

تولید مدل رقومی ارتفاع از تصاویر ASTER و ارزیابی دقت آن در منطقه ایوانکی استان سمنان

اردوان کمالی^{۱*}، فریدون سرمدیان^۲ و شهلا محمودی^۳^۱دانشجوی سابق دکتری، ^۲دانشیار و ^۳آستاد گروه خاکشناسی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

مدل رقومی ارتفاع (DEM) امروزه به عنوان ابزار مؤثری در مطالعات کمی زیست محیطی و مدیریت منابع اراضی برای استخراج داده های ارتفاعی به کار می رود. پیشرفت و توسعه سنجنده ها و ماهواره های منابع زمینی امکان تولید DEM از تصاویر ماهواره ای را فراهم کرده است. DEM های تولید شده از داده های مذکور تنها در تفسیر های دو بعدی بلکه در مطالعات سه بعدی سطح زمین نیز بکار برده می شوند. تصاویر سنجنده ASTER که یکی از سیستم های سنجنده قادر به اخذ و برداشت تصاویر سه بعدی (استریو) در امتداد یک مدار مشخص می باشد (بر خلاف سایر سنجنده ها که تصاویر سه بعدی را از دو مدار مجاور هم برداشت می کنند)، برای تولید DEM و ارزیابی دقت آن در منطقه ایوانکی برای این مطالعه انتخاب گردید. نرم افزار PCI Geomatics و مدل هندسی دقیق برای تولید DEM بکار برده شدند و از همبستگی مکانی بین داده ها، بررسی نیمرخ های طولی و پارامتر های آماری برای بررسی دقت مکانی و ارتفاعی DEM تولید شده کمک گرفته شد. نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان داد که با استفاده از تعداد مناسب نقاط کنترل زمینی و با توزیع یکنواخت می توان DEM با دقت ± 20 متر از این تصاویر تولید نمود. مقایسه نیمرخ های طولی نشان داد که DEM تولید شده در مناطق مسطح و بدون پوشش گیاهی یا با پوشش گیاهی پراکنده بیشترین دقت را دارد به طوری که میزان خطا کمتر از ± 10 متر می باشد ولی در نقاط با پوشش گیاهی متراکم، شیب های تند و دره های عمیق به علت وجود سایه میزان خطا افزایش می یابد. ارزیابی نتایج نشان داد که DEM تولید شده علاوه بر این که برای تولید نقشه های مورد استفاده در مطالعات مدیریت اراضی نظیر شیب، جهت، طبقات ارتفاعی و تفکیک حوزه های آبخیز و واحد های فیزیوگرافی مناسب هستند، قابلیت استفاده در اصلاح اعوجاج تصاویر ماهواره و عکس های هوایی را نیز دارا می باشند.

واژه های کلیدی: داده های ارتفاعی، تصاویر رقومی، انطباق تصاویر سه بعدی (استریو)، اراضی.

مقدمه

سالیان اخیر به عنوان ابزار مؤثری در به تصویر کشاندن ارتفاع و استخراج داده های مربوط به پستی و بلندی تبدیل شده است (Kamp et al.; 2003; PCI Geomatics, 2001). به طوری که امروزه تهیه نقشه های خاک، مطالعات شکل اراضی و تفکیک واحد های فیزیوگرافی و در نتیجه ارزیابی اراضی بدون استفاده از مدل های رقومی ارتفاع معمول نمی باشد. ساختار رقومی DEM سبب شده تا انجام پردازش های بعدی به منظور تهیه اطلاعات اضافی از آن با سهولت بیشتری میسر گردد (Cheng, 2001). علاوه بر این DEM در مطالعات سنجش از دور برای حذف انحراف های موجود در تصاویر ماهواره ناشی از حرکت سنجنده و مشکلات مربوط به اراضی (orthorectification) استفاده می شود (PCI Geomatics, 2001) که این تصویر اصلاح شده وارد مراحل بعدی پردازش تصویر گشته و یا می تواند برای تعیین فاصله زمینی پدیده ها از روی تصویر مورد استفاده قرار گیرد. متأسفانه مدل های رقومی ارتفاع با جزئیات قابل استفاده برای اکثر مناطق کره زمین یا وجود ندارد و یا در صورت وجود از دقت کافی برخوردار نیستند (Cheng, 2001; Chrysoulakis et al., 2004). تهیه DEM به روش سنتی نیز که

پستی و بلندی سطح زمین مدت ها است که به عنوان یکی از عوامل مهم تشکیل خاک شناخته شده است (Jenny, 1941). همچنین توپوگرافی از خصوصیات مهم اراضی در مطالعات ارزیابی اراضی به شمار می رود (Klingebiel and Montgomery, 1961; Sys et al., 1991). به همین دلیل بررسی دقیق پستی و بلندی سطح زمین و انجام تجزیه تحلیل های کمی بر روی آن در مطالعات مدیریت اراضی از جمله آبخیزداری، بررسی روابط خاک و سیمای اراضی و ارزیابی اراضی ضروری است (Chrysoulakis et al., 2004; Hirano et al., 2003).

