



تولید مدل رقومی ارتفاع با استفاده از زوج تصویر سنجنده ASTER

فاطمه شفیعی خورشیدی^{۱*}، حمید رضا متین فر^۲، سید کاظم علوی پناه^۳، مهدی فرخی^۴

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس
۲. استادیار، علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
۳. استاد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
۴. کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:
دریافت: ۲۵ مرداد ۱۳۹۰
پذیرش: ۱۰ آذر ۱۳۹۰
دسترسی اینترنتی: ۵ دی ۱۳۹۰

واژه‌های کلیدی:

مدل رقومی ارتفاع
زوج تصویر
الگوریتم همبستگی
ASTER

چکیده

مدل رقومی ارتفاع در بسیاری از علوم زمین و محیطی مانند کنترل فرسایش، برنامه‌ریزی سیل، راه‌سازی، شناسایی منابع ارضی و غیره مورد نیاز می‌باشد. مدل رقومی ارتفاع می‌تواند با استفاده از منابع متعددی به دست آید که تصاویر زوج استریو یکی از آنها است. نتایج محصولات مشتق شده از مدل رقومی ارتفاع همچون شیب، جهت شیب و غیره به دقت حاصل از مدل رقومی ارتفاع بستگی دارد. از اینرو در این تحقیق از تصاویر سنجنده ASTER که قابلیت تهیه تصاویر به صورت زوج و با فاصله زمانی کم (جهت کاهش تغییرات رخ داده در سطح زمین) را دارا می‌باشد، جهت تهیه مدل رقومی ارتفاعی استفاده گردید. هدف از این تحقیق بررسی چگونگی استخراج مدل رقومی ارتفاع از زوج تصویر سنجنده ASTER می‌باشد که تصاویر محدوده کاشان با تنوع توپوگرافی و دامنه ارتفاعی بین ۷۵۰ تا ۳۴۲۰ متر مورد استفاده قرار گرفت. استخراج مدل رقومی ارتفاع بر مبنای الگوریتم همبستگی بین تصویر راست (N3) و تصویر چپ (B3) به دست آمد، هرچه همبستگی بین این دو تصویر بیشتر باشد، تطبیق هندسی دو تصویر بیشتر بوده و مدل رقومی ارتفاع دقیق‌تری به دست خواهد آمد. در نهایت با استفاده از همبستگی بین دو تصویر که برابر با ۰/۴۱ پیکسل بوده، ارتفاع نسبی به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که سنجنده ASTER به علت تصویربرداری در امتداد پرواز، مدل رقومی ارتفاع دقیقی را به دست می‌دهد. زیرا دقت به دست آمده از این تصاویر کمتر از یک پیکسل بوده، که سبب بهبود در استخراج محصولات حاصل از مدل رقومی ارتفاع می‌گردد.

می‌توان برای تصحیح اتمسفری و رادیومتریک بسیاری از ماهواره‌های مشاهداتی سطح زمین از آن استفاده کرد (۱۸).

مفهوم اولیه مدل رقومی ارتفاع در اواخر دهه ۱۹۵۰ مطرح گردید و از آن زمان تاکنون پیشرفت‌های زیادی حاصل شده است. به علت امتیاز ویژه‌ای چون رقومی بودن و سهولت تجزیه و تحلیل این اطلاعات روز به روز بر میزان کاربرد آن افزوده می‌شود. بیش از ۲۵ سال قبل تلاش‌هایی در جهت توسعه قابلیت سیستم‌های سنجنده‌ها و ماهواره‌ها در جهت تولید مدل رقومی ارتفاع در فرمت رقومی شروع شده است. موفقیت‌آمیزترین این تلاش‌ها به زمان پرتاب ماهواره‌های فرانسوی SPOT (1-4) برمی‌گردد. با پرتاب ماهواره SPOT-1 در سال ۱۹۸۶ که به صورت عمود بر امتداد پرواز (Cross Track) با قدرت تفکیک ۱۰-۲۰ متر تصویربرداری می‌کرد، تحول عظیمی در مدل رقومی ارتفاع و کاربردهای آن در مطالعات زیست‌محیطی ایجاد گردید. مطالعات زیادی بر روی استخراج مدل رقومی ارتفاع با استفاده از اسکنرهایی که شامل یک سری آشکارساز خطی در صفحه کانونی عدسی می‌باشند و المان‌های توجیه خارجی هر خط با خط مجاور متفاوت است (Pushbroom)، با قدرت تفکیک بالا توسط EROS A1 (۶) و SPOT 5 (۱۷) صورت گرفت. علاوه بر این فرض شده است که استخراج اتوماتیک مدل رقومی ارتفاع با استفاده از داده‌های دورسنجی با دقت کمتر از پیکسل نیز امکان‌پذیر می‌باشد (۱۴). در سال‌های اخیر، ماهواره‌های دیگری نظیر IRS، LANDSAT (ETM⁺) و TERRA (ASTER) نیز در تولید تصاویر به کار رفته‌اند (۵). که در بین آنها ASTER با قابلیت تصویربرداری سه بعدی در امتداد یک خط پرواز نسبت به بقیه برتری دارد. اهمیت قابل توجه این سنجنده در استفاده از تصاویر قبلی و بعدی در یک مدار و همزمانی برداشت تصویر که به کاهش خطاهای رادیومتری و خطاهای ناشی از حرکت سنجنده تا حداقل ممکن می‌انجامد، می‌باشد. بقدری که توانسته تفکیک هندسی و نمایش مطلوب‌تر جزئیات در DEM ساخته شده از SPOT را جبران نماید و در این رابطه ASTER نسبت به SPOT در تولید DEM برتری دارد (۲۰).

