



سازمان نقشه برداری کشور

(پیش‌نویس نگارش ۱/۰)

استاندارد مدل رقومی سطح (DSM) شهری
با استفاده از تصاویر UltraCam

Standard for Digital Surface Model (DSM)
Extracted from UltraCam digital photos

Version 1.0

تهیه:

مدیریت نقشه‌برداری هوایی - اداره پردازش تصاویر

تابستان ۱۳۹۱

فهرست مطالب

۴	۱- پیشگفتار
۶	۲- مقدمه
۶	۱-۲- تعاریف سطوح ارتفاعی رقومی
۷	۱-۱-۲- مدل رقومی سطحی (DSM) یا اولین سطح بازتابنده
۷	۲-۱-۲- مدل رقومی زمین (DTM) یا کف زمین
۷	۳-۱-۲- سطوح ترکیبی (Combined Surface)
۷	۴-۱-۲- ابر نقطه (Point Cloud)
۷	۲-۲- سطح مبنای ارتفاعی
۸	۱-۲-۲- ارتفاع ارتومتریک
۸	۲-۲-۲- ارتفاع بیضوی
۸	۳-۲- فرمت نمایش مدل ارتفاعی رقومی
۸	۱-۳-۲- ابر نقاط (Mass Points)
۸	۲-۳-۲- شبکه نامنظم مثلثی (Triangulated Irregular Network (TIN)
۹	۳-۳-۲- گریدها (Grids)
۹	۴-۲- تولید مدل رقومی سطح با استفاده از روش فتوگرامتری
۹	۵-۲- کیفیت داده
۱۰	۱-۵-۲- دقت ارتفاعی
۱۰	۲-۵-۲- دقت مسطحاتی
۱۱	۶-۲- کاربردهای مدل رقومی سطح در مناطق شهری
۱۱	۳- منابع و مآخذ
۱۲	۴- اهداف و دامنه کاربرد استاندارد
۱۲	۵- مشخصات داده ورودی و محصول نهائی
۱۳	۱-۵- مشخصات داده ورودی
۱۳	۱-۱-۵- تصاویر UltraCam
۱۴	۲-۱-۵- پوشش مناسب تصاویر بمنظور تولید مدل رقومی سطح
۱۵	۲-۲- تولید مدل رقومی سطح بر اساس عوارض توپوگرافی
۱۶	۳-۵- مشخصات محصول نهائی (مدل رقومی سطح)

- ۱۶..... ۱-۳-۵ - سیستم مختصات و سیستم تصویر
- ۱۶..... ۲-۳-۵ - فرمت
- ۱۷..... ۳-۳-۵ - دقت
- ۱۸..... ۴-۳-۵ - نحوه قطع بندی مدل رقومی سطح (DSM)
- ۱۹..... ۵-۳-۵ - اطلاعات مربوط به داده ها (MetaData)

۱- پیشگفتار

سازمان نقشه‌برداری کشور به عنوان سازمان مسئول تهیه و تولید نقشه و اطلاعات جغرافیایی، مسئولیت‌های زیر را بر عهده دارد:

- تهیه طرح‌ها و اجرای عملیات بنیادی نقشه‌برداری، تهیه نقشه‌ها و مدل‌های رقومی زمین پوششی در سطح کشور و بازنگری و تجدید دائمی آنها؛
- نظارت و کنترل فنی نقشه‌برداری‌های بنیادی و موردی، چه مستقیم سازمان نقشه‌برداری کشور انجام داده باشد، چه سایر ارگان‌ها؛
- بایگانی و نگهداری اطلاعات حاصل، به منظور تمرکز تمام فعالیت‌های نقشه‌برداری و جغرافیایی در سطح کشور؛
- جلوگیری از دوباره کاری و ایجاد یکنواختی در تهیه نقشه و استاندارد کردن تمام عملیات نقشه‌برداری و جغرافیایی در سطح کشور؛
- تهیه و تدوین استانداردها، دستورالعمل‌ها، آیین‌نامه‌های فنی و اجرایی فعالیت‌های نقشه‌برداری با هماهنگی مراجع زیربسط؛
- همچنین، این سازمان مسئولیت ایجاد سیستم اطلاعات جغرافیایی ملی (NGIS) را دارد و در این امر نقش راهبردی ایفا می‌کند.

