

تولید مدل دیجیتالی زمین (DTM) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای روسی

نویسندگان: Mikhail M. Fomtchenko رئیس انجمن Sovinform Sputnik و
Vladimir Ftchekalin کارشناس ارشد فتوگرامتری انجمن Sovinform Sputnik
مترجم: خسرو خواجه

اشاره:

این مقاله جنبه‌های اصلی تکنولوژی را برای مدل‌های دیجیتالی نقاط ارتفاعی (DEM) و تصاویر اُرتوی دیجیتالی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای روسی مورد بررسی قرار می‌دهد. تصاویر ماهواره‌ای TK-350 و KVR-1000 دیدگاهی را از نظر اقتصادی مطرح می‌کند که دستیابی به این تولیدات دیجیتالی را امکان‌پذیر می‌سازد.

اساس این نظریه آن است که پردازش مشترک فتوگرامتری تصاویر بر مبنای داده‌های ناوبری انجام می‌گردد. در انجام چنین کاری دیگر به نقاط کنترل زمینی نیازی نمی‌باشد و تصاویر کوچک مقیاس TK-350 به عنوان مبنای متریک جهت ایجاد DEM و نیز برای دستیابی مرجع زمین، تصاویر بزرگ مقیاس KVR-1000 به کار گرفته می‌شوند. در این راستا تصاویر بزرگ مقیاس KVR-1000 دارای اطلاعات موضوعی هستند و برای تولید تصاویر ارتو طراحی شده‌اند مشخصه‌های دقت تولیدات دیجیتالی تعیین می‌گردد.

در سالهای اخیر کشور روسیه به طور گسترده‌ای تصاویر ماهواره‌ای TK-350 و KVR-1000 به بازار جهانی داده‌های سنسچس از دور عرضه داشته است. مشخصه‌های منحصر به فرد تصاویر مزبور آنها را به خاطر برخورداری از مزایای اقتصادی در تهیه نقشه‌های نواحی وسیع در صحنه رقابت جهانی متمایز نموده است. این دو تصویر، امکان تولید نقشه‌های دیجیتالی زمین را با دقتی قابل مقایسه با دقت‌های نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه‌های توپوگرافی بزرگ مقیاس فراهم می‌آورد.



مشخصه‌های اولیه داده‌ها

- وضعیت یک نقطه در تصویر؟
- کانون ثابت دوربین (f)
- تعداد نقاط کنترل به کار رفته (n)

نگاره (۲) - دقت مثلث‌بندی عکس TK-350 که برای:

$$m_{xy} = \pm 15\mu\text{m}, m_{\text{mod}} = \pm 4\mu\text{m}; f = 350\text{mm}, \varepsilon = 1^\circ$$

ترسیم شده است نشان می‌دهد.

این نمودار ترسیمی، نشان می‌دهد که دقت تولید مدل دیجیتال نقاط ارتفاعی (DEM) ۱۰ متر در ارتفاع است. با استفاده از مختصات نقطه که با GPS تعیین می‌شود، دقت به ۴-۵ متر در ارتفاع بهبود می‌یابد.

تولید دیجیتالی تصویر اُرتو

مرحله مقدماتی در تولید تصاویر اُرتو، راستری کردن تصاویر رنگی KVR-1000 یا اسکنر کارل زایس Pho-dis SCAI است. دهانه دوربین

۹۴μm است که برابر با ۲ متر وضوح زمینی است.

مرحله بعدی، به دست آوردن مختصات مرجع زمینی و ارتفاع نقاط کنترل است، که باید برای تعیین توجیه بیرونی تصویر KVR-1000 به کار رود. در اینجا، مختصات مرجع زمین و ارتفاع نقاط کنترل از تصاویر TK-350 با کمک شناسایی نقاط بر روی زمین بدست می‌آید.

مختصات آنها از طریق مدل زمین به دست می‌آید و در شرایط استاندارد، دقت نقاط کنترل (افقی) Ca 14m و (عمودی) Ca 10m است.

دقت مرجع زمین در تصویر KVR-1000 بستگی به دقتی دارد که نسبت به آن نقاط کنترل در تصویر اندازه‌گیری شده است و نیز بستگی به دقت مدل ریاضی دارد که ژئومتری تصویر را بیان می‌دارد. دقیقترین مدل برای KVR-1000 تصویری است که مدل پویایی را تشکیل می‌دهد مدل مزبور حرکت ماهواره را در حین نور خوردن فیلم، انحراف لنز، تغییر مکان محور چرخشی لنزها و جابه‌جایی نقطه اصلی در مد نظر می‌گیرد. خطاهای باقیمانده بین ۱۷ میکرومتر - ۱۴ میکرومتر.

این مقدار خطا برابر با ۳ متر وضوح در روی زمین است. بنابراین با داشتن نقاط کنترل GPS می‌توان تصاویر اُرتو با مقیاس ۱:۱۰/۰۰۰ را بر مبنای تصویر KVR-1000 تولید نمود.