مدل رقومی ارتفاع (digital elevation model, DEM) که نمایش رستری سطح زمین به گونه ای است که هر نقطه بر روی تصویر دارای ارتفاع متناظر خود بر روی زمین می باشد، در

* پست الکترونیک مکاتبه کنند: a. kamali@vru.ac.ir

مبتنی بر استفاده از تکنیک های آنالوگ و آنالیتیک به منظور جمع آوری صحرایی داده های ارتفاعی می باشند، در اکثر موارد با مشکلاتی از قبیل تأمین نیرو، هزینه و وقت همراه می باشند. به همین دلیل تا کنون تهیه DEM از طریق رقومی نمودن خطوط تراز نقشه های توپوگرافی و درون یابی آنها به متداول ترین روش تولید DEM تبدیل شده است (Sindayihebura et al., 2006). ولی از آنجا که در این نقشه ها داده های ارتفاعی کاملاً در امتداد خطوط تراز قرار گرفته اند چنین نمایشی از داده ها نمی تواند نماینده کامل شکل اراضی باشد که به طور پیوسته و به آرامی تغییر می نماید (Sindayihebura et al., 2006). لذا با توجه به این که در اغلب موارد تهیه DEM هدف نهایی نبوده بلکه در بسیاری از مطالعات خود به عنوان منبعی برای استخراج داده های ثانویه ای نظیر خصوصیات شکل اراضی و ویژگی های خاک استفاده می گردد، لزوم استفاده از روش هایی در تهیه DEM که از دقت بالایی برخوردارند کاملاً احساس می گردد.

در طول چند دهه گذشته پس از پرتاب اولین ماهواره های منابع زمینی به فضا، استفاده از داده های ماهواره ای (بوژه تصاویر SPOT) در ساختن DEM های با دقت بالا رونق فراوانی گرفته است، به طوری که در این سال ها مشاهده سه بعدی تصاویر علاوه بر نقشه برداری در مدل نمودن ارتفاع نیز جایگزین استفاده از سایر روش ها گردیده است (Hirano et al., 2003; Toutin, 1995). مدل رقومی ارتفاع را می توان با استفاده از تصاویر ماهواره ای سه بعدی (استریو) که تصاویر یکسان از یک منطقه و با زاویه های دیدهای مختلف هستند تهیه نمود. برداشت تصاویر سه بعدی توسط سنجنده های ماهواره به دو شیوه عملی است: برداشت سه بعدی در امتداد یک مدار مشخص (along-track) که در این روش از تصاویر قبل و بعد در همان مدار استفاده می گردد و برداشت سه بعدی در دو طرف مدار (across-track) که از تصاویر گرفته شده از دو مدار مجاور هم استفاده می گردد (Toutin and Cheng, 2002).

از بین تلاش هایی که تا کنون برای توسعه سنجنده های ماهواره ای قادر به تولید تصاویر سه بعدی انجام شده است ماهواره های سری SPOT موفق ترین آن ها بوده است که از سال ۱۹۸۶ به فضا پرتاب شده اند (Toutin and Cheng, 2002; Hirano et al., 2003; Eckert et al., 2005). این ماهواره ها توانایی تولید تصاویر سه بعدی از دو مدار مجاور هم را دارند که قدرت تفکیک مکانی DEM تولید شده توسط این تصاویر ± 10 تا ± 20 متر و دقت ارتفاعی آنها بسته به نسبت B/H (نسبت قاعده به ارتفاع یا ترتیب هندسی سه بعدی) ± 20 و ± 50 متر

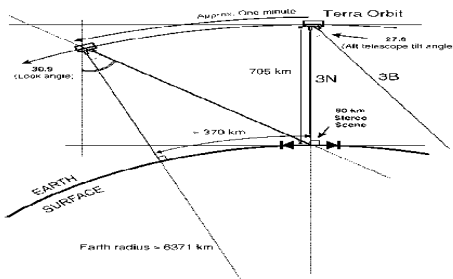
می باشد. اخیراً ماهواره های دیگری نیز نظیر IRS, TERRA (ASTER) و Landsat (ETM+) نیز در تولید تصاویر سه بعدی بکار رفته اند (Cheng, 2001) که در بین آنها سنجنده (advanced space borne thermal emission and reflection radiometer, ASTER) به دلیل داشتن قابلیت برداشت تصاویر سه بعدی در امتداد یک مدار نسبت به بقیه برتری دارد. با وجودیکه محدوده دقت عمودی DEM تولید شده توسط ASTER بین ± 7 تا ± 50 متر تعیین شده است (Kamp et al., 2003; Hirano et al., 2003) اهمیت قابلیت این سنجنده در استفاده از تصاویر قبلی و بعدی در یک مدار و همزمانی برداشت تصویر که به کاهش خطاهای رادیومتر (اتمسفری) و خطاهای ناشی از حرکت سنجنده تا حداقل ممکن می انجامد به قدری است که توانسته تفکیک هندسی و نمایش مطلوب تر جزئیات در DEM ساخته شده توسط SPOT را جبران نماید و در این رابطه ASTER در تولید DEM نسبت به SPOT برتری دارد (Toutin and Cheng, 2002).