لذا تدوین استانداردهای لازم در زمینه نقشه‌برداری و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی از وظایف آن محسوب می‌شود که توسط کمیته استانداردهای اطلاعات توپوگرافی رقومی و یا با هماهنگی با آن صورت می‌گیرد. برای حفظ هماهنگی و همگامی با پیشرفت‌های ملی و جهانی، استانداردهای تدوین شده در مواقع لزوم مورد تجدید نظر قرار خواهند گرفت و پیشنهادها هنگام تجدید نظر مورد توجه قرار می‌گیرند. بنابراین برای مراجعه به این استانداردها باید همواره از آخرین نگارش آنها استفاده نمود.

با توجه به اینکه امکان تصویربرداری هوایی با دوربین‌های رقومی UltraCam با قدرت تفکیک بالا در کشور فراهم گردیده است و با نظر به اینکه یکی از محصولات کارا حاصل از این تصاویر، مدل رقومی سطح (DSM) می‌باشد و با توجه به نیاز روزافزون به این محصول، به عنوان یکی از اجزاء مهم اطلاعات مکانی و از آنجائیکه سازمان نقشه‌برداری کشور به عنوان سازمان مرجع در زمینه برنامه‌ریزی، هماهنگی و تولید اطلاعات مکانی در کشور به شمار می‌رود لذا در صدد برنامه‌ریزی برای تولید این گونه اطلاعات برآمده است. تهیه مدل رقومی سطح خصوصاً در مناطق شهری با استفاده از تصاویر UltraCam در هر منطقه‌ای در کشور مستلزم تدوین استاندارد آن می‌باشد که مجموعه حاضر، اولین نگارش این استاندارد است. هدف از

تدوین این مجموعه، ارائه مشخصات محصول نهائی (مدل رقومی سطح با استفاده از تصاویر UltraCam) مورد نظر و قابل استفاده توسط کاربران بوده است.

استاندارد حاضر را گروه کاری متشکل از اعضای زیر تدوین نموده است:

- خانم مهندس فریبا صادقی نائینی فرد
- آقای مهندس امیررضا ساعتی

لازم بذکر است که پس از انجام فعالیت اجرائی، موارد ناکامل این استاندارد تکمیل شده و باید به تصویب کمیته استانداردهای اطلاعات توپوگرافی رقومی برسد تا قابل مرجع‌دهی گردد.

۲- مقدمه

سازمان نقشه‌برداری کشور با دستیابی به دوربین‌های هوایی رقومی UltraCam، امکان اخذ این تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا (بهتر از ۱۰ سانتیمتر) را دارا می‌باشد. گسترش فتوگرامتری رقومی و اخذ تصاویر هوایی با قدرت تفکیک بالا، امکان تولید مدل رقومی سطح (DSM) را امکان‌پذیر نموده است. تولید این محصول نوید بخش پاسخگویی به بسیاری از نیازهای کشور خواهد بود. برای نمونه، تهیه تصاویر قائم (true ortho) با قدرت تفکیک بالا از این دست به شمار می‌رود. بسیاری کاربردهای شهری، برای مثال بررسی شبکه‌های هیدرولوژیک و طراحی آنها، نیز از دیگر کاربردهای مهم این محصول است. در حال حاضر مدل ارتفاعی رقومی زمین (DEM) تقریباً از کل کشور ایران با وضوح هندسی ۱۰ متر با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ در سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شده است که بسیاری کاربردها را تا به حال پاسخگو بوده است و در پروژه‌های مطالعاتی و در تهیه تصاویر قائم از آن دسته از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی که دارای قدرت تفکیک متوسطی هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. بمنظور تهیه تصاویر قائم در مقیاسهای بزرگ به مدل رقومی سطح با قدرت تفکیک بالا نیاز می‌باشد. بدین منظور مقرر گردید تا مدل رقومی سطح (DSM) با استفاده از عکس‌های هوایی UltraCam تولید شود. بر اساس قدرت تفکیک مکانی (GSD) تصاویر هوایی Ultracam، مدل رقومی سطح تولید شده جوابگوی مقیاس مشخصی خواهد بود که در این استاندارد به آن پرداخته می‌شود و نیز کاربردهای آن مفصلاً ذکر خواهد شد. در هر صورت، نیاز به مدل رقومی سطح (DSM) خصوصاً در مناطق شهری که عوارض ساخت دست بشر به وفور یافت می‌شود بعنوان یکی از اجزاء اطلاعات مکانی رقومی و ارزش افزوده تصاویر UltraCam، احساس می‌گردد و سازمان نقشه‌برداری کشور به عنوان سازمان مرجع در زمینه برنامه‌ریزی، هماهنگی و تولید نقشه و اطلاعات مکانی در صدد برنامه‌ریزی برای تولید این اطلاعات برآمده است. تهیه مدل ارتفاعی سطح (DSM) در هر منطقه‌ای که تصاویر UltraCam با پوشش مناسب در آن موجود باشد، مستلزم تدوین استاندارد آن می‌باشد که مجموعه حاضر اولین نگارش آن به شمار می‌رود. هدف از تدوین این مجموعه، ارائه مشخصات محصول نهائی (مدل رقومی سطح، DSM) با استفاده از تصاویر UltraCam و قابل استفاده توسط کاربران بوده است.