کوارترو و همکاران (۷) با استفاده از نرم افزار ERDAS و PCI مدل رقومی ارتفاع با دقت ۳۰ متر از تصاویر ASTER

مدل رقومی ارتفاع (Digital Elevation Model) نمایش رستری سطح زمین به گونه‌ای که هر نقطه بر روی تصویر دارای ارتفاع متناظر خود بر روی زمین می‌باشد، و سالیان اخیر به عنوان ابزاری موثر در به تصویر کشاندن ارتفاع و استخراج داده‌های مربوط به پستی و بلندی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۳ و ۱۵). همچنین در بسیاری از مسائل مرتبط با زمین از جمله تولید تصاویر اورتو، تعیین موقعیت مناسب برای شهر، دفع مواد زائد، کشاورزی، تولید خطوط منحنی میزان، بررسی قابلیت دید، دید سه‌بعدی و غیره مورد نیاز می‌باشد (۱۲). از اینرو دقت حاصل از تولید مدل رقومی ارتفاع در استفاده از آن در برنامه‌ریزی‌های مربوطه تاثیرگذار است. تهیه مدل رقومی ارتفاع با استفاده از منابع اطلاعاتی متنوعی امکان‌پذیر می‌باشد از جمله نقشه برداری زمینی، عکسبرداری هوایی، رادار، آلتی متری لیزری و نقشه‌های توپوگرافی (۱۶) که برخی از آنها به دلیل کافی نبودن اطلاعات ارتفاعی سبب بروز خطا در تولید مدل رقومی ارتفاع می‌گردند، که اغلب از چشم‌کاربر دور می‌ماند، اما تاثیر خود را در محاسبات بعدی می‌گذارد. مشکلات تهیه نقاط کنترل زمینی و وجود اختلاف رادیومتریک بین زوج تصاویر ماهواره‌ای به دلیل تهیه آنها در زمان‌های مختلف سبب می‌شود که فرآیند انطباق تصاویر استریو با مشکل همراه شود (۴). اما پوشش وسیع و قدرت تفکیک زمانی خوب موجب شده است که از این تصاویر برای تهیه مدل رقومی ارتفاع استفاده گردد. این امر خود سبب افزایش سرعت، دقت و همچنین مقرون به صرفه بودن آن از نظر اقتصادی می‌شود. عوامل بسیار زیادی در تعیین ویژگی پدیده‌های موجود در سطح زمین تاثیرگذار هستند که ارتفاع تنها یکی از این عوامل می‌باشد، اما با استفاده از این ویژگی می‌توان مجموعه‌ای از ویژگی‌های دیگر چون شکل و توپوگرافی سطح زمین را به دست آورد. مدل رقومی ارتفاع داده‌های ارتفاعی را نمایش می‌دهد و منبع اصلی داده‌های رقومی جهت تهیه نقشه‌های شیب و جهت شیب بوده و بصورت مدل‌های نقطه‌ای، خطی، شبکه‌ای (grid/raster) و شبکه‌های مثلثی نامنظم (TIN) نمایش داده می‌شود. همچنین

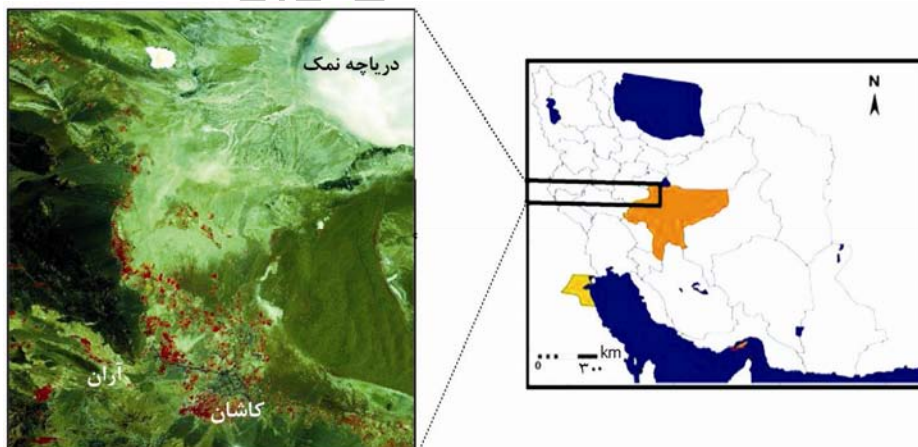
داده‌ها، بررسی نیمرخ‌های طولی و پارامترهای آماری برای بررسی دقت مکانی و ارتفاعی DEM تولید شده به کار گرفته شد. نتایج نشان می‌دهد که با به کارگیری تعداد مناسب نقاط کنترل زمینی و توزیع یکنواخت آنها می‌توان DEM با دقت ± 20 متر به دست آورد.

با توجه به تحقیقات صورت گرفته در این زمینه هدف از این تحقیق بررسی چگونگی استخراج مدل رقومی ارتفاع از زوج تصاویر ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) به عنوان یکی از منابع مهم و قابل توجه در تولید مدل رقومی ارتفاع و بالا بردن دقت، جهت استخراج محصولات حاصل از آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

منطقه مورد مطالعه در غرب ایران مرکزی و در قسمتی از چاله زمین ساختی قم - اردکان قرار دارد. محدوده مورد بررسی در استان اصفهان و شامل اراضی آران، بیدگل، قم و کاشان، بین 34° تا $34^{\circ} 30'$ عرض شمالی و 51° تا $51^{\circ} 30'$ طول شرقی قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد بررسی در استان‌های قم و کاشان

تصحیحات هندسی و رادیومتریک برای همه باندها می‌باشد، استفاده گردید. ابعاد تصاویر دریافتی در باند مرئی و مادون قرمز نزدیک برابر 4200 سطر و 4980 ستون و باند مادون قرمز نزدیک (3B) برابر 4600 سطر و 4980 ستون می‌باشد. زوج

