

تأثیر زاویه دید جانبی در ژئومتری داده‌های ماهواره‌ای با تصویربرداری Pushbroom

افشین پرتوی^۱، مربی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۰۷/۳۰

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۱/۳۱

چکیده

استفاده از داده‌های سنجش از دور، روز به روز بیش‌تر مورد توجه قرار می‌گیرد و محققان برای ایجاد سامانه‌های اطلاعاتی خود نیاز به داده‌هایی با دقت مکانی بالا دارند. یکی از راه‌های نیل به این هدف، اخذ و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای است. از مزایای این گونه داده‌ها این است که با توجه به دقت مکانی آن‌ها، هیچ‌گونه اطلاعات زمینی حذف نشده، تمامی داده‌ها ذخیره می‌شوند. ولی نکته‌ای که معمولاً در مورد استفاده از این داده‌ها مد نظر قرار نمی‌گیرد، پدیده جا به‌جایی ناشی از ارتفاع عوارض^۲ است که باعث پایین آمدن دقت مکانی این داده‌ها می‌شود. این مسئله خود را وقتی بیش‌تر نشان می‌دهد که داده‌های ماهواره‌ای با نقشه‌های توپوگرافی تلفیق شود و یا امتزاج اطلاعات^۳ انجام گیرد. تحقیقات زیادی در این مورد صورت گرفته که بیش‌تر آن‌ها به روش Ortho Photo اثر ارتفاع را حذف و جا به‌جایی موجود در موقعیت مکانی نقاط را اصلاح نموده‌اند. در این تحقیق، روشی پیشنهاد شد تا شمال جغرافیائی تصاویر استریو^۴ در مسیر حرکت سنجنده طوری همانندسازی^۵ شوند که عوارض متناظر در دو تصویر در امتداد ردیف‌های مشابه قرار گرفته، یک مدل استریو Epipolar Stereopair ایجاد کنند. با تولید این مدل ضمن حذف جا به‌جایی در ردیف‌های آن، استخراج اطلاعات ارتفاعی منطقه با استفاده از رابطه بین ارتفاع و جا به‌جایی ستون‌ها (ناشی از ارتفاع عوارض) انجام شد و بر اساس آن خطوط تراز ارتفاعی منطقه با فواصل ۱۰۰ متر به‌طور دستی رقومی شد. مقایسه منحنی‌های رقومی‌شده با نقشه‌های رقومی توپوگرافی موجود منطقه با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ وجود جا به‌جایی سرتاسری^۶ را در کل منطقه مورد مطالعه نشان داد که می‌توانست ناشی از زاویه دید جانبی و ارتفاع عوارض در داده‌های ASTER باشد. بنابراین، ژئومتری این داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. سپس با در نظر گرفتن عوامل تاثیرگذار و به‌کارگیری آن‌ها، روابط مورد نیاز برای تصحیح جا به‌جایی در نرم افزار Excel طراحی شد. نتایج نشان داد که مقدار جا به‌جایی در این داده‌ها بنا به ارتفاع عوارض، موقعیت مکانی آن‌ها در تصویر و زاویه تصویربرداری متغیر است و روابط طراحی شده قادر است با در نظر گرفتن عوامل فوق و با حفظ همانندی^۷ مقدار جا به‌جایی را محاسبه و موقعیت مکانی دقیق عوارض را بدون هیچ تغییر در خصوصیات رادومتریک آن تصحیح و تعیین کند.

واژه‌های کلیدی: اطلاعات زمینی، امتزاج اطلاعات، جا به‌جایی عوارض، سنجش از دور، همانندسازی

مقدمه

امروزه در اکثر مطالعات آبخیزداری، هیدرولوژی، خاک‌شناسی و زمین‌شناسی داشتن اطلاعات دقیق از وضعیت توپوگرافی سطح زمین امری ضروری است. یکی از منابع اخذ این اطلاعات، داده‌های ماهواره‌ای بوده که به‌وسیله