۲-۱- تعاریف سطوح ارتفاعی رقومی

سطح ارتفاعی رقومی بر اساس عوارض نمایش داده شده در آن، به چهار دسته تقسیم می‌شود، مدل رقومی سطح (DSM) یا اولین سطح بازتابنده، مدل رقومی زمین (DTM) یا کف زمین، سطوح ترکیبی (Combined Surface) و ابر نقطه (Point Cloud). (USGS, et al., 2004).

۲-۱-۱- مدل رقومی سطحی (DSM) یا اولین سطح بازتابنده

مدل رقومی سطح یا DSM، عوارضی از زمین را نمایش می‌دهد که اولین انعکاس را به سمت سنجنده‌های نوری فراهم می‌کند. عوارض موجود در DSM شامل درختان، سقف ساختمان‌ها، برج‌ها، تیرها و دیگر عوارض طبیعی یا مصنوعی می‌باشد و در صورتیکه زمین فاقد پوشش گیاهی باشد، سطح زمین در DSM نشان داده می‌شود. فتوگرامتری می‌تواند این نوع سطح را بازسازی نمایند. سطح بازسازی شده توسط روش‌های فتوگرامتری ممکن است شامل عوارضی همچون ماشین در حال حرکت نیز باشد که در حالت کلی، جز مدل رقومی زمین در نظر گرفته نمی‌شوند و باید حذف شوند.

۲-۱-۲- مدل رقومی زمین (DTM) یا کف زمین

منظور از کف زمین، سطح زمین فاقد عارضه می‌باشد که پس از حذف پوشش گیاهی و عوارض ساخت دست بشر بازسازی می‌شود. چنین سطوحی عموماً به عنوان مدل‌های رقومی سطح یا DTM شناخته می‌شوند.

۲-۱-۳- سطوح ترکیبی (Combined Surface)

در برخی کاربردها، ممکن است به ترکیب این سطوح نیاز باشد. برای مثال، یک کاربر ممکن است در مناطق پوشیده از پوشش گیاهی، کف زمین را درخواست نماید و در مناطقی دیگر عوارض ساخت دست بشر را نیاز داشته باشد. در DTM مورد استفاده در مطالعات هیدرولوژیک، وجود ساختمان‌ها ضروری است (چرا که مانع جریان آب می‌باشند) در حالیکه، وجود پل‌ها ضروری نمی‌باشد (زیرا که آب از زیر پل جریان می‌یابد). بنابراین حذف و یا حفظ عوارض از روی سطوح ارتفاعی را کاربرد تعیین می‌نماید.

۲-۱-۴- ابر نقطه (Point Cloud)

فایل ابر نقطه، عموماً داده خام است که شامل نقاط سه بعدی (3D) است، نقاط با چندین ارتفاع، نمونه‌ای از ابر نقطه است.

۲-۲- سطح مبنای ارتفاعی

انواع مختلف ارتفاع در ذیل توضیح داده شده است. بصورت پیش فرض ارتفاع ارتومتریک بعنوان "ارتفاع" مدل رقومی سطح نهائی در نظر گرفته می‌شود مگر اینکه ارتفاع دیگری برای آن درج گردد.

۲-۲-۱- ارتفاع ارتومتریک

فاصله بین ژئوئید و نقطه روی سطح زمین در راستای خط شاقولی بعنوان ارتفاع ارتومتریک در نظر گرفته می‌شود. عموماً ارتفاع ارتومتریک با استفاده از ترازبایی جمع‌آوری می‌شود بطوریکه ترازبای در محل، در امتداد ثقل تراز شود. سطح مبنای ارتفاعات ارتومتریک کشور، سطح متوسط آبهای آزاد است. با آنالیز جزر و مدسنج‌ها، ایستگاه بندر عباس به عنوان مبنای ارتفاعات ایران انتخاب شده است.