هدف از این مطالعه تولید DEM از تصاویر ASTER (level B) و بررسی دقت آن در مقایسه با DEM ساخته شده از خطوط تراز نقشه های توپوگرافی $1:250,000$ و از طریق نیمرخ های طولی و پارامتر های آماری برای استفاده در مطالعات ژئومورفولوژی خاک و ارزیابی اراضی در منطقه ایوانکی استان سمنان می باشد.

مواد و روش ها

بخشی از اراضی شهرستان ایوانکی استان سمنان واقع در 60° کیلومتری جنوب شرقی شهر تهران و بین طول های جغرافیایی 55° و 51° تا 52° و 10° شرقی و عرض های جغرافیایی 35° تا 25° و 35° درجه شمالی به مساحت حدود 20 هزار هکتار برای این مطالعه انتخاب گردید. ارتفاع منطقه بین 850 تا 1400 متر از سطح دریا متغیر است و واحد های فیزیوگرافی کوهستان، بادبزنی های آبرفتی، دشت های دامنه ای، دشت های سیلابی و اراضی پست در منطقه قابل تشخیص می باشند. مهم ترین کاربری های اراضی در این منطقه شامل باغ های میوه (عمدتاً انار، زیتون و پسته)، زراعت های آبی و گیاهان جالیزی است که اغلب بر روی دشت های دامنه ای واقع شده اند (شکل ۱).

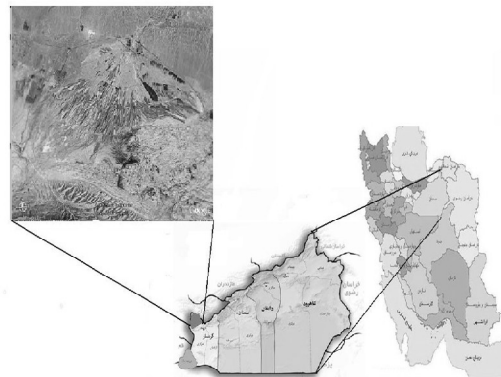
تصاویر سنجنده ASTER (سطح B) اخذ شده در آگوست 2001 مربوط به منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. این سنجنده که بر روی ماهواره TERRA نصب شده در 19 دسامبر 1999 و به عنوان بخشی از سیستم تصویر برداری ناسا (earth observing system, EOS) به فضا پرتاب شد، تنها سنجنده با قدرت تفکیک مکانی بالا بر روی ماهواره TERRA است و در 14 باند طیفی و در سه زیر سیستم مختلف مادون قرمز



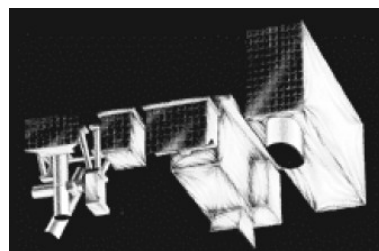
شکل ۳- شمای ساده شده ای از نحوه تصویر برداری در امتداد یک مدار معین توسط ASTER (Hirano et al., 2003).

نرم افزار PCI Geomatics (V 9.1.0) و مدل هندسی دقیق (Rigorous) که به منظور ساختن DEM به طور خودکار از تصاویر سه بعدی بر روی این نرم افزار تعبیه شده است و در برگیرنده اطلاعات کامل مربوط به خصوصیات هندسی و فیزیکی سنجنده برای تصحیح انحرافات که در اثر وضعیت سکو، سنجنده، ویژگی های سیستم مختصات استفاده شده در تهیه نقشه و حتی انحرافات ایجاد شده مربوط به زمین (در اثر پستی و بلندی و حالت بیضوی آن) در طول زمان برداشت داده توسط سنجنده می باشد، برای تولید DEM مورد استفاده قرار گرفت (Toutin, 1995). این مدل تا کنون علاوه بر مدلسازی هندسی در ساختن DEM از جفت تصاویر سه بعدی مربوط به عکس های هوایی، تصاویر ASTER، IRS، KOMPSAT، SPOT، IKONOS و RADARSAT برای تولید تصاویر عاری از انحرافات هندسی (orthorectified images) نیز با موفقیت بکاررفته است (Cheng, 2001; Toutin and Cheng, 2002). در این مطالعه عملیات تصحیح و مدل سازی هندسی بر روی تصاویر سه بعدی برای تولید DEM توسط مدل مذکور با استفاده از نقاط کنترل زمینی (ground control point) (GCPs) و نقاط پیوند دهنده (tie points) (TPs) انجام گرفت. از مزایای استفاده از مدل Toutin تولید DEM های با کیفیت بالا و با تعداد کم GCP می باشد (Toutin, 1995). حداقل تعداد GCP برای تولید DEM از تصاویر ASTER هشت نقطه در هر تصویر اعلام شده و در ضمن خاطر نشان شده که تعداد بیش از ۲۰ نقطه GCP تأثیری در دقت و کیفیت DEM نخواهد داشت، لذا بین ۱۰-۱۲ نقطه GCP در هر تصویر مناسب شناخته شده است (PCI Geomatics, 2001). با این وجود مطالعات زیادی که در سالیان اخیر برای یافتن حد مطلوب تعداد نقاط کنترل زمینی مؤثر در کیفیت DEM انجام شده (Sindayihebura et al., 2006; Eckert et al., 2005; Hirano et al., 2003) حاکی از آن است که با افزایش تعداد GCP دقت و کیفیت DEM نیز افزایش می یابد. البته تأثیر افزایش تعداد GCP در دقت و کیفیت DEM تنها تا حد معینی معنی دار است