¹ partovi@scwmri.ac.ir

² Relief displacement

³ Data Fusion

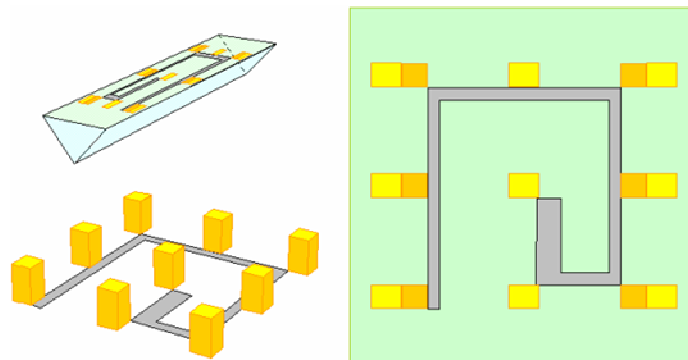
⁴ stereo pair

⁵ Resampling

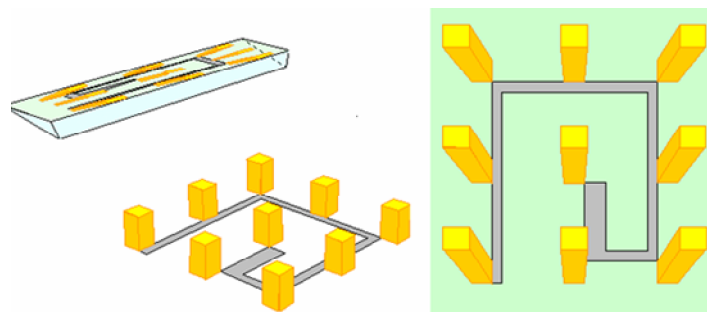
⁶ Consistent Shift

⁷ Similarity

سنجنده‌های مختلف تهیه و ارائه می‌شوند. در حال حاضر اکثر سنجنده‌ها به‌منظور بالا بردن دقت رادیومتری و ژئومتری از روش تصویربرداری PUSHBROOM استفاده می‌کنند. در تصویربرداری PUSHBROOM تعدادی دوربین تحت عنوان CCDs¹ اطلاعات یک نوار را در یک لحظه برداشت می‌کند. همان‌طور که در شکل ۱-الف ملاحظه می‌شود، هر نوار دارای یک نقطه شاقولی (نادیر) است. در زمان تصویربرداری به‌صورت عمودی، داده‌های یک نوار برداشت در یک ردیف تصویر^۲ ثبت می‌شود. باید در نظر داشت که در این حالت ارتفاع عوارض سبب شده تا داده‌ها با جا به‌جایی نسبت به مرکز یا نادیر نوار تصویربرداری در همان ردیف از تصویر ثبت شوند^۳. ولی در تصویر Back ward یا Aft view برای ایجاد قابلیت دید استریو، سنجنده به‌طور غیرعمودی داده‌های هر نوار را ثبت می‌کند (شکل ۱-ب). در این حالت علاوه بر جا به‌جایی یاد شده عوارض در هر نوار با جا به‌جایی در مسیر حرکت سنجنده ثبت می‌شوند. به این ترتیب تمامی داده‌های ثبت‌شده در جهت حرکت سنجنده تمایل دارند. به‌عبارت دیگر در تصویربرداری PUSHBROOM، در تصاویر نادیر، جا به‌جایی فقط در عرض نوار یا مسیر سنجنده و در نوار Back ward یا Aft view علاوه بر جا به‌جایی تعریف شده برای دید استریو، در عرض خط پرواز نیز جا به‌جایی دیده می‌شود که باعث جا به‌جایی سراسری در این‌گونه داده‌ها می‌شود که مقدار آن با توجه به ارتفاع و فاصله از نادیر متفاوت است (Partovi, ۲۰۰۳).



شکل ۱-الف: جا به‌جایی (Cross-track) در تصویربرداری عمودی یا تصاویر نادیر



شکل ۱-ب: جا به‌جایی (Cross-track)+(Along-track) در تصویربرداری غیرعمودی

اهمیت موضوع و نقش غیر قابل اغماض آن در نتایج مورد نظر زمینه تحقیقات بسیاری را به‌وجود آورده که به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود. Habib (۲۰۰۴)، ضمن اشاره به اهمیت و ضرورت ایجاد مدل استریو، مهم‌ترین خصوصیت آن را عاری‌بودن از جا به‌جایی در جهت Y یا در ردیف‌های دو تصویر استریو برشمرد. وی در ادامه کاربرد داده‌های سنجش از دور با ساختار هندسی^۴ را در توجیهات نسبی اتوماتیک^۵، مثلث‌بندی اتوماتیک و تولید اتوماتیک