۲-۲-۲- ارتفاع بیضوی

این ارتفاع، فاصله بین یک نقطه روی سطح زمین تا سطح بیضوی است که در راستای خط نرمال (عمود) بر بیضوی در آن نقطه اندازه‌گیری می‌شود. این ارتفاع از طریق قرائت‌های GPS و قبل از انجام تصحیحات ژئوئید جمع‌آوری می‌شوند.

۲-۳- فرمت نمایش مدل ارتفاعی رقومی

سطح ارتفاعی رقومی در قالب فرمت‌های مختلفی مدل می‌شوند که از آن دست می‌توان به فرمت‌هایی مثل ابرنقاط، شبکه نامنظم مثلثی و گریدها اشاره کرد. (USGS, et al., 2004).

۲-۳-۱- ابر نقاط (Mass Points)

ابر نقاط، نقاط نامنظمی هستند که موقعیت مکانی آنها با مختصات x, y, z مشخص می‌شود. این فرمت ایده‌آل‌ترین و مناسب‌ترین فرمت داده می‌باشد چون به بهترین نحو عوارض زمین را مدل می‌نماید.

۲-۳-۲- شبکه نامنظم مثلثی (Triangulated Irregular Network (TIN)

این مدل یک ساختار پایه‌ای می‌باشد که عمدتاً برای مدل کردن زمین با استفاده از نقاط تهیه شده از روش فتوگرامتری استفاده می‌شود. یک شبکه نامنظم مثلثی مجموعه‌ای از مثلث‌های در کنار هم و بدون پوشش یا جدای از هم بوده که به صورت سه بعدی می‌باشند. این ساختار معمولاً برتر از سایر مدل‌های داده می‌باشد، چون محل دقیق نقاط روی زمین را حفظ

می‌کند. ابر نقاط حاصل از فتوگرامتری را نیز می‌توان به فرمت TIN تبدیل نمود، اما فایل‌های TIN به مراتب حجیم‌تر از ابر نقاط می‌باشند زیرا TIN ها شامل ساختار روابط همسایگی^۱ بین هر مثلث و مثلث‌های همسایه می‌باشند.

۲-۳-۳- گریدها (Grids)

گریدها متداول‌ترین ساختار مورد استفاده برای مدل کردن سطح زمین می‌باشند. این ساختار دارای چند مزیت نسبت به سایر مدل‌های ارتفاعی می‌باشد. در این ساختار، اطلاعات ارتفاعی در فواصل منظم زمینی نمایش داده می‌شود. با استفاده از این نقطه و فاصله بین نقاط می‌توان مختصات کلیه نقاط را محاسبه کرد. این مسئله باعث می‌شود که برای تک تک نقاط نیاز به ذخیره‌سازی مختصات نباشد و در نتیجه، باعث کاهش حجم فایل می‌شود. همچنین ساختار گریدها مناسب‌ترین ساختار، برای انجام پردازش‌ها می‌باشد.

۲-۴- تولید مدل رقومی سطح با استفاده از روش فتوگرامتری

یکی از روش‌های تولید مدل رقومی، استفاده از روش فتوگرامتری است که پس از مثلث بندی تصاویر استریو و توجیه نمودن آنها نسبت به سیستم مختصات زمینی، با بهره‌گیری از روش‌های تناظریابی، المان‌های تصویری (پیکسل‌ها) متناظر یا عوارض متناظر بدست می‌آیند سپس با استفاده از پارالاکس x عوارض متناظر و شرط هم صفحه‌ای، ارتفاع نقاط متناظر استخراج می‌شوند و ابر نقطه حاصل می‌گردد. روش‌های تناظریابی به دو دسته کلی سطح مبنا^۲ و عارضه مبنا^۳ تقسیم می‌شود که در روش سطح مبنا معیار سنجش، درجه خاکستری یا شدت رنگ پیکسل‌هاست و در عارضه مبنا معیار، جهت خط و لبه عارضه (میزان تغییرات درجه خاکستری) می‌باشد و در بعضی موارد ترکیبی از این دو روش نیز برای تناظریابی بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۵- کیفیت داده

برای ارزیابی کیفیت داده مکانی تولید شده، دقت ارتفاعی و دقت مسطحاتی محصول سنجیده می‌شود.