تهیه کردند، نتیجه به دست آمده نشان داد که DEM حاصله از ERDAS از دقت کافی برخوردار نمی‌باشد. توتین و چنگ (۱۹) دقت DEM به دست آمده از تصاویر ASTER را 25 متر برآورد کردند و با استفاده از نرم افزار Geomatica PCI به مقایسه بین این DEM و USGSS DEM انحراف معیار را $11/8$ به دست آوردند که کمتر از اندازه یک پیکسل است. هرنو و همکاران (۱۱) با استفاده از تصاویر ASTER، مدل رقومی ارتفاع برای سه منطقه کوهستانی اندس (Andes mountains)، هانتسویل (Huntsville) و سن برنردینو (Sanbernrdino) را تهیه و دقت آنرا مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که دقت DEM به دست آمده در حد نقشه‌هایی با مقیاس $1:50000$ است. رکنی دیلمی (۱) با استفاده از تصویر ASTER به تولید مدل رقومی ارتفاع شهرستان فسا از توابع استان فارس پرداخت. روش مورد استفاده وی در تولید مدل رقومی ارتفاع، روش تطابق‌یابی (ضریب همبستگی عرضی) بر اساس درجات خاکستری پیکسل‌های تصویر می‌باشد. نتایج به دست آمده در منطقه حاکی از این است که دقت DEM در مناطق دشتی کمتر از مناطق کوهستانی است.

کمالی و همکاران (۳) برای تولید DEM از نرم افزار PCI و مدل هندسی دقیق استفاده کردند و همبستگی مکانی بین

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از تصاویر مربوط به سنجنده ASTER مستقر بر روی ماهواره ترا (Terra) در سطح پردازشی 1B مربوط به تاریخ ۱۰ مرداد سال ۱۳۸۱ و ردیف 341N که دارای

استریو بسیار کم و در نتیجه تغییرات سطح زمین، اتمسفر و شدت روشنایی بین دو تصویر به حداقل خواهد رسید (۱۳).

تولید مدل رقومی ارتفاع

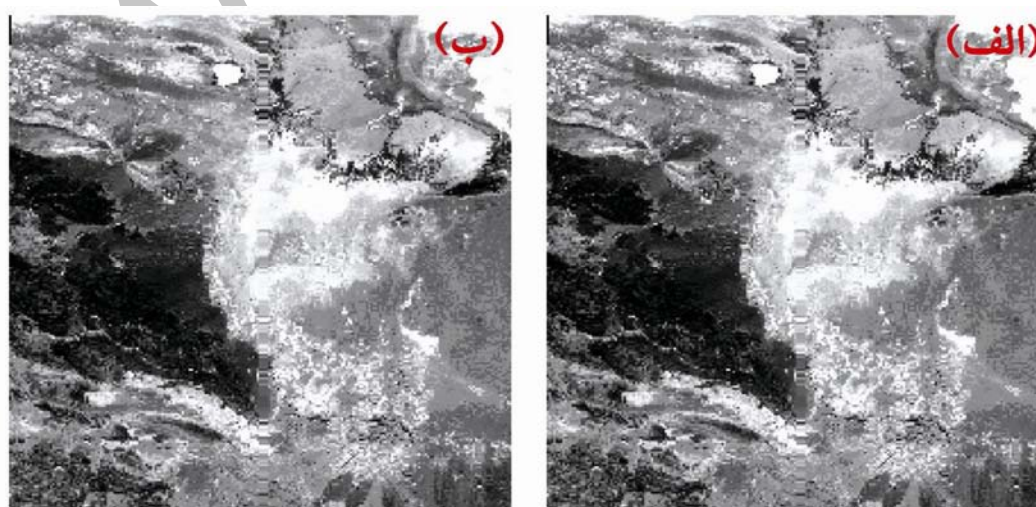
عوامل متعددی در رویکرد کاربردی برای تولید مدل رقومی ارتفاع همچون: قدرت تفکیک مکانی تصویر، مورفولوژی منطقه مورد مطالعه و کاربرد نهایی مدل رقومی ارتفاع وجود دارد (۸). برای تولید DEM با استفاده از سنجنده‌های نوری، دو تصویر که از یک منطقه تهیه شده‌اند، مورد نیاز است. در این تحقیق، تصاویر سنجنده ASTER در محدوده طیفی ۰/۷۸ تا ۰/۸۶ با سطح پردازشی 1B که کلیه تصحیحات هندسی و رادیومتریک مورد نیاز بر روی آن انجام شده، استفاده گردید. جدول ۱ مشخصات زوج تصاویر مورد استفاده و شکل ۲ زوج تصاویر تهیه شده با استفاده از سنجنده ASTER جهت تولید DEM برای منطقه مورد مطالعه را نمایش می‌دهد.

تصاویر دریافتی توسط این ماهواره هر دو روز یکبار از یک منطقه به صورت مجدد تصویربرداری می‌کند. سنجنده ASTER دارای سه زیرسیستم مرئی و مادون قرمز نزدیک (VNIR)، مادون قرمز میانی (SWIR) و حرارتی (TIR) است که در ۱۴ باند با قدرت تفکیک ۱۵ تا ۹۰ متر تصویربرداری می‌کند.

تصاویر محدوده طیفی VNIR با استفاده از دو تلسکوپ یکی در جهت نادیر (Nadir viewing) و دیگری با انحراف ۲۷/۶ درجه خارج از نقطه نادیر (Backward viewing) با قدرت تفکیک ۱۵ متر جهت تولید مدل رقومی ارتفاع مورد استفاده قرار می‌گیرد. ماهواره ترا از نظر دید برجسته بینی جزء ماهواره‌های Push broom محسوب می‌شود که تصویربرداری آن در محدوده طیفی VNIR در جهت خط پرواز صورت می‌گیرد (یعنی امکان تهیه زوج استریو به طور همزمان از یک مدار وجود دارد). مزیت این روش نسبت به روش عمود بر خط پرواز این است که فاصله زمانی (تأخیر) بین تهیه تصاویر

جدول ۱. مشخصات زوج تصویر به کار گرفته شده برای استخراج مدل رقومی ارتفاع

محدوده طیفی	سیستم تصویر	بیضوی مبنا	قدرت تفکیک (متر)
3N(۰/۷۸ - ۰/۸۶)	UTM, Zone 39, north	WGS-84	۱۵
3B(۰/۷۸ - ۰/۸۶)	UTM, Zone 39, north	WGS-84	۱۵