¹ Charged Coupled Devices

² Image line

³ Cross-track

⁴ Epipolar geometry

⁵ Image matching Automatic

مدل رقومی ارتفاعی^۱ و Ortho Photo عنوان نمود. Morgan (۲۰۰۴)، مراحل مرسوم فتوگرامتری رقومی را برای ایجاد ساختار هندسی Epipolar در کاربردهای عمومی سخت و پیچیده دانست. به همین دلیل استفاده از مدل دو بعدی افاین^۲ را مناسب دانست. Liang و همکاران (۲۰۰۲) تحقیقات مشابهی را در منطقه شهری و با داده‌های IKONOS انجام دادند. آن‌ها نشان دادند که در داده‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا مثل IKONOS جا به جایی به علت پستی و بلندی عوارض وجود دارد که باعث پائین آمدن دقت مکانی این داده‌ها می‌شود. این عارضه در مناطق شهری به علت ارتفاع ساختمان‌ها مشاهده می‌شود که در نهایت برای رفع جا به جایی و بالابردن دقت مکانی تصاویر یادشده، تولید Orthophoto را پیشنهاد کرده‌اند. Pakorn (۲۰۰۱)، در تحقیقی که بر روی تصاویر Landsat7 انجام داد، بیان کرد که در داده‌های ماهواره‌ای به علت وجود پستی و بلندی، جا به جایی در موقعیت عوارض وجود دارد که باعث پائین آمدن دقت مکانی داده‌های ماهواره‌ای می‌شود. به همین دلیل وقتی که نقشه‌های خطی مثل نقشه آبراه‌ها، جاده‌ها و غیره بر روی آن منطبق می‌شود، این عوارض دقیقاً در محل خود قرار نمی‌گیرند. وی برای رفع این مشکل، استفاده از فتوگرامتری رقومی و ایجاد Orthophoto را پیشنهاد کرده است و نشان داد که پس از ایجاد Orthophoto، عوارض دقیقاً در محل خود قرار می‌گیرند و تصویر تولید شده به یک نقشه مسطحاتی^۳ تبدیل می‌شود. در تحقیقی، Rongxing (۱۹۹۷) ضمن بررسی داده‌های سنجنش از دور برای تولید نقشه‌های ملی، جا به جایی ناشی از پستی و بلندی عوارض را در عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی‌های مختلف مقایسه کرد و نشان داد که در تمامی این داده‌ها به علت ارتفاع پرواز و توپوگرافی سطح زمین جا به جایی وجود دارد و در این رابطه روش‌های مرسوم فتوگرامتری را برای رفع آن، هم در عکس‌های هوایی و هم در داده‌های ماهواره‌ای پیشنهاد کرده است. در تحقیقی دیگر Greet (۱۹۹۹)، پدیده جا به جایی را در ابرها با ارتفاعات مختلف از سطح زمین و در عرض‌های مختلف جغرافیایی مقایسه کرد. وی اذعان داشت که هرچه ارتفاع ابر از سطح دریا بالاتر باشد، مقدار جا به جایی نیز بیشتر است. همچنین در عرض‌های جغرافیایی بالاتر به علت این که کروییت زمین بیشتر می‌شود، مقدار جا به جایی نیز بیشتر می‌شود. به عبارت دیگر مقایسه دو ابر با ارتفاع یکسان نشان می‌دهد که آن ابری که در عرض جغرافیایی بالاتر (نزدیک به قطب) واقع شده، جا به جایی بیشتری را به خود اختصاص داده است و بسیاری از تحقیقات دیگر، کارآیی و توسعه الگوریتم‌ها و روش‌های مورد استفاده در تصحیحات هندسی داده‌های سنجنش از دور را بررسی نموده‌اند، که نتایج و پیشرفت‌های زیادی را به دست آورده‌اند. ولی ضرورت تخصص در فتوگرامتری، دسترسی به نقاط کنترل زمینی و به کارگیری نرم افزارهای تخصصی گران قیمت مانع از به کارگیری نتایج حاصله به طور همه گیر و در تمام جنبه‌های کاربردی آن شده است. لذا در این تحقیق با بررسی ژئومتری داده‌های ASTER و مکانیسم تصویربرداری، روابط مورد نیاز برای تصحیح هندسی و رفع پدیده جا به جایی بدون به کارگیری روش‌های مرسوم، استفاده از نقاط کنترل زمینی و نرم افزارهای مربوطه طراحی شد.

مواد و روش‌ها

نوارهای استریو در داده‌های ASTER: همان‌گونه که در بالا ذکر شد، در این تحقیق از داده‌های ماهواره‌ای ASTER برای بررسی ژئومتری تصاویر حاصل از تصویر برداری PUSHBROOM استفاده شده است. داده‌های ASTER محدوده طیفی وسیعی را از حد مرئی تا حرارتی به وسیله چهارده نوار طیفی با قدرت تفکیک مکانی و رادیومتری بالا پوشش می‌دهد. به منظور پوشش دادن این محدوده وسیع، اجزا این سنجنده به سه زیر مجموعه تفکیک شده است که عبارتند از سنجنده طیفی مرئی و نزدیک مادون قرمز^۴ شامل سه نوار با قدرت تفکیک مکانی پانزده متر، سنجنده محدوده طیفی امواج کوتاه^۵ شامل شش نوار با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و سنجنده محدوده

^۱ Digital Elevation Model

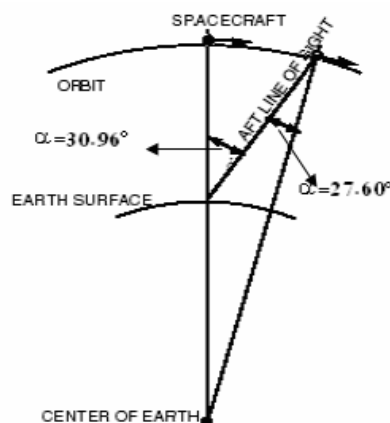
^۲ D2 Affine

^۳ Planimetric map

^۴ VNIR

^۵ SWIR

طیفی نوارهای حرارتی^۱ شامل پنج نوار با قدرت تفکیک مکانی ۹۰ متر. علاوه بر این در محدوده طیفی VNIR یک تلسکوپ اضافه برای تصویربرداری استریو تعبیه شده است که خصوصیات طیفی آن شبیه نوار سوم این محدوده است. این سنجنده در محدوده طیفی VNIR دارای نوارهای استریو با ضریب سطح به ارتفاع ۰/۶ (B/H=0.6) است (N₃, 3B)، که نوار B₃ تصویر Backward نوار N₃ است. شکل ۲ نحوه تصویربرداری و موقعیت سنجنده را در تصویربرداری نوارهای نادیر و Backward نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود، سنجنده در مسیر حرکت خود ابتدا به صورت عمود بر سطح مورد برداشت تصویر نادیر و سپس به صورت متمایل و با زاویه از پیش تعیین تصویر Backward را از همان منطقه برداشت می‌نماید. این زاویه طوری تعیین شده که نسبت سطح به ارتفاع برابر با ۰/۶ شود. بنابراین با توجه به رابطه $B/H = \tan \alpha$ ، زاویه دید Backward را نسبت دید نادیر ارائه می‌کند که برابر است با ۳۰/۹۶ درجه که این زاویه به دلیل کروییت زمین به ۲۷/۶۰ درجه تعدیل شده است.