^۱ Topological data structure
^۲ Aerea-Based Matching
^۳ Feature-Based Matching

۲-۵-۱- دقت ارتفاعی

دقت ارتفاعی، معیار اصلی کیفیت داده‌های ارتفاعی است و دقت ارتفاعی مورد نیاز به نیاز کاربر بستگی دارد. ارزیابی دقت ارتفاعی به دو صورت انجام می‌شود، دقت ارتفاعی اصلی و دقت ارتفاعی جانبی و ترکیبی که در ذیل به تفصیل بیان می‌گردد.

- دقت ارتفاعی اصلی^۴

دقت ارتفاعی اصلی یک مجموعه داده، فقط با استفاده از نقاط چک قرار گرفته در مناطق باز اندازه‌گیری می‌شود زیرا که در این مناطق، سنجنده توانایی ثبت سطح زمین را دارد. دقت ارتفاعی اصلی در سطح اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از آماره ارتفاعی RMSE محاسبه می‌شود ($RMSE_z \times 1.9600$).

- دقت‌های ارتفاعی جانبی و ترکیبی^۵

علاوه بر دقت ارتفاعی اصلی، می‌توان دقت‌های جانبی و ترکیبی را نیز برای دیگر پوشش‌های زمینی و یا برای ترکیبی از پوشش‌ها عنوان نمود. غالباً خطاهای ارتفاعی بسته به ارتفاع و تراکم پوشش زمینی، تغییر می‌یابند و بنابراین منحنی توزیع آن را نمی‌توان نرمال فرض کرد از اینرو آماره RMSE را برای محاسبه دقت در بازه ۹۵ درصد نیز نمی‌توان استفاده کرد، در نتیجه روش‌های غیر پارامتریک آماری برای تست دقت جانبی استفاده خواهد شد که به تفصیل در بخش ارزیابی دقت دستورالعمل تهیه مدل رقومی با تصاویر UltraCam شرح داده شده است.

۲-۵-۲- دقت مسطحاتی

دقت مسطحاتی یکی دیگر از مشخصات مهم داده‌های ارتفاعی است، هرچند که تا حد زیادی با دقت ارتفاعی کنترل می‌شود. در صورتیکه دقت ارتفاعی بالا مورد نیاز باشد، لازم است که دقت مسطحاتی بالا نیز برآورده شود. زیرا که خطاهای مسطحاتی غالباً در خطاهای حاصل از تست دقت ارتفاعی سهم بسزائی دارند.

^۴ Fundamental accuracy
^۵ Supplemental and consolidated vertical accuracies

۲-۶- کاربردهای مدل رقومی سطح در مناطق شهری

مدل‌های رقومی سطح در مناطق شهری در زمینه‌های مختلف مهندسی، نظامی و تبلیغاتی کاربرد دارد که از آن دست می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- ۱) برای مدیریت زیرساخت‌های مناطق متراکم شهری که در آن مدل ارتفاعی رقومی سطح با قدرت تفکیک بالا مورد نیاز است برای مثال، طراحی مدل‌های هیدرولوژیک، مدیریت سیلاب، طراحی شبکه‌های انتقال نیرو، مکان‌یابی بهینه آنتن‌های مخابراتی، طراحی شبکه راهها، محاسبه حجم خاکبرداری خاکریزی در فعالیتهای عمرانی شهری و سنجش تراکم جمعیت و استفاده از آن در مهندسی ترافیک، برآورد آلودگی‌های زیست محیطی و غیره را می‌توان نام برد.
- ۲) تولید تصاویر true ortho با قدرت تفکیک بالا و در نتیجه تهیه نقشه‌های عکسی و تصویری با قدرت تفکیک بالا
- ۳) ایجاد حرکت شبیه‌سازی شده سه بعدی بر فراز شهر
- ۴) کاربردهای تبلیغاتی و کارتوگرافی

