرحله نقاط کنترل زمینی در سیستم مختصات عکسی در محیطی شبیه به منوکامپراتور بر طبق کروکی موجود اندازه گیری می شوند. تمامی نقاط کنترل زمینی مورد استفاده در این پروژه بصورت Signalized بوده بطوریکه بصورت اشکال دایره و مربع روی تصاویر از طریق کروکی کاملاً قابل تشخیص می باشد. (شکل ۵)



شکل ۵: کروکی نقاط کنترل زمینی Signalized شده

در این پروژه در کل ۳۲ تصویر که در سه نوار قرار دارند استفاده شده است. ۳۲ تصویر مذکور تشکیل ۲۹ مدل را داده و بصورت نشان داده شده در شکل ۶ کنل هم قرار گرفته اند.



شکل ۶: چگونگی پخش نقاط کنترل در سطح بلوک

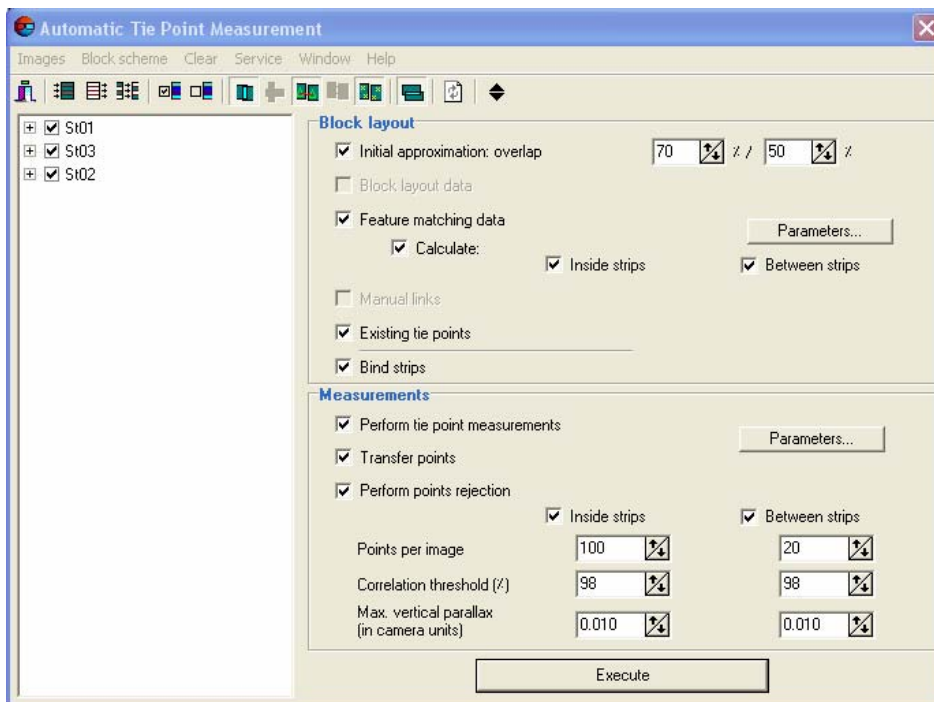
۵- توجیه نسبی و مطلق

اندازه گیری نقاط گره ای برلی انجام توجیه نسبی در این پروژه توسط نسخه های ۳,۸ و ۴,۰ انجام شده است تا اینکه مقایسه بهتری در مورد روش تمام اتوماتیک و نیمه اتوماتیک اندازه گیری نقاط گره ای بدست آید. در نهایت این حقیقت روشن است که استفاده از روش تمام اتوماتیک برای اندازه گیری نقاط گره ای در مثلث بندی تمام اتوماتیک، بسیرا دقیقتر و سریعتر انجام خواهد شد بطوریکه زمان صرف شده در روش نیمه اتوماتیک ۴ برابر کندتر از روش تمام اتوماتیک

می باشد این مساله خود را در اندازه گیری نقاط گره ای بین نوارها بیشتر نشان میدهد البته در صورت استفاده از تصاویر آنالوگ اسکن شده پارامترهای دیگری از قبیل کیفیت رادیومترک تصاویر نیز در امر اندازه گیری نقاط گره ای بروش اتوماتیک موثر خواهند بود که در بعضی از تصاویر عدم وجود کیفیت لازمه، نرم افزار قادر به اندازه گیری نقاط نبوده و بایستی باروشهای دستی این کار را انجام داد.