خطا	DX	DY	DH
RMS	44.5m	21.6m	4.1m
Maximum	240m	124m	20m

جدول (۲) ارزیابی دقت یک مدل دیجیتالی ارتفاعی (DEM) که با تصاویر TK-350 به دست آمده است. مدل دیجیتالی ارتفاعی (DEM) با نرم‌افزار روسی photoMod محاسبه شده است. ارزیابی بر مبنای ۴۷ نقطه کنترلی انجام گرفته است.

تصاویر ماهواره‌ای TK-350 و KVR-1000 از یک ماهواره گرفته می‌شوند و زمانهای دریافت این دو تصویر و پارامترهای فتوگرافی آنها هم‌زوج و درهم آمیخته می‌شوند. یک عکس TK-350 ناحیه‌ای را به مساحت ۶۰۰۰۰ کیلومتر مربع پوشش می‌دهد و همین ناحیه نیز به نوبه خود با هفت عکس پی‌درپی و متوالی پوشش داده می‌شود. ارتفاع استاندارد ثبت تصاویر از سطح زمین ۲۲۰ کیلومتر است و تصاویر برداشتی به ترتیب از قدرت تفکیک و وضوح زمینی ۱۰ متر و ۲ متر برخوردارند. تصاویر TK-350 دارای سیستم تصویر مرکزی (سیستم تصویر مستوی) و تصاویر KVR-1000 دارای سیستم تصویر پانورامیک (سیستم تصویر استوانه‌ای) است.

هر پنج عکس متوالی TK-350 چهار زوج عکس را تشکیل می‌دهد (جدول ۱)

تجهیزات مستقر در عرشه ماهواره با ترکیب دو ردیاب ستاره‌ای، یک ارتفاع‌سنج لیزری و یک سیستم تعیین وضعیت، زاویه توجیهی عکس TK-350 را با دقت (رادیان) 0.00005 - 0.0001 ثانیه تعیین می‌کنند. ارتفاع را می‌توان با دقت تقریبی ۵ متر و فاصله را با دقت ۲۰ متر به دست آورد.

تولید مدل دیجیتالی زمین (DTM)

فرآیند اصلی که داده‌های لازم زمین را به هنگام تولید مدل دیجیتالی ارتفاعی (DEM) و تصاویر دیجیتالی اُرتو فراهم می‌آورد، تولید مدل زمین (نگاره ۱) است. پیش‌بینی خطای RMS تعیین مختصات ژئودزی نقاط زمین برای مدل، بستگی به عوامل زیر دارد.

- خطای RMS اندازه‌گیری نقاط تصویر (m_{xy})؛
- خطای RMS مدل ریاضی که ژئومتری تصویر را بیان می‌کند (m_{mod})؛
- خطاهای RMS موقعیت نقاط کنترل، افقی و عمودی (M_{xy} , M_{H})؛
- مقیاس تصویر (t)؛
- زاویه میل (ε)؛

زوج‌های عکس	B/H	درصد پوشش	کیلومتر B
۱-۵	۱/۰۳	۲۰	۲۲۷
۱-۴	۰/۷۷	۴۰	۱۷۰
۱-۳	۰/۵۲	۶۰	۱۱۴
۱-۲	۰/۲۶	۸۰	۵۷

جدول (۱) - نسبت‌های سطح مبنا و ارتفاع (Base/Height) زوج‌های عکس استریو که می‌توان از پنج عکس پی‌درپی TK-350 به دست آورد. ارتفاع ۲۲۰ کیلومتر است

۲۰ / دوره هفتم، شماره بیست و پنجم



تصویر TK-350 همخوانی ندارد و این امر هم به دلیل آن است که یک سری عوامل هواشناسی در مدنظر قرار نگرفته است. نرم افزار OrtoSpace که توسط Sovinformosputnik ارائه شده است مدولی را برمی گرداند که ورودی عوامل اختلالات واقعی نظیر شکست درونی پرتو نوری، انحراف سیستم لنزها، جابه جایی فیلم برای جبران حرکت تصویر را در مدنظر قرار می دهد. کل تأثیر این گونه اختلالات ممکن است بیش از $30 \mu\text{m}$ در تصویر (۱۸۹ متر در روی زمین) باشد.

به منظور عملی کردن تصحیحات ژئومتری در روی هر یک از تصاویر TK-350 در لحظه نوردهی اش چهارخانه ریزی چاپ می شود. علائم عکسی (+) در ابتدا با استفاده از یک منو کمپارا (دستگاه مخصوص مقایسه نقاط) واسنجی می شود. دقت واسنجی $4 \mu\text{m} - 3 \mu\text{m}$ است.

کیفیت بالای گرافیکی و متریک تصاویر TK-350 امکان می دهد که مدل دیجیتالی نقاط ارتفاعی DEM به دو طریق تولید شود.

طریقه اول سنتی و مبتنی بر استفاده از اندازه گیری های استرنو توسط یک عامل انسان است.

طریقه دوم مبتنی بر همبستگی خودکاری تصویر دیجیتالی با استفاده از نرم افزار خاصی نظیر مدوله های Intergraph، رسام استرنو دیجیتالی PhodisST و غیره است.