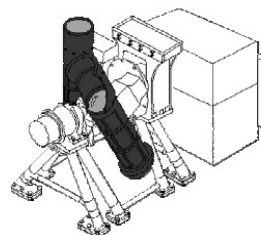
نزدیک (VNIR) با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر، مادون قرمز با طول موج کوتاه (SWIR) با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و مادون قرمز حرارتی (TIR) با قدرت تفکیک مکانی ۹۰ متر قادر به تصویر برداری از سطح زمین می باشد. زیرسیستم VNIR در ASTER دارای دو تلسکوپ مستقل از هم عمودنگر (nadir-looking) و قبل نگر (back looking) (شکل ۲-الف و شکل ۲-ب) به منظور به حد اقل رساندن انحراف تصویر هنگام داده برداری می باشد. به طوری که سطح کانونی تلسکوپ روبرونگر دارای سه آشکار ساز (detector) (باند های ۱، ۲، ۳ و ۴) و سطح کانونی تلسکوپ قبل نگر فقط دارای یک سنجنده ۳B می باشد. این همزمانی برداشت داده پوششی سه بعدی حقیقی از پدیده ها ایجاد می نماید. شکل ۳ برخی از مشخصات این سنجنده را به همراه نحوه برداشت تصاویر سه بعدی در طول یک مدار نشان می دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه



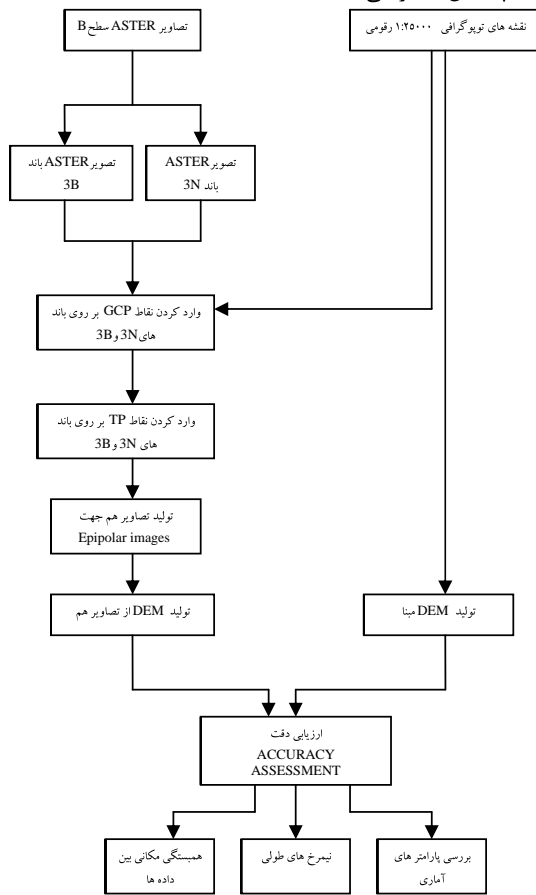
الف



ب

شکل ۲-الف-سیستم VNIR در ASTER (Poli et al., 2004) ، ب- سیستم VNIR در ASETR و دو تلسکوپ عمود نگر (رنگ قرمز سمت چپ) و قبل نگر (رنگ آبی سمت راست) بر روی آن (PCI Geomatics, 2001)

یک پیکسل کمتر می باشد.



شکل ۴- ترتیب و مراحل انجام پروژه

جدول ۱- خطای RMSE برای نقاط GCP و TP به تفکیک هر تصویر و همچنین در کل پروژه

	ASTER 3N			ASTER 3B			PROJECT		
	NO.	RMSE		NO.	RMSE		NO.	RMSE	
		PIXEL	GROUND(M)		PIXEL	GROUND(M)		PIXEL	GROUND(M)
GCP	25	0.04	0.52	25	0.1	0.81	50	0.2	3
TP	28	0.2	3	28	0.27	4	28	0.2	3

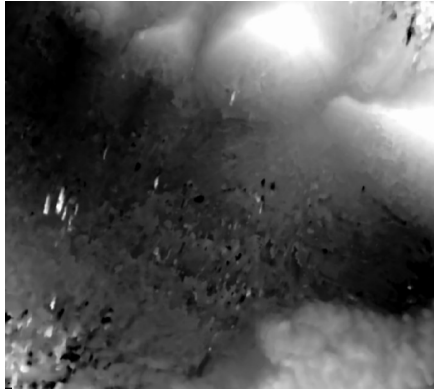
قدرت تفکیک مکانی تصویر اولیه اغلب در عکس های هوایی که دارای بافت ریز مانند بوته ها و نقاط روشن هستند برای بررسی بهتر شکل زمین متداول می باشد (PCI Geomatics, 2001). در این حالت تعداد زیادی نقاط GCP و TP با دقت بسیار بالا برای درون یابی ارتفاع هر پیکسل مورد نیاز است که این امر مستلزم صرف وقت و هزینه زیادی نیز خواهد بود. محققین مختلفی به اثبات رسانده اند که DEM های تولید شده از ASTER با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر (دو برابر قدرت تفکیک مکانی هر پیکسل) برای استفاده در مطالعات شکل زمین از دقت کافی برخوردارند (Sun and Suzen, 2005) لذا در این مطالعه نیز عملیات درون یابی به قدرت تفکیک مکانی ۳۰