شکل ۲. تصویر 3N (الف)؛ تصویر 3B (ب) سنجنده استر

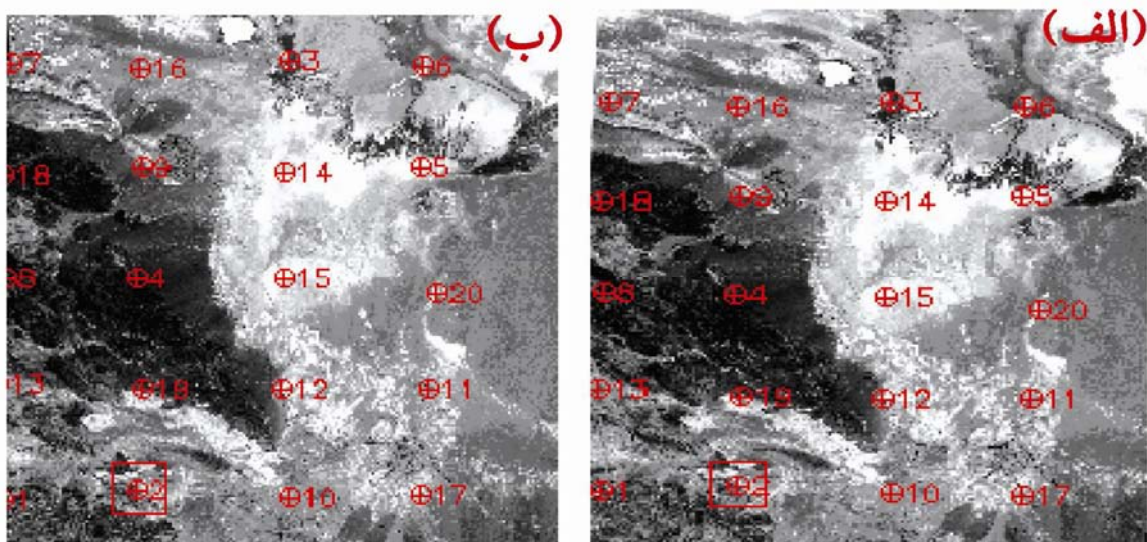
ب) اگر انطباق بین دو تصویر تنها با استفاده از نقاط بست (Tie Point) صورت گرفته باشد خروجی به صورت مدل رقومی ارتفاع نسبی خواهد بود و نقاط به کم ارتفاع ترین نقطه موجود در تصویر ارجاع داده می شوند. مدل رقومی ارتفاع بر اساس اصول فتوگرامتری هم خطی استخراج می شود. در ابتدا زوج تصویر در یک نقطه مشترک منطبق می شوند. این عمل توسط نقاط کنترل زمینی یا نقاط بست صورت می گیرد و فرض بر این است که هر گونه اختلاف موقعیتی در امتداد مسیر حرکت ماهواره به علت پارالاکس می باشد. اختلاف پارالاکس اندازه گیری شده همراه با اطلاعات مداری ماهواره (موقعیت مداری، ارتفاع مداری، Ephemeris) به ارتفاع مطلق یا نسبی تبدیل می گردد.

در تحقیق حاضر برای برقراری ارتباط بین زوج تصاویر از نقاط بست استفاده گردید. انتخاب نقاط بست به صورت اتوماتیک با استفاده از نرم افزار ENVI 9.1 انجام گردید. سپس برای کم کردن حداکثر پارالاکس Y بین زوج تصاویر و افزایش دقت مدل رقومی ارتفاع تولید شده، خطاها به صورت دستی رفع و اصلاح گردید. برای انتخاب نقاط بست از تقاطع جاده ها و زمین های کشاورزی به گونه ای که در کل تصویر اعم از مناطق مرتفع و پست پراکنده باشد (شکل ۳) استفاده گردید.

پردازش های مورد نیاز جهت تولید مدل رقومی ارتفاع در محیط نرم افزار ENVI 9.1 انجام گرفت. برای این منظور از تکنیک های خودکار انطباق تصویر که به طور معمول شامل جمع آوری نقاط کنترل زمینی (Ground Control Point) و تعیین ارزش پارالاکس برای هر پیکسل یا کل تصویر است، استفاده شد. در نهایت فرآیند پس پردازش برای برطرف کردن آنومالی از مدل رقومی ارتفاع نهایی انجام گردید.

برای استخراج اتوماتیک مدل رقومی ارتفاع از الگوریتم های همبستگی بین زوج تصویر استفاده می شود. در روش آنولونگ تراک (along track) با حداقل شدن فاصله زمانی بین دو برداشت، همبستگی بین دو تصویر به حداکثر می رسد و استخراج مدل رقومی ارتفاع با حداکثر دقت صورت می گیرد. خروجی نهایی مدل رقومی ارتفاع با توجه به نحوه برقراری ارتباط هندسی بین دو تصویر می تواند به یکی از دو صورت زیر باشد:

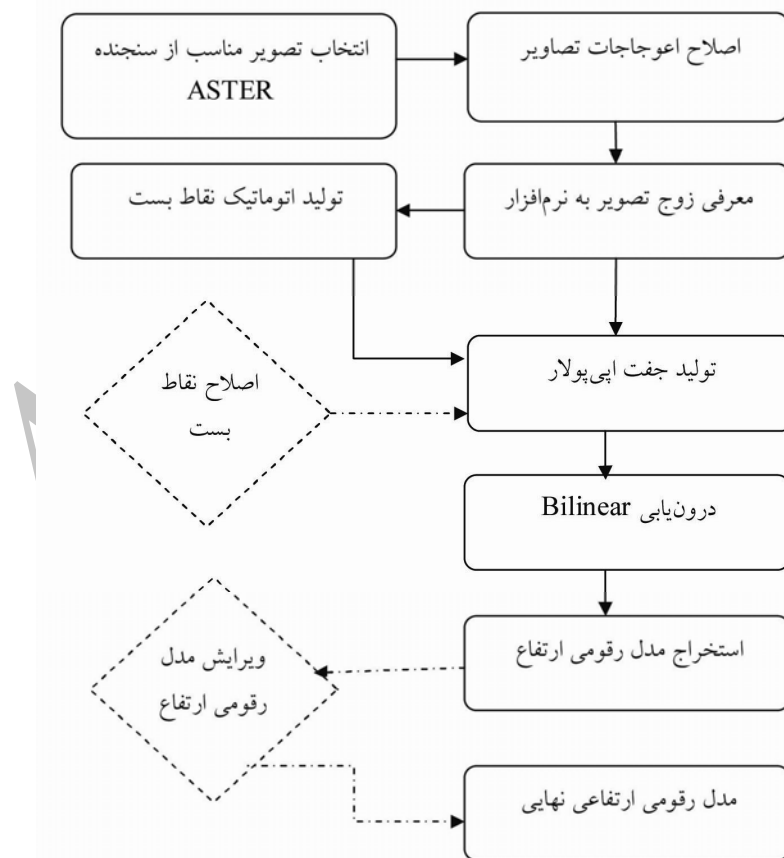
الف) در صورتیکه با استفاده از نقاط کنترل زمینی بین دو تصویر چپ (3B) و راست (3N) انطباق صورت گیرد، خروجی نهایی مدل رقومی ارتفاع مطلق خواهد بود و تمام نقاط به یک نقطه مرجع زمینی ارجاع داده می شوند. در این روش نقاط کنترل زمینی توسط کاربر با استفاده از نقشه های توپوگرافی و یا موقعیت یاب زمینی تهیه می گردد.



شکل ۳. تصویر 3N (الف)؛ تصویر 3B (ب) پس از انتخاب نقاط بست

گردید که کل تصویر را تحت پوشش قرار می‌دهند. روش موردنظر برای تولید جفت اپی‌پولار و استخراج مدل رقومی ارتفاع نهایی روش میانمایی خطی Bilinear می‌باشد. در روش مربوطه میانگین وزنی ارزش‌های طیفی چهار پیکسل مجاور یک پیکسل خاص با اختصاص وزن بیشتر به پیکسلی که مرکز آن به پیکسل مورد نظر نزدیکتر است محاسبه و به عنوان ارزش جدید برای آن پیکسل در نظر گرفته می‌شود. مزیت روش حاضر در این است که یکنواختی بیشتری در تن‌ها مشاهده می‌شود و اینکه تا حدودی، برای پردازش زمان زیادی لازم دارد (۲). بعضی از پیکسل‌ها به دلیل کمبود همبستگی با شکست مواجه می‌شوند، این مسئله به دلایل متفاوتی که از جمله مهم‌ترین آنها نواحی با آلودگی یکسان در دو تصویر و نواحی پوشیده از ابر است اتفاق می‌افتد. مراحل انجام تحقیق در شکل ۴ ارائه شده است.

نقاط بست برای تعریف هندسه Epipolar و ایجاد تصویر Epipolar مورد استفاده قرار می‌گیرد و منبع اصلی برای استخراج مدل رقومی ارتفاع جفت EpiPolar می‌باشد. انتخاب نقاط بست سبب می‌گردد که نرم‌افزار مربوطه تصویر چپ و راست را معادل هم دانسته و ضرایبی که مدل ریاضی و دقت مدل را تعیین می‌کند، لحاظ کند. پنجره همبستگی بر روی یک پیکسل در تصویر سمت راست (3N) متمرکز شده و در تصویر سمت چپ (3B) به جستجوی پیکسل معادل می‌پردازد. ضرایب همبستگی در تمام پنجره همبستگی محاسبه و بیشترین همبستگی به عنوان پیکسل معادل انتخاب، فاصله بین آنها محاسبه شد و سپس فاصله به پارالاکس تبدیل و از این طریق ارتفاع نسبی محاسبه گردید. براساس نظر EROS (۹) حداقل ۹ عدد نقاط بست برای به‌دست آوردن نتایج قابل قبول، لازم می‌باشد و افزایش تعداد نقاط بست تا اندازه‌ای باعث افزایش دقت می‌گردد. در این تحقیق تعداد ۲۰ عدد نقاط بست انتخاب



شکل ۴. فلو چارت تهیه مدل رقومی ارتفاع از زوج تصاویر استریوئی سنجنده استر

نتایج و بحث

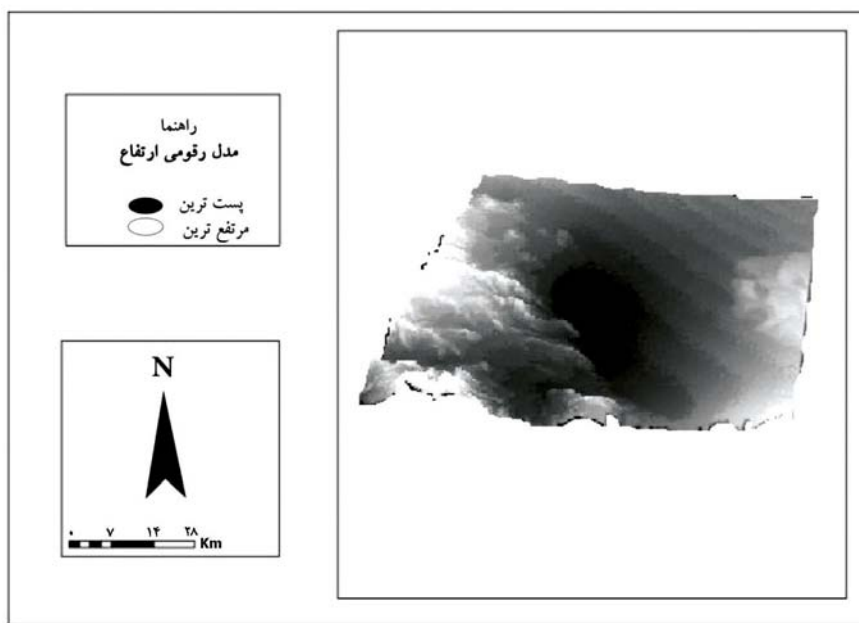
خطا و شماره خطا برای هر یک از نقاط بست به تفکیک آمده است. در زمان انتخاب نقاط برخی از آنها به دلیل عدم همبستگی حذف و جهت افزایش دقت نقاط دیگری با مقدار خطای کمتر انتخاب گردیدند. پارالاکس به دست آمده برای کل تصویر برابر با ۰/۴۱ پیکسل می‌باشد.