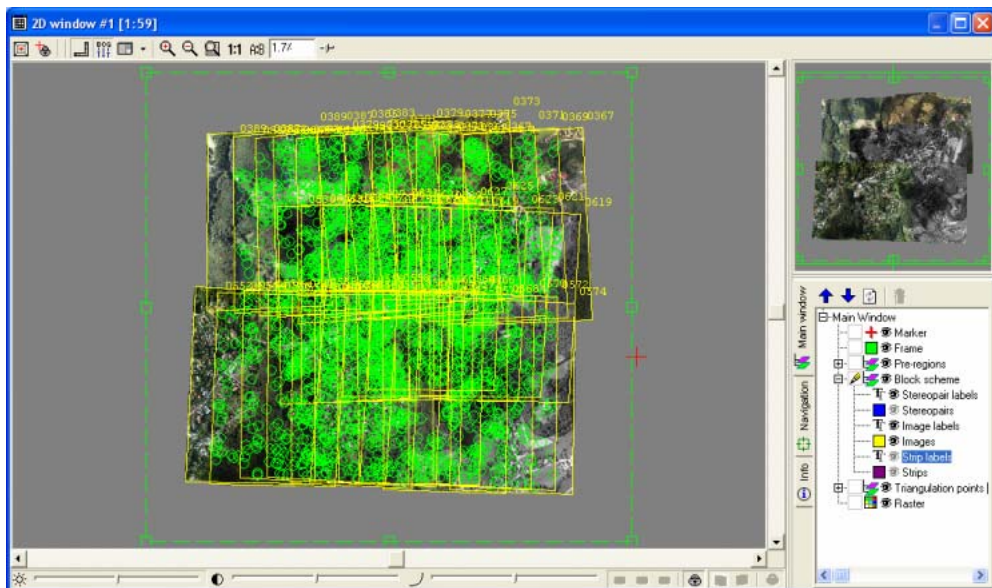
پارامترهای تنظیم شده برای اندازه گیری تمام اتوماتیک نقاط گره ای عبارتند از:

- پوشش طولی اولیه: ۷۰٪
 - پوشش عرضی اولیه: ۵۰٪
 - تعداد نقاط گره ای در هر دو تصویر مجاور: ۱۰۰ نقطه
 - تعداد نقاط گره ای مشترک بین نوارها: ۲۰ نقطه
 - کمترین ضریب همبستگی مورد قبول: ۰,۹۸
 - بیشترین پارالاکس Y مورد قبول: ۰.۰۱ میلیمتر در هر دو تصویر مجاور و نوار مجاور
- انتقال نقاط کنترل: انتقال نقاط کنترل از تصویری به تصویر دیگر بصورت اتوماتیک انجام می شود.
- شکل زیر چگونگی تنظیم این پارامترها را در ماژول AAT نمایش می دهد.



شکل ۷: تنظیم پارامترهای اولیه برای اندازه گیری نقاط گره ای بروش تمام اتوماتیک

نتیجه اندازه گیری ها را می توانید از طریق لینک Results of AAT مشاهده نمایید.



شکل ۸ نمایش گرافیکی نقاط گره ای روش تلم اتوماتیک

در این پروژه در حدود ۳۰۰۰ نقطه گره ای برلی اتصال تصاویر و نوارهای مرتبط به یکدیگر اندازه گیری شده است و عملیات حذف نقاط خارج از محدوده مجز خطهای تعیین شده در مرحله قبل نیز روی تمامی نقاط انجام شده است. علی رقم انتقال اتوماتیک نقاط کنترل همراه با اندازه گیری نقاط گره ای نیاز است که تمامی نقاط کنترل را چک نموده و در صورت عدم موفقیت نرم افزار در انتقال نقاط این کار را بصورت دستی انجام دهیم.