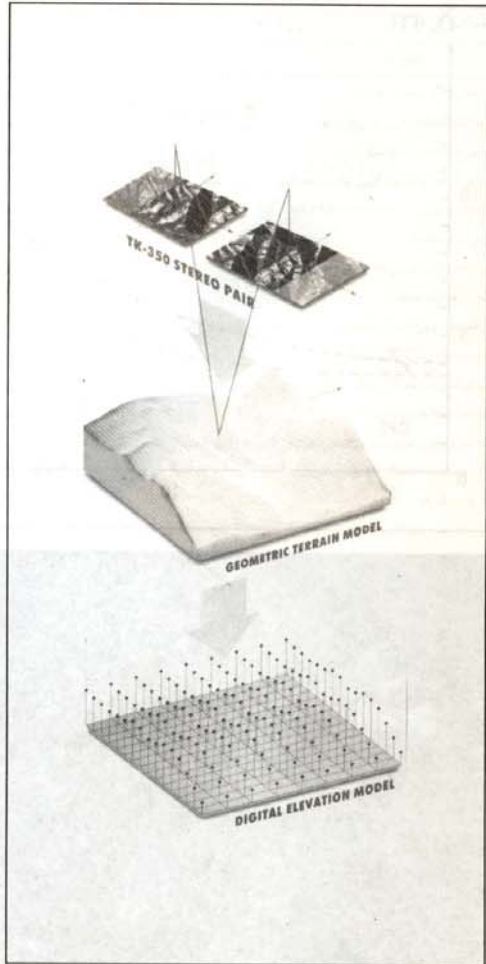
مثالها:

در ماه نوامبر سال ۱۹۹۶ میلادی از شهر قاهره یک مدل دیجیتالی نقاط ارتفاعی (DEM) توسط Sovinformosputnik با استفاده از نرم افزار روسی PhotoMod تهیه شد. همبستگی تصویر دیجیتالی دو بعدی (2-D) با حداکثر ضریبی $0/8$ تا $0/9$ به دست آمد. اندازه پیکسل $14 \mu\text{m}$ است.

برای ارزیابی دقت، ۴۷ نقطه اندازه گیری شد و نتایج در جدول (۲) آمده است. قابلیت تولید تصویر آرتو به خوبی با یک قطعه تصویر دیجیتالی KVR-1000 از شهر دهلی (هندوستان) در نگاه (۳) نشان داده شده است.

برای مختصات مرجع زمینی اش از ۱۱ نقطه GPS استفاده گردید که شرکت زمینشناس در اختیارمان گذاشت. دهانه اسکن (پویس) $9 \mu\text{m}$ بود. دقت دستیابی به مرجع زمینی $4/1 \text{m}$ است و وضعیت ۸ نقطه، خطای RMS را با ۳ متر نشان میدهد. □

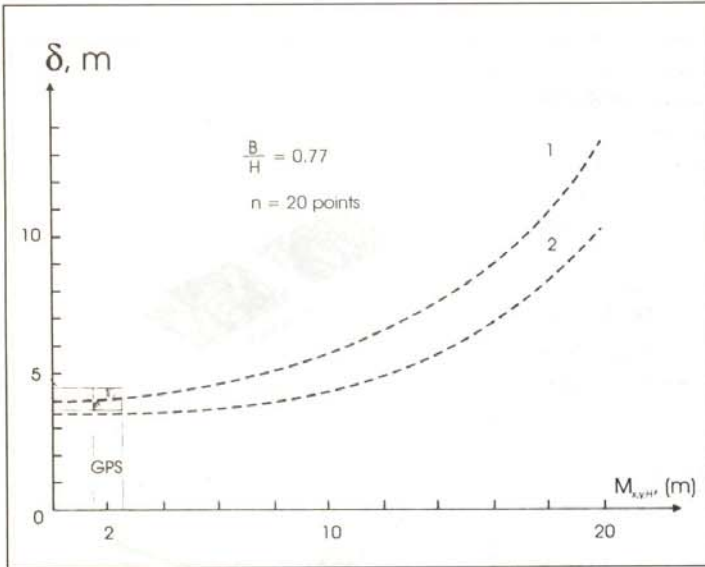
دوره هفتم، شماره بیست و پنجم / ۲۱



نگاره (۱)، طرح تکنولوژی تولید مدل دیجیتالی نقاط ارتفاعی (DEM) با استفاده از تصاویر TK-350

تحقق عملی تکنولوژی

بنا بر اعلام DMA (سازمان نقشه برداری وزارت دفاع ایالات متحده)، که با استفاده از تصاویر TK-350 دست به مطالعه ایجاد مثلث بندی زده است با دقت ۹ متر افقی و ۱۶ متر عمودی بوده است. همبستگی مقادیر دقت، همان طور که تحلیل نشان می دهد، با خصوصیت



نگاره (۲)
دقت مثلث بندی عکس (d)
را برای تصویر TK-350 به
عنوان تابعی از دقت نقطه
کنترل $(M_{x,yH})$ برحسب متر
نشان می دهد که منحنی ۱
برای X, Y و منحنی ۲ برای
 H است.



نگاره (۳)
قطعه ای از یک تصویر
دیجیتالی آر توی دهلی
(UTM, WGS-84, KVR-1000 No.2045)