۳- منابع و مآخذ

- ASPRS Lidar Committe** ASPRS Guidelines Vertical Accuracy Reporting for Lidar Data [Report]. 2004.
- Hohle Joachim and Hohle Michael** Accuracy assessment of digital elevation models by means of robust statistical methods [Journal] // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. - 2009.
- Hohle Joachim** Updating of the Danish Elevation Model by means of photogrammetric methods [Report]. - Denmark : National Survey and Cadastre, 2009.
- LeicaPhotogrammetrySuiteUserGuide** Automatic Terrain Extraction [Book]. - 2010.
- Lemaire C** Aspects of the DSM production with high resolution images [Conference]// ISPRS, Commission IV, WG IV/9. - Stuttgart, Germany : [s.n.], 2008.
- Ministry of Environment Land and Parks** Specifications and Guidelines for Geomatics. - Province of British Columbia : [s.n.], 1991.
- PASW-StatisticsSoftware-release18.0.0** SPSS Software Instruction.
- USGS [et al.]** Guidelines for Digital Elevation Data (NDEP) [Report] : Standard. - 2004.
- استاندارد مدل ارتفاعی رقومی ایران در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ [گزارش]. - سازمان نقشه‌برداری کشور : سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، فروردین ماه ۱۳۸۰.
- دستورالعمل‌های همسان‌نقشه‌برداری- جلدششم: داده‌های شبکه‌ای و تصویری [گزارش] : استاندارد. - تهران : سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۶.

۴- اهداف و دامنه کاربرد استاندارد

اهداف اصلی از ایجاد و تبعیت از یک استاندارد مدل رقومی سطح (DSM) عبارتند از :

- ۱) ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در تولید مدل رقومی سطح (DSM) در سطح ملی که از تصاویر هوایی UltraCam تهیه شده باشند
- ۲) تسهیل در امر تبادل اطلاعات و در نتیجه صرفه جوئی در هزینه‌ها
- ۳) ایجاد یک چهارچوب در سطح ملی جهت مشارکت در فعالیتهای منطقه‌ای و بین‌المللی
- ۴) ایجاد زمینه مناسب جهت تکمیل دستورالعمل اجرایی برای تولید مدل رقومی سطح (DSM) در مقیاس‌های بزرگ
- ۵) دستیابی به سطح کیفی مناسب، از طریق پیروی نمودن از یک استاندارد واحد
- ۶) امکان اجرای پروژه توسط تولید کنندگان مختلف.

۵- مشخصات داده ورودی و محصول نهایی

بمنظور تولید مدل رقومی سطح در مناطق شهری از تصاویر رقومی هوایی UltraCam استفاده می‌شود که میزان همپوشانی این تصاویر باید شرایط تولید مدل رقومی سطح را داشته باشند که در ادامه به آن پرداخته می‌شود. نخست تصاویر مثلث بندی شده و مورد ارزیابی دقت قرار می‌گیرند. سپس منطقه، به نواحی همگون (tile) با پیچیدگیهای یکسان تقسیم‌بندی شده و بر اساس ناهمواریها، استراتژی‌های متفاوتی برای تولید مدل رقومی سطح تعریف می‌شود که چگالی نقاط، فیلترینگ اتوماتیک نقاط خطادار و در نهایت اندازه پیکسل مدل رقومی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، tile بندی منطقه با استفاده از اندکس نقشه‌های بزرگ مقیاس مربوطه انجام می‌شود. سپس در هر یک از tile های تعیین شده، عوارض متناظر در تصاویر توجیه شده با استفاده از تکنیک‌های تناظریابی عارضه مبنا و سطح مبنا که بر هر م‌های تصویر^۶ اعمال می‌شود انتخاب می‌گردند سپس با استفاده از پارامترهای معلوم توجیه خارجی تصاویر، نقاط 3d ایجاد می‌گردند. پس از آن روی ابر نقطه

حاصله، فیلترهائی اعمال می‌شود و برخی عوارض همچون ماشین‌ها و برخی درختان حذف می‌گردند. نهایتاً به فرمت شبکه‌ای تبدیل شده و در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. موارد مذکور به تفصیل شرح داده می‌شود.

۵-۱- مشخصات داده ورودی

۵-۱-۱- تصاویر UltraCam

سازمان نقشه‌برداری کشور با دستیابی به تجهیزات سخت افزاری اخذ تصاویر UltraCam، قادر به تصویربرداری رقومی UltraCam D و UltraCam XP از مناطق مورد درخواست می‌باشد. دوربین‌های UltraCam امکان ثبت داده با GSD بهتر از ۱۰ سانتیمتر را داراست و تصاویر دارای ۴ کانال R، G، B و NIR و یک کانال پانکروماتیک است و قدرت تفکیک رادیومتریکی آنها بهتر از ۱۲ بیت می‌باشند. تصاویر بصورت pansharpened (تلفیق چهار کانال طیفی با پانکروماتیک) با فرمت tiff و بصورت ۱۶ بیتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مشخصات تصاویر دوربین‌های UltraCam D و UltraCam XP در زیر نمایش داده شده است.