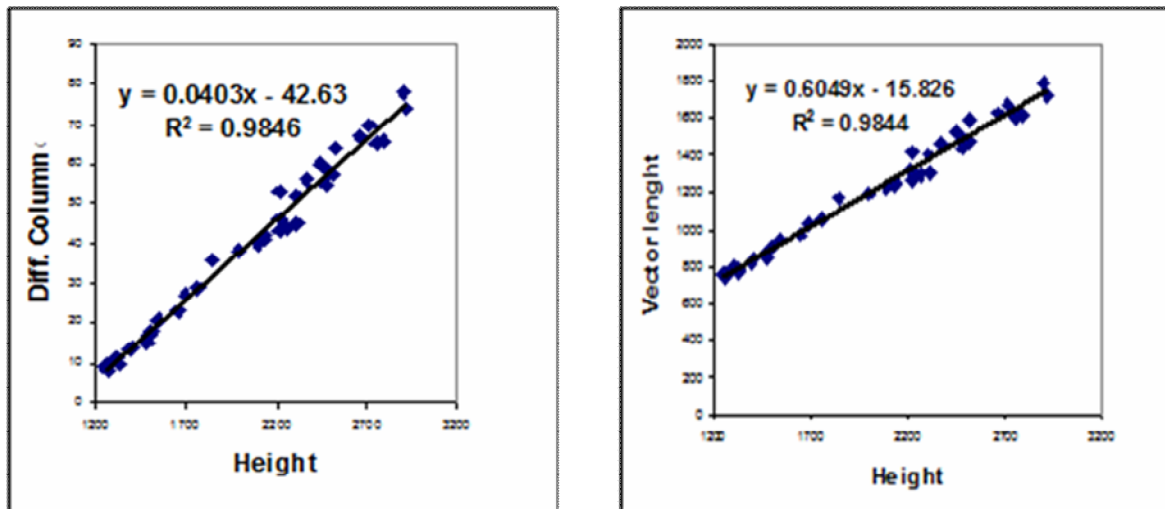


شکل ۲- نحوه ثبت نوارهای نادیر و Backward در محدوده طیفی NIR برای ارائه خصوصیات استریو

بررسی Epipolarity در نوارهای استریو: با توجه به اهداف تحقیق، از نرم افزار ILWIS 3.2 برای ایجاد Epipolar Stereo pair استفاده شد. به این منظور نوارهای B₃ (تصویر Backward) و N₃ (تصویر Nadir) به ترتیب تصاویر چپ و راست Stereo pair را تشکیل دادند این دو نوار در کنار و موازی یکدیگر دیده می‌شوند. در صورتی که دید استریو مطابق با نحوه برداشت، زمانی امکان‌پذیر است که این در مسیر سنجنده در امتداد یکدیگر قرار گیرند. به همین دلیل برای تولید Epipolar Stereo pair، با اعمال زاویه مناسب تصاویر استریو طوری همانندسازی شدند که شمال جغرافیایی آن‌ها بر مسیر حرکت سنجنده منطبق شود. به این ترتیب مسیر حرکت سنجنده از چپ به راست در صفحه مانیتور شده، امکان دید سه بعدی به صورت استریوسکوپ و یا آنالگراف به وجود می‌آید. در ادامه با استفاده از نقاط کنترل زمینی^۲ و مقایسه مختصات آن‌ها با مختصات محل‌های قرارگیری آن‌ها در تصویر Backward (با استفاده از استریوسکوپ)، جا به جایی در جهت‌های X و Y اندازه‌گیری شد. همان‌طور که انتظار می‌رفت، این مدل عاری از جا به جایی در جهت X بوده، رابطه تغییرات ارتفاع نسبت به جا به جایی در ستون‌های تصویر به دست آمد (شکل ۳). همان‌طور که در شکل (۳-الف) ملاحظه می‌شود، هر پیکسل جا به جایی نشان‌دهنده ۲۵ متر اختلاف ارتفاع است. که این رابطه با توجه به ضریب سطح به ارتفاع (B/H=0.6) تعیین شده برای سنجنده ASTER و قدرت تفکیک مکانی این داده‌ها قابل تأیید می‌باشد (شکل ۳-ب). حاصل ضرب اندازه پیکسل (۱۵) در نسبت سطح به ارتفاع (۰/۶) برابر با ۲۵ متر می‌شود.

¹ TIR

² GCP



ب

الف

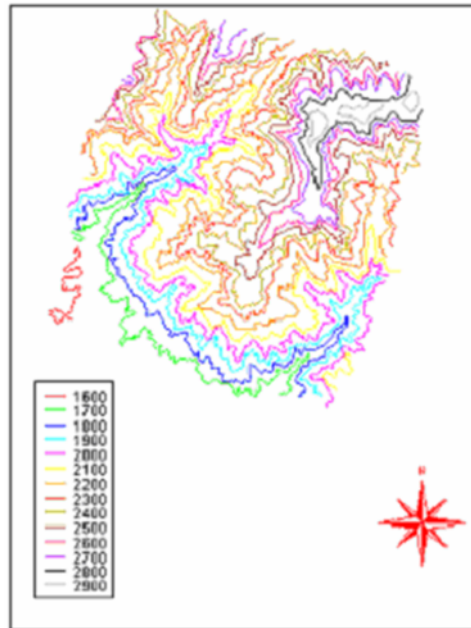
شکل ۳- نمودار (الف) رابطه بین جا به جایی در ستون‌ها و اختلاف ارتفاع و نمودار (ب) رابطه طول بردار بین نقاط کنترل در دو تصویر نادر و Backward و اختلاف ارتفاع