و پس از آن افزایش تعداد GCP باعث افزایش دقت نمی شود (Sun and Suzen, 2005). لذا در این مطالعه تعداد ۲۵ نقطه GCP در هر تصویر (۵۰ نقطه در کل پروژه) که در کل منطقه به طور یکنواخت پراکنده شده اند، انتخاب گردیدند. همچنین تعداد ۲۸ نقطه پیوند دهنده (TP) نیز که عبارت از پیکسل های یکسان در دو تصویر می باشند، برای پوشش دادن نقاط فاقد GCP و انطباق کامل تصاویر با یکدیگر و با سیستم مختصات، به طور دستی وارد شدند. علاوه بر این DEM دیگری نیز به عنوان مینا و به منظور کنترل دقت DEM تولید شده از تصاویر ASTER توسط نرم افزار ArcGIS 9.1 از درون یابی خطوط تراز نقشه های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه مورد مطالعه و با فواصل ۱۰ متر تولید گردید. با توجه به فواصل بین خطوط تراز انتظار می رود که خطای سطحی این نقشه ها در حدود ۵ متر (نصف فاصله بین خطوط تراز) و خطای ارتفاعی آن بین ۳ تا ۵ متر (یک سوم فاصله بین خطوط تراز) باشد (Hengal et al., 2004; Balik et al., 2004; Hirano et al., 2003). شکل ۴ مراحل و ترتیب انجام این پروژه را نشان می دهد.

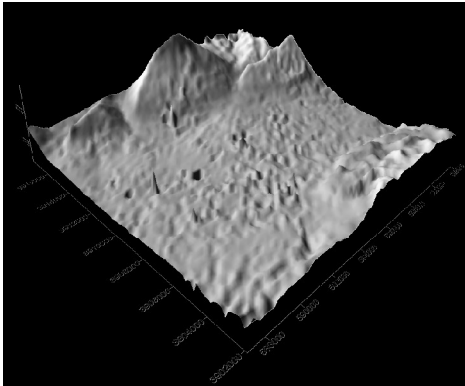
نتایج و بحث

جدول ۱ خطای (root mean square error, RMSE) برای نقاط GCP و TP را به تفکیک هر تصویر و همچنین در کل پروژه در مرحله تصحیح هندسی تصاویر ورودی (با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر) نشان می دهد. مقدار خطای بدست آمده بر روی دقت افقی (planimetric error) (دو بعدی) DEM ساخته شده تأثیر دارد. بطوریکه مشاهده می گردد مقدار خطای مذکور از

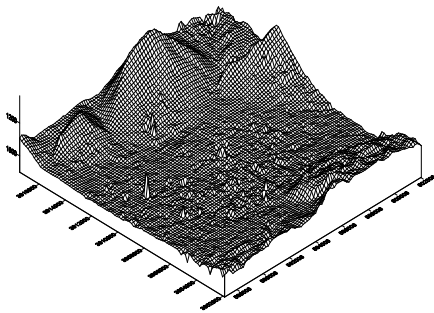
قدرت تفکیک مکانی DEM تولید شده توسط فواصل نمونه برداری (sampling intervals) در هنگام درون یابی کنترل می شود. هر چه فواصل نمونه برداری پیکسل ها بیشتر باشد اندازه پیکسل در DEM تولید شده بزرگتر و در نتیجه قدرت تفکیک مکانی DEM کمتر می شود ولی سرعت تولید DEM افزایش خواهد یافت. فواصل نمونه برداری پیکسل ها بر اساس نتایج مورد انتظار تعیین می گردد. به طوری که به منظور وضوح بهتر DEM، در مناطق مسطح، از نمونه برداری با فواصل بیشتر (اندازه پیکسل ها در DEM نهایی بزرگتر) و در مورد تصاویر دارای بافت خشن و غیر واضح از فواصل کمتر استفاده می شود. انتخاب فواصل نمونه برداری برابریک پیکسل یا برابر



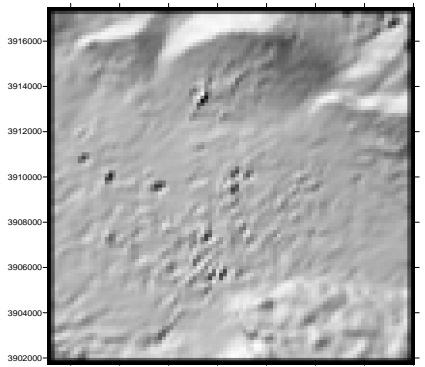
الف



ب



ج



د

شکل ۵- DEM ساخته شده از تصاویر ASTER (الف)، تصویر سه بعدی (ب)، نقشه شبکه ای (ج) و تصویر سایه روشن آن (د).