۶- انجام محاسبات سرشکنی بلوک

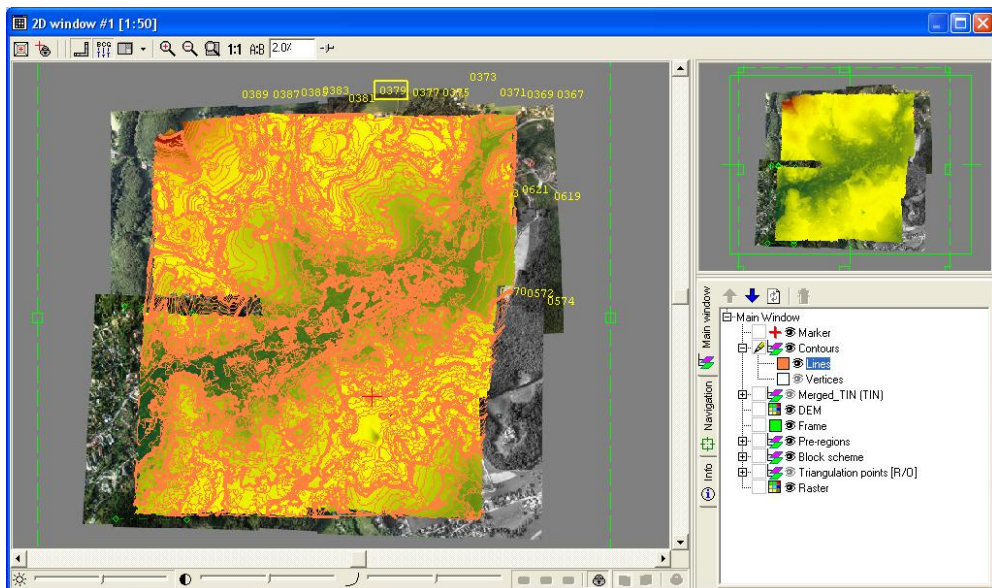
محاسبت سرشکنی در این پروژه به روش مدل مستقل صورت پذیرفته است و حد مجاز خطا برای تمامی نقاط با توجه به مقیاس تصاویر، ۲۰ سانتیمتر روی زمین در نظر گرفته شده است. گزارش نهایی مربوط به خطهای مثلث بندی حاوی اطلاعاتی همچون پارامترهای توجیه خارجی تمامی تصاویر به همراه ماتریسهای دوران مراکز تصاویر، خطای مختصت زمینی نقاط کنترل و چک، مختصت زمینی نقاط گره ای و مختصت سرشکن شده نقاط کنترل زمینی می باشد. نتایج محاسبت سرشکنی را می توانید از طریق لینک زیر ملاحظه فرمایید با توجه به گزارش حاصله تمامی خطهای مربوط به نقاط کنترل زمینی در حد مجاز می باشد.

[Final report on adjustment results](#)