استخراج ارتفاع و رقومی سازی خطوط تراز: این نرم افزار قادر است در محیط آناگلیف، دو تصویر Epipolar را نسبت به یکدیگر در جهت حرکت سنجنده و یا بالعکس (چپ به راست و یا راست به چپ در نمایش گر)، به تعداد پیکسل‌های دلخواه جا به جا نماید^۱. بنابراین سطوح ارتفاعی عوارض با دقت ۲۵ متر با استفاده از رابطه تغییرات ارتفاع نسبت به تعداد پیکسل‌های جا به جاشده قابل برآورد خواهد بود. لذا مشخص بودن ارتفاع یک نقطه به عنوان سطح مبنا ضروری است (شکل ۳-الف).

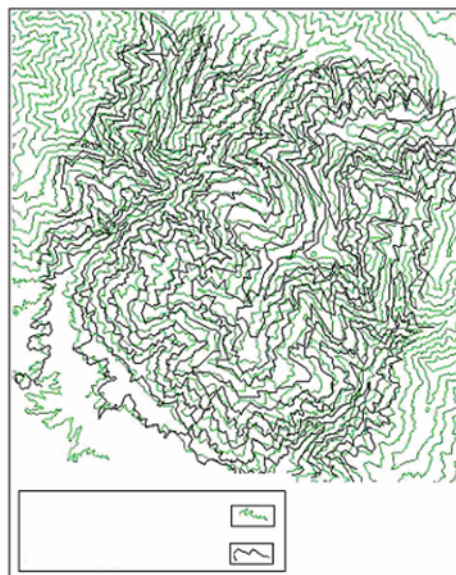
برای ایجاد مدل استریو مورد بررسی، در هر تصویر از دو نقطه تحت عنوان PP و PTP استفاده می‌شود که هر PTP دارای خصوصیات مکانی مشابه با محل انتخاب PP در تصویر دیگر است (مثل تقاطع رودخانه، قله و...). موقعیت PP نسبت به PTP در هر تصویر، مقدار زاویه مناسب برای دوران تصاویر را مشخص می‌کند. طوری که پس از چرخش، این چهار نقطه در یک ردیف قرار گرفته، مسیر حرکت سنجنده از چپ (شمال جغرافیائی مدل) به راست (جنوب جغرافیائی مدل) در نمایش گر منطبق شود. در این حالت، موقعیت نقاط PP و PTP در دو تصویر استریو فاقد هرگونه جا به جایی هستند. بنابراین ارتفاع نقطه PP در تصویر نادر، به عنوان سطح ارتفاعی مبنا، تعیین و ارتفاعات سطوح دیگر مدل و با جا به جایی تصاویر استریو نسبت به یکدیگر برآورد خواهد شد (Liang و همکاران، ۲۰۰۲). در این تحقیق، ارتفاع نقطه PP تصویر نادر ۲۲۰۰ متر بود (Pixelshift=0). بنابراین ارتفاع عوارض ۲۳۰۰ متر با چهار پیکسل جا به جایی و ۲۱۰۰ متر با منفی چهار پیکسل جا به جایی قابل استخراج خواهند بود. با استفاده از این قابلیت، خطوط تراز منطقه مورد مطالعه با فواصل ۱۰۰ متر رقومی شده که در شکل ۴ (از ارتفاع ۱۶۰۰ متر تا ۲۹۰۰ متر) به ترتیب با اعمال ۲۴- تا ۲۸ پیکسل جا به جایی) قابل مشاهده است. با در اختیار داشتن نقشه رقومی توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ (تهیه شده از سازمان نقشه برداری کشور) از منطقه مورد مطالعه (قسمتی از کوه‌های بینالود در استان خراسان)، مقایسه‌ای بین موقعیت مکانی و ارتفاعی خطوط تراز رقومی شده و نقشه موجود صورت گرفت. مقایسه انجام شده حاکی از وجود جا به جایی سرتاسری^۲ در کل منطقه مورد مطالعه بود (شکل ۵).

^۱ Pixelshift

^۲ Consistent Shift



شکل ۴- خطوط تراز رقومی شده از ارتفاع ۱۶۰۰ متر تا ۲۹۰۰ متر به ترتیب با اعمال ۲۴- تا ۲۸ پیکسل جا به جایی