متر در DEM ساخته شده منتهی گردید. شکل ۵ DEM ساخته شده از تصاویر مربوطه را پس از اصلاح (editing) نقاطی که فرایند درون یابی در آنها موفق نبوده به همراه تصاویر سه بعدی، سایه روشن (hillshade) و نقشه شبکه ای (wireframe map) آن برای منطقه ایوانکی نشان می دهد.

صرف نظر از روش تولید DEM و نرم افزار بکار برده شده در ساختن آن، کارآمدی DEM تولید شده در مطالعات بعدی بعنوان یک لایه اطلاعاتی توسط دقت و کیفیت DEM ساخته شده تعیین می گردد. برای این منظور ارتفاع تخمین زده شده توسط مدل (Z^*) با ارتفاع واقعی همان نقطه بر روی زمین یا بر روی DEM مبنا (Z) مقایسه می گردد. در این مطالعه از دو پارامتر آماری RMSE و ME برای مقایسه ارتفاع بدست آمده توسط تصاویر ASTER و DEM مبنا (DEM ساخته شده از خطوط تراز) استفاده گردید (Chaplot et al., 2006) به طوری که:

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z^* - Z)^2 \right]^{0.5}$$

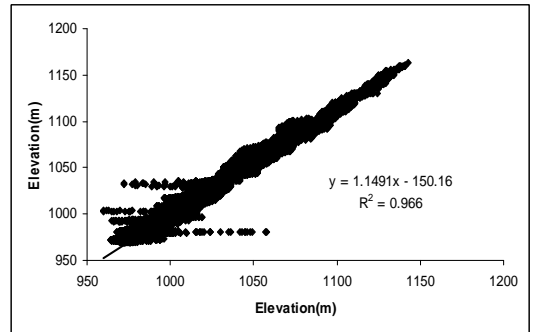
$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z^* - Z)$$

در این مطالعه نقاط کنترلی برای ارزیابی DEM تولید شده از تصاویر ASTER از DEM مبنا ساخته شده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه استخراج گردید. برای محاسبه RMSE حداقل ۲۸ نقطه کنترلی مورد نیاز است به طوری که ۸ عدد از این نقاط باید در لبه ها و بقیه درون DEM قرار داشته باشند (USGS, 2004). در این مطالعه برای اطمینان بیشتر ۴۰ نقطه کنترلی مورد بررسی قرار گرفت که ۱۰ نقطه از آنها در لبه ها و بقیه در داخل DEM انتخاب شدند. در نهایت مقدار RMSE برابر ± 20 متر و ME برابر $\pm 3/5$ متر بدست آمد. مقدار خطای بدست آمده با خطای قابل انتظار در تولید DEM از تصاویر ASTER (۷ تا ۵۰ متر) و همچنین نتایج بدست آمده توسط محققین دیگر (Hirano et al., 2003; Chrysoulakis et al., 2004; Poli et al., 2004; Welch et al., 1998) همبستگی خوبی نشان می دهد و از آنجا که این خطا از حداقل قدرت تفکیک مکانی پیکسل های DEM تولید شده (۳۰ متر) کوچک تر می باشد قابل قبول در نظر گرفته می شود. البته شایان توجه است که DEM مبنا نیز خود دارای مقادیری خطا است که در خطای محاسبه شده مؤثر است. جدول ۲ برخی دیگر از خصوصیات آماری DEM تولید شده از ASTER را در مقایسه با DEM ساخته شده از خطوط میزان نشان می دهد.

جدول ۲- مقایسه برخی از ویژگی های آماری DEM تولید شده با DEM

مبنا	مبنا	
	ASTER DEM	CONTOUR DEM
Number of values	45978	45978
Minimum	960	970
Maximum	1143	1170
Mean	1019.5	1024
Median	1010	1009.3
Standard error	0.2	0.2
Standard deviation	33.2	41.8
Coefficient of variation	0.03	0.04

همچنین برای بررسی میزان ارتباط بین DEM مبنا و DEM تولید شده همبستگی مکانی بین داده ها محاسبه گردید. ضریب همبستگی بدست آمده بین دو DEM، ۰.۹۶٪ می باشد که بیان می نماید مدل های ارتفاعی مذکور با یکدیگر همبستگی بالایی دارند (شکل ۶).



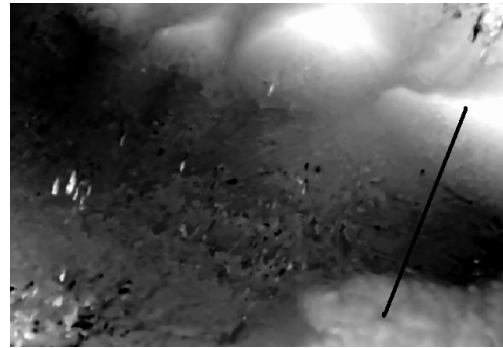
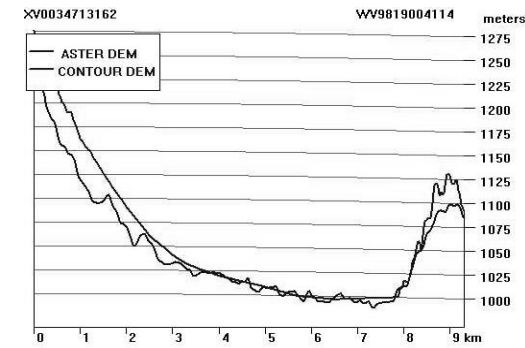
شکل ۶- نمودار همبستگی DEM تولید شده از ASTER (محور y ها) و DEM مبنا (محور x ها).