Panchromatic Camera

Large Format Panchromatic Output Image

Image Format	long track	67.5mm	7500 pixel
	cross track	103.5mm	11500 pixel
Image Extent		(-33.75, -51.75)mm	(33.75, 51.75)mm
Pixel Size		9.000µm*9.000µm	
Focal Length	ck	105.200mm	± 0.002mm
Principal Point	X_ppa	-0.270 mm	± 0.002mm
(Level 2)	Y_ppa	0.000 mm	± 0.002mm
Lens Distortion	Remaining Distortion less than 0.002mm		

Multispectral Camera

Medium Format Multispectral Output Image
(Upscaled to panchromatic image format)

Image Format	long track	67.5mm	2400 pixel
	cross track	103.5mm	3680 pixel
Image Extent		(-33.75, -51.75)mm	(33.75, 51.75)mm
Pixel Size		28.125µm*28.125µm	
Focal Length	ck	105.200mm	
Principal Point	X_ppa	-0.270 mm	± 0.002mm
(Level 2)	Y_ppa	0.000 mm	± 0.002mm
Lens Distortion	Remaining Distortion less than 0.002mm		

مشخصات دوربین UltraCam D

Panchromatic Camera

Large Format Panchromatic Output Image

Image Format	long track	67.860mm	11310pixel
	cross track	103.860mm	17310pixel
Image Extent		(-33.93, -51.93)mm	(33.93, 51.93)mm
Pixel Size		6.000 μ m*6.000 μ m	
Focal Length	ck	100.500mm	\pm 0.002mm
Principal Point (Level 2)	X_ppa	0.000 mm	\pm 0.002mm
	Y_ppa	0.000 mm	\pm 0.002mm
Lens Distortion	Remaining Distortion less than 0.002mm		

Multispectral Camera

Medium Format Multispectral Output Image (Upscaled to panchromatic image format)

Image Format	long track	67.860mm	3770pixel
	cross track	103.860mm	5770pixel
Image Extent		(-33.93, -51.93)mm	(33.93, 51.93)mm
Pixel Size		18.000 μ m*18.000 μ m	
Focal Length	ck	100.500mm	
Principal Point (Level 2)	X_ppa	0.000 mm	\pm 0.002mm
	Y_ppa	0.000 mm	\pm 0.002mm
Lens Distortion	Remaining Distortion less than 0.002mm		

مشخصات دوربین UltraCam XP

۵-۱-۲- پوشش مناسب تصاویر بمنظور تولید مدل رقومی سطح

در صورتیکه منطقه‌ای که تولید مدل رقومی آن مد نظر است منطقه باز (کم ساختمان و کم درخت) می‌باشد باید حداقل با ۴ تصویر پوشش داده شود تا افزونی مناسب ایجاد شود و در صورتیکه منطقه مورد نظر، شهری یا پوشیده از درخت باشد لازم است حداقل ۵ تصویر، منطقه مورد نظر را پوشش دهد که با احتساب این شرط می‌توان، درصد پوشش‌های طولی و عرضی را برآورد نمود. لازم بذکر است که تعداد ترکیب تصاویر $(n-1) \times \frac{1}{2}$ است و n تعداد تصاویر پوشش دهنده می‌باشد. برای نمونه پوشش‌های 60×60 یا 30×80 افزونی کافی را برای استخراج مدل رقومی ارتفاعی، در مناطق باز ایجاد می‌کنند، به این دلیل که این مناطق، در تعداد ۴ تصویر پوشش داده می‌شوند. ولی فقط ترکیب 60×80 یا 70×90 می‌تواند

بصورت قابل ملاحظه ای پدیده انسداد^۷ در مناطق شهری یا پوشش درختی را کاهش دهد. بسیاری از دوربین‌های رقومی، به فرمت غیر مربعی هستند بنابراین زوایای دید^۸ در راستای خط پرواز و عمود بر خط پرواز با یکدیگر متفاوت است. ضلع بزرگتر، که زاویه دید بزرگتری دارد، انسدادهای بیشتری را نسبت به ضلع کوچکتر ارائه می‌نماید. بنابراین بهتر است عکس‌ها در شرایطی اخذ شوند که جهت کوچکتر سنجنده، عمود بر جهت پرواز باشد. این مورد باعث می‌شود که زمان تصویر برداری افزایش یابد و هزینه بیشتری را نیز طلب می‌نماید.