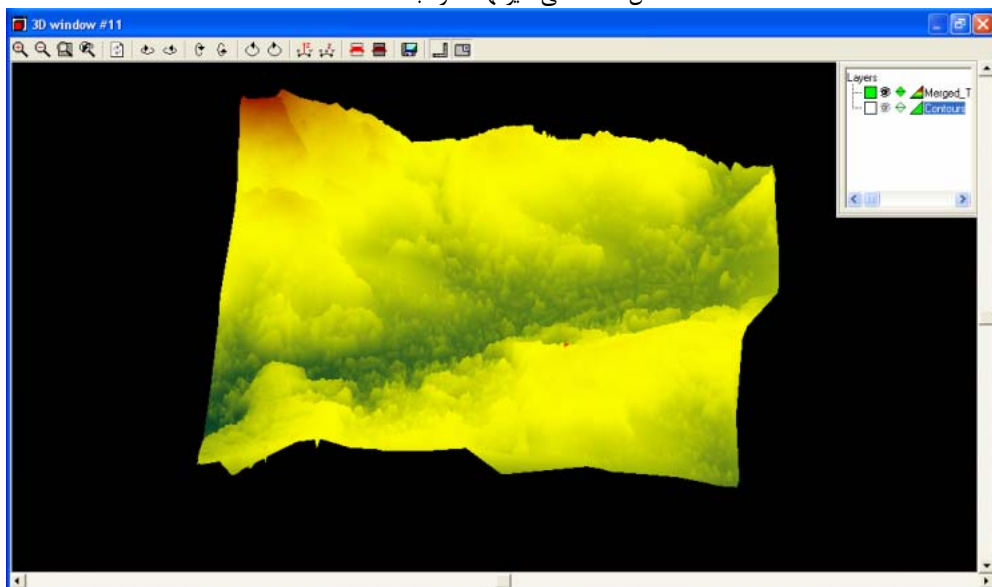
۷- محصولات بدست آمده در نرم افزار

ماژول DTM

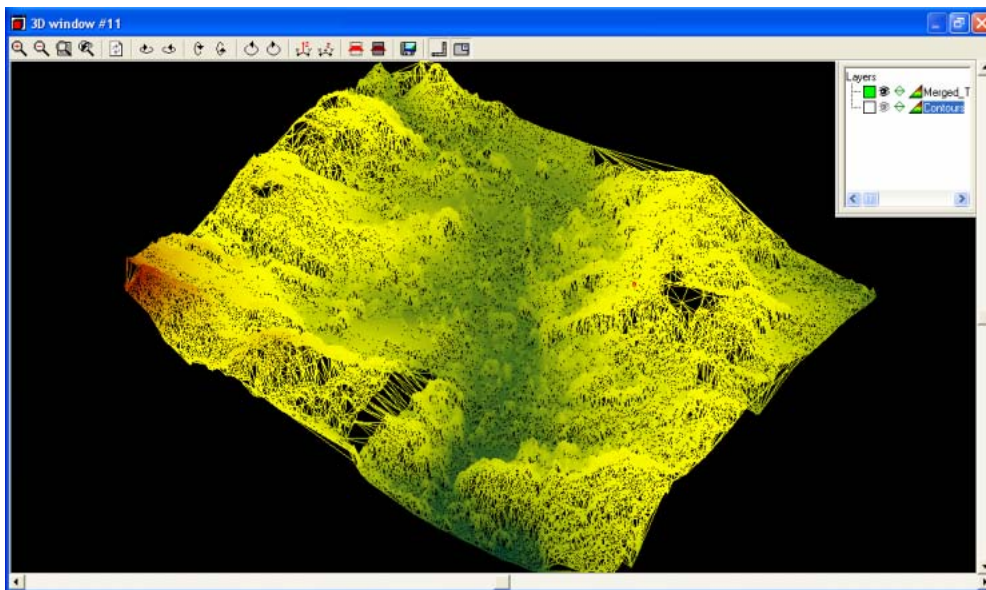
مدل رقومی زمین با استفاده از ۱۲ مدل که تقریباً کل منطقه مورد نظر را پوشش داده اند تشکیل شده است. برای تهیه DTM از روش Adaptive که مناسب برای مناطق پر شیب و کوهستانی می باشد استفاده شده است. و همچنین فواصل شبکه (Grid) در نظر گرفته شده برای تهیه DTM، ۷ متر و فواصل ارتفاعی منحنی میزانهها ۲ متر می باشد. در ضرایب مربوط به کرویشن تغییری ایجاد نشده است و از ضرایب پیش فرض نرم افزار برای همپوشانی استفاده شده است.