علاوه بر روش های فوق الذکر که صرفاً با تفاوت ارتفاع DEM مبنا و DEM تولید شده یا بعبارت دیگر دقت عمودی DEM در ارتباط است و اطلاعاتی در مورد دقت دو بعدی یا پلانی متری DEM نمی دهد (Sun and Suzen, 2005)، جهت بررسی دقت DEM تولید شده در جهت x و y نسبت به بررسی پروفیل های طولی در قسمتهای مختلف DEM اقدام گردید. چنان که در شکل ۷ ملاحظه می گردد نمودار مربوط به پروفیل طولی DEM تولید شده در مناطق کوهستانی به علت وجود سایه های متغیر و در دشت های دامنه ای به علت وجود پوشش گیاهی متراکم از نمودار DEM مبنا فاصله گرفته است ولی در مناطق مسطح و بدون پوشش گیاهی و یا با پوشش گیاهی پراکنده دو نمودار انطباق بسیار خوبی را با یکدیگر نشان می دهند. محققین دیگر (Eckert et al., 2005; Hirano et al., 2003; Sun and Suzen, 2005) نیز ضمن بدست آوردن نتایج مشابهی اعلام داشته اند که مدل Toutin در تولید DEM در مناطق پوشیده از برف، پوشش گیاهی یا دارای سایه به علت وجود دره ها و کوه های با شیب تند حتی تا صدها متر دچار

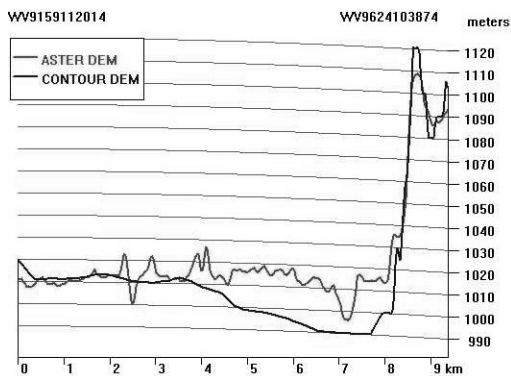
خطا می گردد. با این حال مقدار متوسط خطای مشاهده شده در این مطالعه از ۲ پیکسل و بیشترین خطای مطلق نیز در این رابطه از ۳ پیکسل تجاوز ننموده است.

نتیجه گیری

در این مطالعه دقت DEM تولید شده از تصاویر ASTER توسط نرم افزار PCI Geomatica و مدل هندسی دقیق در منطقه ایوانکی استان سمنان مورد بررسی قرار گرفت. با انتخاب دقیق ۲۵ نقطه کنترل و ۲۸ نقطه پیوند دهنده در هر تصویر و با توزیع نسبتاً یکنواخت در سراسر منطقه مورد مطالعه تولید DEM با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و خطای ارتفاعی ± 20 متر در این منطقه میسر گردید. مقایسه DEM بدست آمده با DEM ساخته شده از خطوط تراز نقشه های توپوگرافی نشان داد که DEM تولید شده در مناطق کاملاً مسطح یا با شیب بسیار کم و بدون پوشش گیاهی بسیار دقیق بوده به طوری که خطای بدست آمده اغلب بین ± 10 متر می باشد ولی در مناطق با پوشش گیاهی متراکم، مناطق دارای سایه و شیب های تند و دره های عمیق خطای تولید DEM افزایش یافته و به حدود ۵۰-۱۰۰ متر نیز می رسد. همچنین نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان می دهد که کیفیت DEM تولید شده به گونه ای است که سطوح صاف روی قله ها، دره ها، شیب های تند و اراضی مسطح به خوبی بر روی آن قابل تشخیص می باشند و از این حیث DEM حاصل از تصاویر ASTER از کیفیت و دقت مطلوبی برخوردار است. البته دقت عمودی DEM مذکور در حد تفکیک میکروتوپوگرافی نمی باشد و در این زمینه همچنان نیاز به عکس های هوایی احساس می گردد. ولی با توجه به این که تا کنون هیچ یک از تصاویر ماهواره ای قادر به تولید DEM با دقت لازم برای بررسی میکروتوپوگرافی نیستند (Kamp et al., 2003)، ساخته شده از ASTER برای تشخیص ماکرو و مزوتوپوگرافی دارای دقت مناسبی است. به همین دلیل با توجه به نتایج بدست آمده در این مطالعه می توان انتظار داشت که DEM تولید شده از تصاویر ASTER را بتوان در مناطقی که تهیه عکس های هوایی و یا داده های ارتفاعی میسر نمی باشد، درمقیاس متوسط (۱:۵۰۰۰۰ تا ۱:۱۰۰۰۰۰) و در جنبه های مختلف مطالعات زیست محیطی و مدیریت منابع اراضی که بر پایه DEM استوارند نظیر مطالعات شکل اراضی، تهیه نقشه های شیب، جهت، طبقات ارتفاعی، تعیین الگوی شبکه های زهکشی طبیعی و حوزه آبخیز و نمایش سه بعدی شکل زمین با موفقیت بکار برد. علاوه بر این دقت DEM تولید شده برای استفاده در تصحیح هندسی، توپوگرافی و اتمسفری و همچنین اصلاح اعوجاج تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک مکانی تا ۱۵ متر و همچنین اصلاح عکس های هوایی مناسب می باشد.