در این تحقیق از زوج تصاویر سنجنده ASTER در سطح پردازشی IB، که به تصحیحات اتمسفری و رادیومتریک احتیاجی ندارد استفاده گردید. جدول ۲ نتایج حاصل از انتخاب نقاط بست در کل تصویر را نمایش می‌دهد، که مقدار

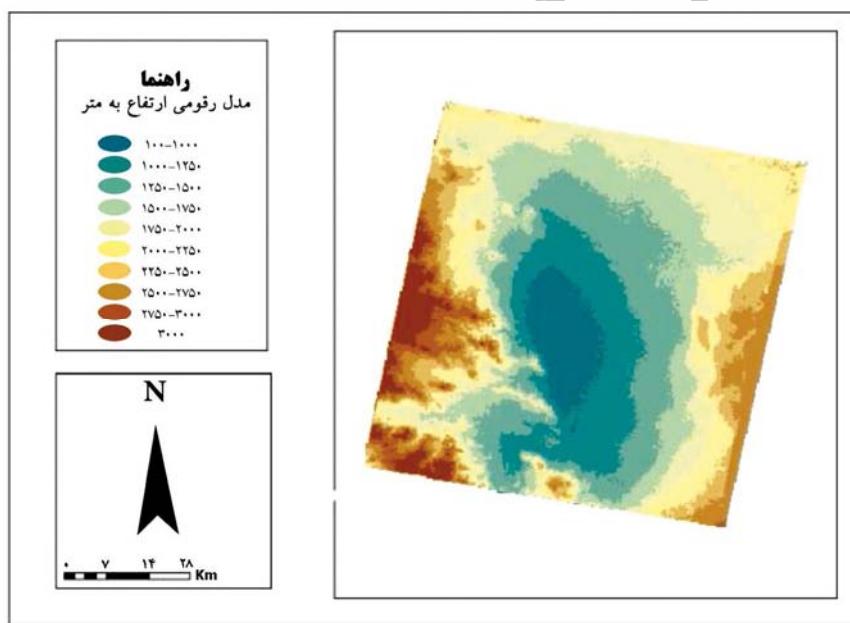
جدول ۲. مشخصات نقاط بست انتخاب شده در تصویر

شماره TP	X (3N)	Y (3N)	X (3B)	Y (3B)	رتبه خطا	میزان خطا
۱	۳۵۸۹/۰۰	۲۵۵۲/۰۰	۳۵۹۶/۰۰	۲۱۸۵/۰۰	۱۵	۰/۰۱
۲	۵۶۵/۰۰	۳۹۹۳/۷۵	۵۵۹/۰۰	۳۶۷۶/۰۰	۱۲	۰/۰۳۳
۳	۱۵۸۶/۰۰	۴۱۲۵/۲۵	۱۵۸۲/۷۵	۳۸۱۳/۰۰	۱۱	۰/۰۵۰
۴	۲۵۳۷/۲۵	۷۸۰/۷۵	۲۵۳۵/۷۵	۴۱۱/۵۰	۱۹	۰
۵	۱۴۵۶/۰۲	۲۷۲۴/۰۱	۱۴۵۳/۰۰	۲۰۷۸/۰۰	۲۰	۰
۶	۳۵۴۲/۵۰	۱۷۰۱/۲۵	۳۵۴۰/۰۰	۱۳۳۰/۷۵	۱۷	۰
۷	۳۴۸۸/۰۰	۸۰۶/۷۵	۳۴۸۶/۰۰	۴۳۸/۰۰	۹	۰/۰۶۴
۸	۵۵۸/۰۰	۷۹۴/۷۵	۵۵۶/۰۰	۴۳۲/۲۵	۱۸	۰
۹	۵۸۲/۲۵	۲۴۶۷/۰۰	۵۷۸/۰۰	۲۱۴۴/۰۰	۱	۱
۱۰	۱۴۹۶/۰۲	۱۵۷۵/۰۰	۱۴۹۴/۰۰	۱۲۱۶/۰۰	۱۶	۰/۰۰۱
۱۱	۲۴۱۲/۰۰	۳۹۹۷/۰۰	۲۴۱۰/۰۰	۳۶۴۳/۰۰	۶	۰/۳۲۸
۱۲	۳۵۳۰/۲۵	۳۲۹۴/۷۵	۳۵۲۸/۰۰	۲۹۳۰/۰۰	۱۴	۰/۰۰۲
۱۳	۲۴۸۰/۷۵	۳۲۴۹/۰۰	۲۴۷۹/۰۰	۲۸۸۵/۰۰	۳	۰/۸۳۲
۱۴	۵۳۷/۰۰	۳۲۹۷/۵۰	۵۳۲/۰۰	۲۹۸۱/۰۰	۲	۰/۹۶۹
۱۵	۲۵۰۳/۰۱۹۳	۱۶۲۰/۰۱۸۹	۲۵۰۱/۰۰	۱۲۵۲/۰۰	۸	۰/۹۵
۱۶	۲۵۰۰/۰۱۹۳	۲۴۴۴/۰۱۲	۲۴۹۸/۰۰	۲۰۷۷/۰۰	۵	۰/۵۷۲
۱۷	۱۴۹۳/۵۰	۸۸۰/۰	۱۴۹۱/۰۰	۵۱۳/۵۰	۱۳	۰/۰۰۴
۱۸	۳۵۶۱/۰۰	۴۲۱۸/۰۰	۳۵۵۹/۰۰	۳۸۵۹/۰۰	۷	۰/۱۵۶
۱۹	۶۱۴/۰۰	۱۵۸۳/۰۰	۶۱۱/۰۰	۱۲۴۰/۰۰	۴	۰/۷۴۴
۲۰	۱۴۸۹/۰۱۹۸	۳۲۷۳/۰۰	۱۴۸۶/۰۰	۲۹۳۵/۰۰	۱۰	۰/۰۵۲

سیس DEM منطقه مورد مطالعه تهیه گردید که در شکل ۴ و ۵ نمایش داده شده است.