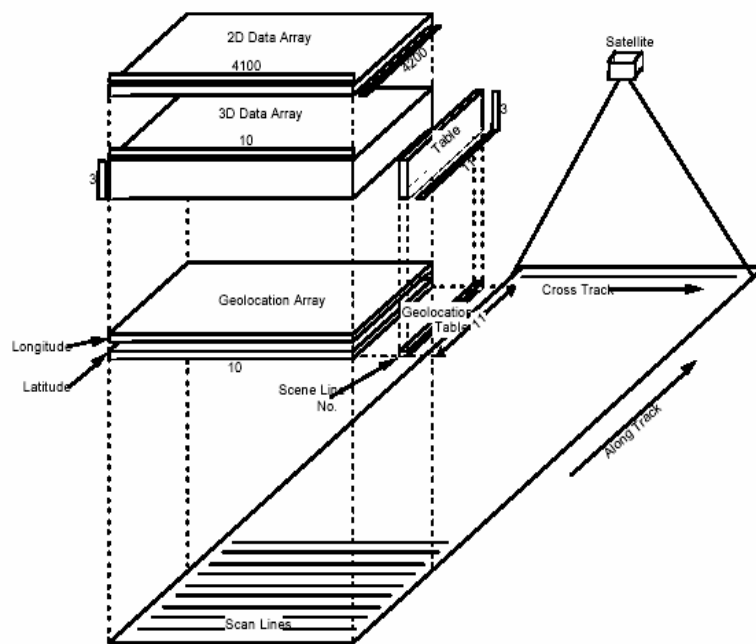
شکل ۵- مقایسه بین خطوط تراز رقومی شده و نقشه رقومی توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ موجود

ژئومتری داده‌های ASTER: این داده‌ها طی پردازش‌های اعمال شده، سطوح مختلفی از اطلاعات را تولید می‌کنند. پس از اخذ تصویر از سطح زمین، داده‌ها در نوارهای طیفی جداگانه قرار گرفته، داده‌ها به صورت یک نوار طولانی از مشاهدات زمینی ذخیره می‌شوند. سپس با استفاده از اطلاعات مربوط به موقعیت سنجنده در مدار حرکت خود و اطلاعات تکمیلی موقعیت حساسه نسبت به سنجنده، مختصات بردار مشاهده‌گر^۱ به مختصات جغرافیائی نقطه مورد مشاهده در سطح زمین تبدیل می‌شود. این تصحیحات، امکان قطعه‌بندی داده‌ها را به قطعات تعیین شده بر اساس سامانه مرجع جهانی^۲ فراهم می‌کند. اولین محصول از این داده در سطح Level-1A ارائه شده که شامل داده‌های خام تصویر، ضرایب مورد نیاز برای تصحیحات رادیومتریک و ژئومتریک است. با اعمال ضرایب و تصحیحات رادیومتریک

^۱ Line of sight vector

^۲ World Reference System

و ژئومتریک، داده‌های Level-1B تولید می‌شود. در این تحقیق هر دو نوع محصول مورد بررسی و استفاده قرار گرفت. داده‌های Level-1A در یک فایل HDF ذخیره می‌شود (قابل بررسی به وسیله نرم‌افزار HDF explorer). این فایل شامل کلیه اطلاعات مربوط به یک تصویر بوده که در جداول و دسته‌های یک تا سه بعدی تنظیم شده است. شکل ۶ اطلاعات یک تصویر را در این فایل به‌طور مفهومی نشان می‌دهد. هر ردیف از مشاهدات زمینی به وسیله ۱۱ آشکارگر^۱ برداشت می‌شود. بنابراین اطلاعات *line of sight vector* در یک مجموعه سه‌بعدی شامل ۱۳ مجموعه داده (تعداد ردیف‌ها در هر تصویر در نوارهای VNIR) بوده که هر سری با ۱۱ ردیف و سه ستون، اجزا *line of sight vector* را در عرض مسیر تصویربرداری ارائه می‌کند. شکل ۷، اولین سری از ۱۳ سری (اولین خط مشاهده) *line of sight vector* را در منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد. ستون اول تا سوم به ترتیب حاکی از اجزای X ، Y و Z را در هر خط برداشت بوده که در تمام مجموعه‌ها برابر هستند. پس در ردیف ششم زاویه تصویربرداری^۲ ملاحظه می‌شود.



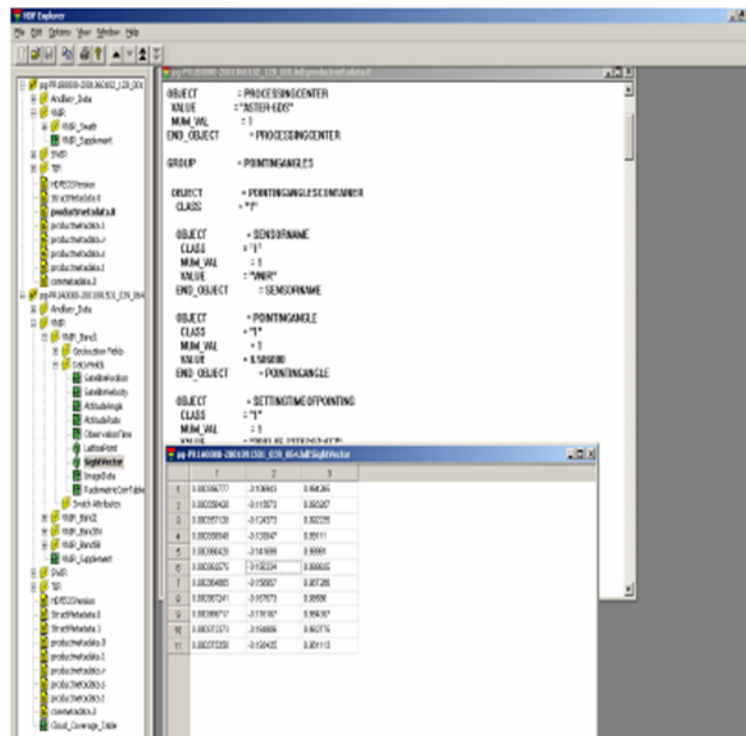
شکل ۶- چگونگی ذخیره داده در فایل‌های HDF