الف



ب

شکل ۷- پروفیل های طولی در دو جهت مختلف و نمودار های آنها در مقایسه با DEM مینا (Contour DEM)

REFERENCES

- Balik, F., Alkis, A., Kurucu, Y. and Alkis, Z. (2004). Validation of radargrammetric DEM generation from RADARSAT images in high relief areas in Edrimit region of Turkey. *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information science, vol.34, part 30. Istanbul.*
- Chaplot, V., Darboux, F., Bourennane, H., Leguedois, S., Silvera, N. and Phachomphon, K. (2006). Accuracy of interpolation techniques for the derivation of digital elevation models in relation to landform types and data density. *Geomorphology, 77: pp. 126-141.*
- Cheng, F., (2001). Automated DEM extraction from aerial photos and satellite images. *Proceeding of 22nd Asian Conference on Remote Sensing Singapore.*
- Chrysoulakis, N., Abrams, M., Feidas, H. and Velianitis, D. (2004). Analysis of ASTER multispectral stereo imagery to produce DEM and land cover databases for Greek islands: the REALDEMS project. *Proceeding of e-Environment congress: Progress and Challenge, pp. 411-424. Mexico.*
- Eckert, S., Kellenberger, T. and Itten, K. (2005). Accuracy assessment of automatically derived digital elevation models from ASTER data in mountainous terrain. *International Journal of Remote Sensing. Vol. 26, No. 9, pp.1943-1957.*
- Hengel, T., Gruber, S. and Shrestha, D.P. (2004). Reduction of errors in digital terrain parameters used in soil-landscape modeling. *International Journal of Applied Observation and Geoinformation. 5, pp. 97-112.*
- Hirano, A., Welch, R. and Lang, H. (2003). Mapping from ASTER stereo image data: DEM validation and accuracy assessment. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 57, pp. 356-370.*
- Jenny, H. (1941). *Factors of soil formation. A system of quantitative pedology.* McGraw hill Book Company, New York, NY, USA .ISBN: 0486681289.
- Kamp, U., Bolch, T. and Olsenholler, J. (2003). DEM generation from ASTER satellite data for geomorphic analysis of Cerro Sillajhuay, Chile/Bolivia. *Proc. Of ASPRS Annual Conference, Anchorage, Alaska.*
- Klingebiel, A.A. and Montgomery, P.H. (1961). *Land capability classification.* USDA Agricultural Handbook 210 US government printing office, Washington, DC.
- PCI Geomatics, 2001. *User's Guide, version 8.2, 50 West Wilmot Street, Richmond Hill, Ontario, Canada.*
- Poli, D., Remondino, F. and Dolci, C. (2004). Use of satellite imagery for DEM generation, landscape modeling and GIS applications, from <http://www.photogrammetry.ethz.ch/pitsanulok-workshop/papers/24.pdf>

- Sindayihebura, A., Van Meirvenne, M. and Nsabimana, S. (2006). Comparison of methods for deriving a digital elevation model from contours and modeling of the associated uncertainty. *Proc. Of 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resource and Environmental Sciences*.
- Sun, B. T. and Suzen, M. L. (2005). Digital elevation model (DEM) generation and accuracy assessment from ASTER stereo data. *International Journal of Remote Sensing*. Vol.26, No. 22, pp. 5013-5027.
- Sys, C., Van Ranst, E. and Debaveye, J. (1991). *Land evaluation. Parts1-3.General Administration for developments cooperation*. A gric. Publ. No.7. Brussels, Belgium.
- Toutin, T. (1995). Generating DEM from stereo images with a photogrammetric approach: examples with VIR and SAR data. *EARSel Advanced in Remote Sensing*, 4, pp.110-117.
- Toutin, T. and Cheng, P. (2002). Comparison of automated digital elevation model extraction results using along-track ASTER and across-track SPOT stereo images. *SPIE Journal, Optical Engineering*, 41, pp. 2102-2106.
- USGS 2004, web site, National mapping Program Technical Instructions, Part 2 Specifications, Standards for digital elevation models, US Department of Interior, US Geological Survey, National mapping Division.
- from <http://rmmcweb.cr.usgs.gov/public/nmpstds/acro docs/dem/2DEM0198.PDF>,
- Welch, R., Jordan, T. and Lang, H. (1998). ASTER as a source for topographic data in the late 1990's. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Vol. 36, No. 4, pp.1282-1289.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.