شکل ۴. نمایش سه بعدی مدل رقومی ارتفاع



شکل ۵. مدل رقومی ارتفاع استخراج شده با استفاده از زوج تصاویر

همچنین مشخصات مربوط به مدل رقومی ارتفاع تولید شده در منطقه مورد بررسی در جدول ۳ شرح داده شد.

جدول ۴. مشخصات مدل رقومی ارتفاع خروجی

سیتم تصویر	بیضوی	اندازه پیکسل خروجی
UTM zone 39 N	WGS 84	۱۵

دقت مدل رقومی ارتفاع به قدرت تفکیک زمینی، دقت ارتفاعی و کنتراست تصویر بستگی دارد. بررسی قبلی در مورد ارزیابی

DEM از ASTER، دقت عمودی را تقریباً بین ± 15 متر برآورد می‌کند. از نظر تئوری دقت مسطحاتی برابر با اندازه پیکسل

که در این رابطه؛ b باز عکس که از میانگین فاصله بین مرکز عکس و مرکز مشترک هر زوج عکس استریوسکوپی به دست می‌آید. h ارتفاع پرواز b/h برای ماهواره ASTER برابر با $0/6$ می‌باشد (۱۰، ۱۳). همچنین لازم به ذکر است که نسبت b/h بین $0/5$ تا $0/9$ ، برای تولید اتوماتیک DEM بسیار مناسب است (۱۰).

می‌باشد البته اگر به دقت رجیستر کردن توجه نکنیم. دقت حاصل از تصاویر با استفاده از همبستگی بین تصاویر در جدول ۴ ارائه شده است. دقت ارتفاعی برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از رابطه ۱ به دست آمد (۱۱).

[۱]

$$\text{دقت ارتفاعی} = \left(\frac{\text{قدرت تفکیک زمینی}}{\text{دقت انطباق} \times (b/h)} \right) \times 100$$

جدول ۴. دقت حاصل از تصاویر با استفاده از همبستگی بین تصاویر

دقت ارتفاعی (متر)	دقت انطباق (پیکسل)	b/h	قدرت تفکیک زمینی (متر)
۲۵	۱	$0/6$	۱۵
۱۲/۵	$0/5$	$0/6$	۱۵
۱۰/۲۵	$0/41$	$0/6$	۱۵

قرار می‌گیرد و افزایش دقت تولید DEM، افزایش دقت مشتقات حاصل از آن را به همراه دارد. هر چه دقت DEM به دست آمده بیشتر باشد کارآمدی بالاتری خواهد داشت و به مدیران و مسئولین شهری توانایی بیشتری برای تصمیم‌گیری بهتر در شرایط متفاوت می‌دهد. حداقل همبستگی برای 20 عدد نقطه بست جهت تولید مدل رقومی ارتفاع برابر $0/95$ با می‌باشد که حداکثر پارالاکس Y برابر با $0/41$ پیکسل (کمتر از نصف پیکسل) به دست آمد. سپس با استفاده از رابطه ۱ دقت ارتفاعی محاسبه گردید، دقت ارتفاعی به دست آمده $10/25$ متر می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که سنجنده ASTER با قدرت تصویربرداری در امتداد خط پرواز سبب افزایش دقت مدل رقومی ارتفاعی تولید شده نسبت به بسیاری از سنجنده‌های دیگر می‌شود. زیرا فاصله زمانی بین تهیه زوج استریو کم بوده و این امر سبب کاهش تغییر درجه روشنایی، اتمسفر، سطح زمین و افزایش دقت مدل رقومی ارتفاع و مشتقات حاصل از آن می‌شود. همچنین رکنی دیلمی (۱) با استفاده از تصویر ماهواره‌ای ASTER(1A) دقت ارتفاعی برابر با $4/26 \pm$ متر را به دست آورد که در مقایسه با نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر دقت ارتفاعی کمتری را دارا می‌باشد.

در این تحقیق برای تولید مدل رقومی ارتفاع با استفاده از نرم‌افزار ENVI 9.1 از زوج تصویر سنجنده ASTER که دارای قدرت تصویربرداری در امتداد پرواز می‌باشد استفاده گردید. تعداد نقاط بست مورد استفاده برابر با 20 عدد می‌باشد که سعی شد نقاط مورد نظر در کل تصویر بصورت یکنواخت پراکنده باشند تا دقت DEM تولید شده افزایش یابد. همچنین روش مورد استفاده برای استخراج مدل رقومی ارتفاع، الگوریتم همبستگی بین زوج تصاویر می‌باشد و همانطور که توضیح داده شد افزایش همبستگی بین زوج تصاویر، افزایش دقت مدل رقومی ارتفاعی تولید شده را در پی دارد. از طرفی دیگر کاهش فاصله زمانی در تولید زوج تصویر استریو سبب بالا رفتن همبستگی بین زوج تصاویر می‌گردد که سنجنده ASTER به دلیل تصویربرداری در امتداد خط پرواز این قابلیت را دارا می‌باشد. محققان زیادی کیفیت و برتری اطلاعات به دست آمده از سنجنده ASTER را نسبت به SPOT اثبات کرده‌اند (۲۰). همچنین کاهش فاصله زمانی در تولید زوج استریو کاهش خطاهای رادیومتری را در پی دارد که نکته حائز اهمیتی است. چنانچه می‌دانیم DEM تولید شده علاوه بر استفاده مستقیم بصورت غیر مستقیم بعنوان منبع اطلاعاتی برای تولید نقشه شیب، جهت شیب و... مورد استفاده