همان‌طور که اطلاعات فوق نشان می‌دهد، تصویربرداری در نادیر هر تصویر (در تصویر نادیر) دقیقاً عمود بر مسیر پرواز است (مولفه X تقریباً برابر با صفر است)، ولی برای پوشش عرضی هر تصویر، زاویه دید جانبی به میزان $2/5$ درجه بیشتر و $2/5$ درجه کمتر از زاویه تصویربرداری تغییر می‌کند. بنابراین، مختصات رقومی شده (خطوط تراز) در محدوده دقت مکانی این داده برای نقاطی که دقیقاً بر سطح بیضوی زمین^۳ قرار دارند، صحیح است. در صورتی که نقاط بالاتر یا پایین‌تر از این سطح بنا به تغییرات *Line of sight vector* دارای جا به جایی هستند. زیرا مقدار آن با توجه به زاویه تصویربرداری، در حد فاصل لبه‌های چپ و راست تصویر تغییر می‌کند (این سنجنده برای پوشش کامل سطح زمین و دستیابی به بیشینه تکرار چرخش، قادر به تصویربرداری از اطراف مسیر خود به میزان 24 +/- درجه است).

¹ Detector

² pointing angle

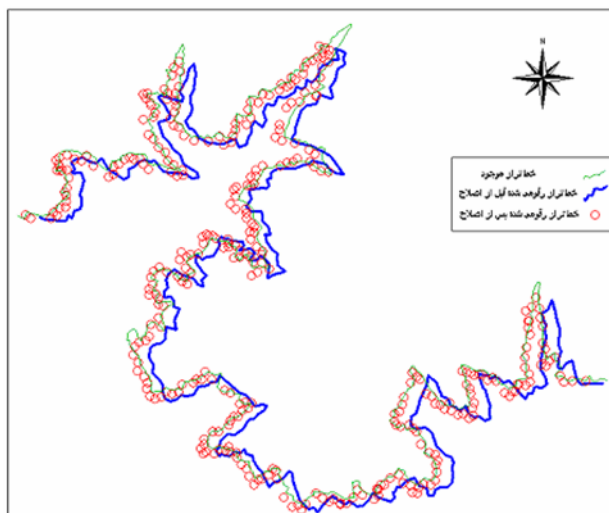
³ Ellipsoid



شکل ۷- اجزا line of sight vector منطقه مورد بررسی در HDF explorer

اندازه‌گیری و تصحیح جا به جایی ناشی از زاویه دید جانبی: خطوط تراز در مدل استریو، با مختصات تصویر نادیر استخراج شده و تصویر backward تنها برای دید استریو مورد استفاده قرار گرفت. بنابر تاثیر زاویه دید جانبی و همان‌طور که شکل ۵ نشان می‌دهد، تمام نقاط رقومی شده به جوانب خود جا به جا شده‌اند (نسبت به موقعیت صحیح نقاط). برای سهولت در محاسبه مقدار جا به جایی در مختصات UTM، یک صفحه گسترده ایجاد شد که طی مراحل زیر مقدار جا به جایی را محاسبه و موقعیت صحیح نقاط را تعیین می‌کند. الف) وارد کردن مختصات (X&Y) چهار گوشه تصویر و یا مختصات چهار گوشه شبکه‌ای که محاط بر منطقه مورد مطالعه بوده، به طوری که وجوه آن موازی با لبه‌های تصویر باشد، ب) وارد کردن مقدار Y (line of sight vector) برای چهار نقطه فوق، ج) تعیین پارامترهای مورد نیاز برای تبدیل مختصات چهار نقطه وارد شده (X و Y) به ترتیب به (-1 -1)، (-1 و +1)، (+1 و -1) و (+1 و +1) به روش bilinear (برای تعیین موقعیت هر نقطه نسبت به نقاط جلویی و کناری در مختصات جدید، د) دست‌یابی به روابط Affine، بین (تغییرات) مختصات X و Y و (تغییرات) نقاط جلویی و کناری حاصل از تبدیل مرحله قبل در واحد متر، ه) از این مرحله به بعد با استفاده از روابط فوق و ورود مختصات نقاط (X و Y و h) محاسبات زیر دنبال می‌شود.

۱. محاسبه موقعیت نقاط جلویی و کناری برای هر یک از نقاط
۲. محاسبه زاویه دید برای تمام نقاط با استفاده از درون‌یابی به روش bilinear
۳. محاسبه مقدار جا به جایی (در واحد متر) بر اساس ارتفاع نقاط و زاویه دید
۴. تبدیل جا به جایی محاسبه شده به جا به جایی در مختصات X و Y
۵. تصحیح مختصات نقاط وارد شده با اضافه کردن جبری مقدار جا به جایی به مختصات ورودی
۶. محاسبه و تصحیح جا به جایی در تصویر backward، با اضافه کردن جا به جایی تعریف شده در مسیر پرواز با اعمال ۰/۶ به جای تانژانت زاویه دید



شکل ۸- مقایسه خطوط تراز رقومی شده، خطوط تراز نقشه توپوگرافی و خطوط تراز تصحیح شده

نتایج و بحث

خطوط تراز استخراج شده به طور جداگانه به تعدادی نقاط هم ارتفاع تبدیل و مختصات و ارتفاع آن‌ها برای محاسبه میزان جا به جایی و تصحیح مورد استفاده قرار گرفت. مختصات تصحیح شده، مجدداً به نقشه نقاط تبدیل و با خطوط تراز رقومی شده و خطوط تراز منطقه، مورد مقایسه قرار گرفت. شکل ۸، ارائه مقایسه صورت گرفته، نشان می‌دهد که خطوط و تراز تصحیح شده ضمن حفظ همانندی به طور قابل قبول بر خطوط تراز منطقه منطبق است. اختلافات اندک بین آن‌ها می‌تواند به دلایل زیر باشد.