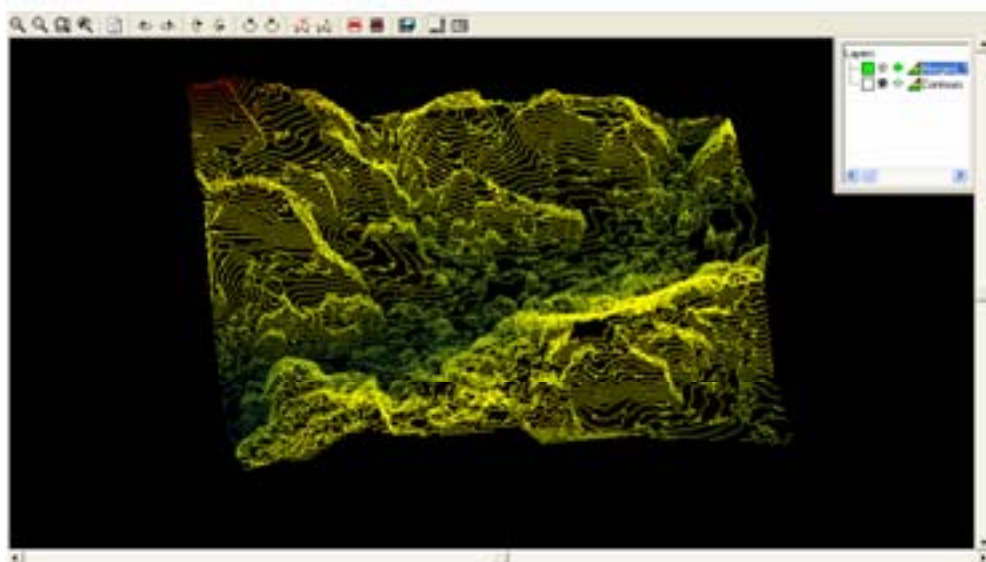
شکل ۹: منحنی میزانها همراه با DEM



شکل ۱۰: DEM تهیه شده با GRID SIZE ۵ متری (در مقیاس ارتفاعی اغراق شده است)

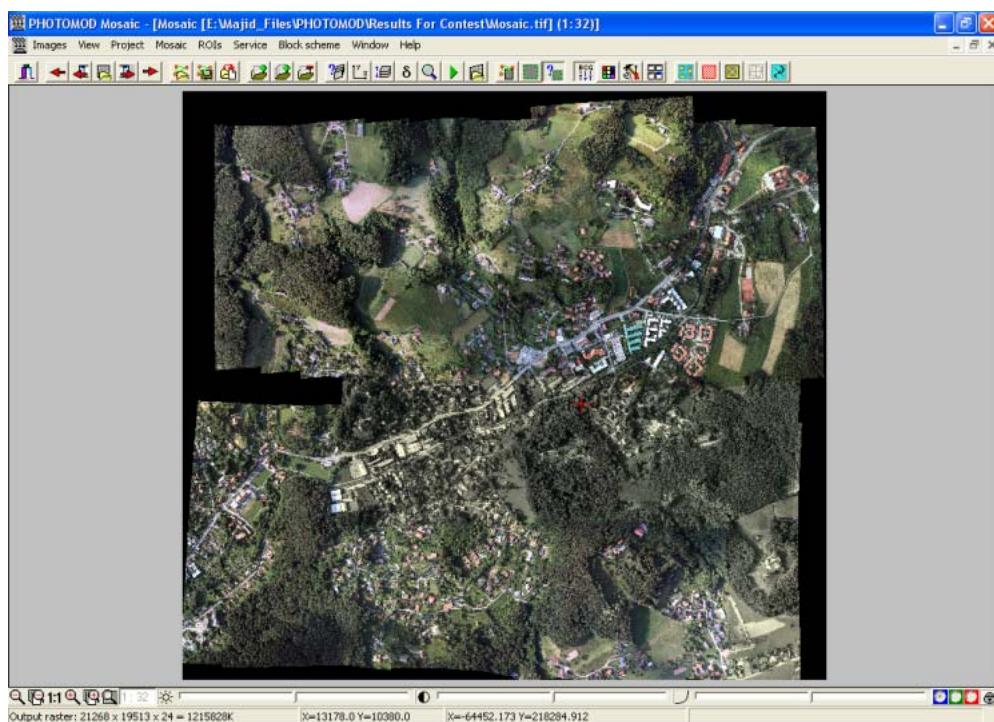


شکل ۱۱: TIN های تلفیق شده از TIN های موجود در ۱۲ مدل



شکل ۱۲: نمایش سه بعدی از منحنی میزانها

ارتوفتوموزاییک تهیه شده بر مبنای DEM موجود می باشد و تصحیحاتی از قبیل خطای تیلت و خطای ناشی از اختلاف ارتفاع (درعوارض طبیعی) در آن بر طرف شده است.



شکل ۱۳: ارتوفتوموزاییک

نتیجه گیری

در انتها می توان گفت که استفاده از تصاویر رقومی پروسه مربوطه به مثلث بندی را در زمینه اندازه گیری نقاط گره ای و انتقال نقاط کنترل سریعتر و دقیقتر نموده نتایج قابل اعتماد تری بدست خواهد آمد.