منابع مورد استفاده

- stereo images. international Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXIII, Part B4
11. Hirano, A. R., R. Welch and H. Long. 2003. Mapping from aster stereo imagine data: DEM validation and accuracy assessment. journal of photogrammetry and remote sensing 57: 356-370.
 12. Jacobsen, K., 2004. DEM Generation by SPOT HRS, ISPRS Congress, Istanbul 2004, Int. Archive of the ISPRS, Vol XXXV: 439-444.
 13. Jacobsen, K., 2004. DEM Generation from Satellite Data, tutorial EARSeL Ghent 2003, Remote Sensing in Transition , Millpress ISBN 90-77017-71-2: 273 – 276.
 14. Kamp, U., T. Bolch and J. Olsenholler. 2003. DEM generation from ASTER satellite data for geomorphometric analysis of Cerro Sillajhuay, Chile /Bolivia. *ASPRS 2003 Annual Proceedings* , 5-9 May 2003, Anchorage, Alaska, U.S.A., CD-ROM, pp. 9
 15. Krzystek, P. 1995. new investigations into the practical performance of automatic DEM generation. proceedings, ACSM /ASPRS annual convention charlotte, North Carolina, American Society for photogrammetry and remote sensing. 20: 488-500.
 16. PCI Geomatics. 2001. *User's Guide, version 8.2*, 5 West Wilmot Street, Richmond Hill, Ontario, Canada.
 17. Petrie, G. 2001. the feature direction of SPOT programme: spot_5. international Conference *GeoInformatics*. 4: 12-17.
 18. Ravinband, M. V. and K. Jain. 2008. Digital Elevation Model accuracy aspects (version 8/31/06) Journal of applied sciences. 8(1): 134-139.
 19. Toutin, T. and P. Cheng. 2001. DEM generation with ASTER stereo data. earth observation magazine. 10: 12-13.
 20. Toutin, T. and P. Cheng. 2002. Comparison of automated digital elevation model extraction results using along-track ASTER and across-track SPOT stereo images. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Journal, Optical Engineering, 41: 2102-2106.
۱. رکنی دیلمی، ب.، پ. ضیاییان و م. فرج‌زاده‌اصل. ۱۳۸۶. ارزیابی دقت تهیه مدل رقومی ارتفاع با استفاده از تصاویر ASTER. همایش ژئوماتیک ۸۶.
 ۲. زبیری، م. و ع. مجلد. ۱۳۸۰. آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی (اطلاعات ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی، فضایی). انتشارات دانشگاه تهران. چاپ سوم، تهران، ۲۱۰-۲۱۲.
 ۳. کمالی، ا.، ف. سرمیدیان و ش. محمودی. ۱۳۸۸. تولید مدل رقومی ارتفاع از ASTER و ارزیابی دقت آن در منطقه ایوانکی استان سمنان. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۱ (۴۰): ۵۹-۶۶.
 4. Baltasvías, E. P. and D. Stallman. 1992. From satellite images to GIS with digital Photogrammetry using SPOT data. Enterprise geographic information system. 2: 945-946.
 5. Cheng, F. 2001. Automated DEM extraction from aerial photos and satellite images. Proceeding of 22nd Asian Conference on Remote Sensing , 5-9 November, Singapore.
 6. Chen, L. and T. Teo. 2001. Orbit adjustment for Eros A high resolution satellite images. 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5-9 November, Singapore. 2: 1169-1174
 7. Curtero, A., O. A. Felicisim, F. J. Ariza. 2001. Accuracy of DEM generation from TERRA-ASTER stereo data, photogrammetric engineering and remote sensing, 54(10) :1409-1414.
 8. Deilami, K. 2011. Very High Resolution Optical Satellites for DEM Generation: A Review. European Journal of Scientific Research. 4 :542-554
 9. EROS: earth resources observation and science., <http://eros.usgs.gov/#/Guides/dem>.
 10. Hasegawa, H., K. Matsuo, M. Koaroi, N. Watanabe, H. Masaharu and Y. Fukushima. 2000. DEM accuracy and the base to height (b/h) ratio of



Digital elevation model generation by using of ASTER sensor stereo image

F. shafiee khorshidi^{1*}, H. R. Matinfar², S. K. Alavipanah³, M. Farokhi⁴

1. Graduated MSc. of Remote Sensing and Geographic Information System, College of Human Science, Tarbiat Modares University
2. Assis. Prof. of Soil Sciences, College of Agriculture, Lorestan University
3. Prof. of Remote Sensing and Geographic Information System, College of Geography, Tehran University
4. MSc. of Geomorphology, Tehran University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 16 August 2011
Accepted 1 December 2011
Available online 26 December 2011

Keywords:

Digital Elevation Model (DEM)
Stereo image
Correlation algorithm
ASTER

ABSTRACT

DEM is needed for many branches of earth and environmental sciences such as control of erosion, flood planning, road construction, earth resource's recognition, and soil mapping. There are varieties of resources in generation of DEM; one of them is stereo satellite imagery. The objective of this research is the study of how to extract DEM from ASTER sensor stereo image. ASTER consists of three different subsystems: the Visible and Near-infrared (VNIR) and an additional backward telescope for stereo; the Shortwave Infrared (SWIR) and the Thermal Infrared (TIR). Each subsystem operates in a different spectral region, with its own telescopes, and is built by a different Japanese company. In addition, one more telescope is used to view backward in the near-infrared spectral band (band 3B) for stereoscopic capability. Images of Kashan area, which has been undulating topographic condition, were used. DEM extraction was based on the correlation algorithms between right image (3N) and left image (3B). The more correlation these tow images; the more precise DEM will be achieved. Finally, by correlation between tow images relative elevation attained. The results show that ASTER sensor, using along track imaging will attain the more precise DEM. The result accuracy of these images will be less than one pixel. This factor will improve the extraction of another production result by DEM.

* Corresponding author e-mail address: fatemeshafiee45@yahoo.com