۱. محدودیت در دقت رقومی سازی خطوط تراز با توجه به کیفیت تصویر (شفافیت کم و وجود سایه در

بعضی نقاط)

۲. مشخص نبودن دقت خطوط تراز منطقه، ولی باید اذعان داشت که احتمالاً به مراتب دقیق تر از خطوط

رقومی شده می‌باشند.

با توجه به منابع خطا ذکر شده، می‌توان ادعا کرد که داده‌های ASTER دارای خطای زمین مرجع خاصی نبوده و خطای قابل مشاهده در آن، به طور عمده به دلیل جا به جایی ناشی از زاویه دید جانبی است. بنابراین در تصاویر تصحیح شده، تصویر نادیر در جهت خط پرواز دارای ژئومتری orthophoto است. همچنین ژئومتری تصویر backward در عرض خط پرواز مشابه با ژئومتری تصویر نادیر بوده، تصویر backward در مسیر حرکت سنجنده خصوصیات ایجاد مدل استریو را دارا است. همچنین رابطه بین تغییرات ارتفاع و جا به جایی در جهت X حاکی از حداکثر دقت است. زیرا هر پیکسل جا به جایی ۲۵ متر اختلاف ارتفاع دقتی معادل با یک پیکسل را نشان می‌دهد. بنابراین نقاط کنترل زمینی (GCP) تاثیری بر دقت این تحقیق نخواهد داشت.

منابع مورد استفاده

1. ERSDAC. 2001. ASTER level 1 data products specification (GDS Version). Ver 1.3., 25 June.
2. ERSDAC . 2001. ASTER user guide. Part 1. Ver 3.1. March.
3. ERSDAC, 2001. ASTER user guide. Part 2. Ver. 3.1. March.
4. Geerts, B. 1999. Parallax correction in satellite images. <http://www.das.uwyo.edu/~geerts/cwx/notes/chap02/parallax.html>.
5. Habib, A., A.E.M. Kim, M. Morgan and I. Couloigner. 2004. Dem generation from high resolution satellite imagery using parallel projection model. XXth ISPRS Congress, Istanbul, Turkey.
6. Morgan, M. 2004. Epipolar resampling of linear array scanner scenes. PhD Dissertation, Department of Geomatics Engineering, University of Calgary, Canada.
7. Liang, C.C., Y.L. Chiu and Y.R. Jiann. 2002. The generation of true orthophoto from IKONOS GEO images. <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2002/vhr/129.pdf>.

8. Pakorn, A. 2001. Geometric displacement in a non ortho-rectified space born image. 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Singapore.
9. Partovi, A. 2003. Suitability study of ASTER data geometry to digitize contour lines in ILWIS. MSc Thesis, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, The Netherlands.
10. Rongxing, L. 1997. Potential of high-resolution satellite imagery for national mapping products. <http://www.shoreline.eng.ohio-state.edu/ron/teaching/787/paper3.pdf>.

Effect of side ward looking angle in geometry of image by Pushbroom

Afshin Partovi¹, Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

Received: 19 April 2010

Accepted: 21 October 2010

Abstract

Remotely sensed data is now being acquired and it is hoped the earth's surface will be imaged more and more precisely to support their information systems by accurate data with high spatial resolution. The most advantage of this technique can be mentioned to acquire earth surface data with all of its details depend on the spatial resolution of satellite imagery. Due to remote sensing applications, there are some factors with efficient effects on the accuracy of the obtained results. Such that, there is not avoidable Relief Displacement correction in DEM generation or data fusion works. A lot of researches have been done to remove Relief Displacement caused by imaged feature's height and scanning array by different algorithms of Ortho Photo rectification. In this approach the geometry of 1A and 1B level products of ASTER images was studied to develop a method based on rotation re sampling for Epipolar Stereo Pair Model generation in Non-Photogrametric software. Then the generated model was used to digitize contour lines with 100 meters interval of constant parallax (in row-parallax on the screen, i.e. $col=0$). The result of comparison shows a consistent shift in georeference of digitized contour map with respect to the existing contour map and ground control points that can be caused by the effect of side ward looking angle and height of feature. Thus, the effective parameters such as pointing angle and height of feature were applied to develop a mathematical formula in Excel software to measure amount of shifts and finally correct it. The research show the amounts of shift are varying depends on position of the points in the image and its heights. Furthermore, the developed formula enables us to remove Relief Displacement without any changes on the radiometric properties of image data.

Key words: Data fusion, Earth surface data, Relief displacement, Remote sensing, Re sampling

¹ partovi@scwmri.ac.ir