۵-۲- تولید مدل رقومی سطح بر اساس عوارض توپوگرافی

همانطوری که پیشتر نیز مطرح شد، بر اساس نوع عوارض توپوگرافی و میزان عوارض ساخت دست بشر در هر منطقه، برای چگالی ابر نقطه استخراج شده از آن تصمیم‌گیری می‌شود. برای این منظور بر اساس GSD تصاویر UltraCam، مقیاس نقشه توپوگرافی آن را از جدول --- استخراج نموده سپس بر اساس اندکس قطع بندی نقشه بزرگ مقیاس مذکور، کل منطقه دسته‌بندی می‌شود و در هر شیت نقشه مذکور بر اساس میزان عوارض ساخت دست بشر و ناهمواری زمین، چگالی ابر نقطه تنظیم می‌شود.

برای مثال در صورتیکه GSD تصویر UltraCam برای نقشه ۱:۲۰۰۰ مناسب است، بر اساس اندکس قطع بندی نقشه‌های ۱:۲۰۰۰ و با توجه به پیچیدگیهای زمین و عوارض درون هر شیت، چگالی ابر نقطه تنظیم می‌گردد در صورتیکه در یک شیت ۱:۲۰۰۰، منطقه کوهستانی یا شهری باشد ابر نقطه بسیار متراکم، نیاز است و در صورتیکه در شیت دیگر ۱:۲۰۰۰، منطقه مسطح یا روستایی باشد، ابر نقطه غیر متراکم نیاز است. بنابراین اندازه پیکسل مدل رقومی (DEM) نهائی نیز تحت تاثیر چگالی ابر نقطه حاصله است که در جدول --- نیز ذکر گردیده است. با مد نظر قرار دادن عوارض زمینی در تولید مدل رقومی سطح، از حذف عوارض ضروری و یا افزایش حجم غیر ضروری محصول خروجی جلوگیری می‌شود. بهمین علت است که در جدول --- برای تصاویر UltraCam با یک GSD واحد که مقیاس نقشه آن نیز واحد است مدل رقومی سطح با دو اندازه پیکسل متفاوت استخراج می‌شود.

^۷ occlusion
^۸ Viewing angle

۵-۳- مشخصات محصول نهائی (مدل رقومی سطح)

۵-۳-۱- سیستم مختصات و سیستم تصویر

برای ایجاد یکپارچگی هندسی، فعالیت‌های تهیه اطلاعات مکانی باید در یک سیستم مختصات واحد کشوری صورت گیرد تا امکان آنالیزهای مکانی در این سطح امکان‌پذیر شود.

- سطح مبنای مسطحاتی

سیستم مختصات WGS-84 به عنوان سیستم مختصات قائم الزاویه پذیرفته شده جهانی، یک سیستم زمینی قرار دادی است که بنا بر تعریف، مبدا سیستم مختصات WGS-84 مرکز جرم زمین، محور Z در جهت قطب قرار دادی زمین (CIO)، محور X محل تقاطع صفحه نصف النهار مرجع WGS-84 با صفحه استوا و محور Y عمود بر محور X در صفحه استوا به گونه‌ای است که سیستم دست راستی باشد. برای نمایش سطح زمین بر روی یک صفحه، از سیستم تصویر جهانی Universal Transfer Mercator استفاده می‌شود.

- سیستم تصویر

در فایل‌های مدل رقومی سطح (DSM)، همانند نقشه‌های پوششی بزرگ مقیاس، برای نمایش سطح زمین بر روی یک صفحه، از سیستم تصویر جهانی Universal Transverse Mercator (UTM) استفاده می‌شود. سیستم UTM، یک سیستم مختصات مسطحاتی بر اساس شبکه‌های یکنواخت و جهانی سیستم تصویر مرکاتور برای ۶۰ قاچ و هر قاچ، شامل ۶ درجه در طول جغرافیایی می‌باشد. سیستم مختصات UTM بصورت متریک بوده و ارتفاع، نیز در واحد متر می‌باشد. مختصات X بصورت قرار دادی، واحد شرقی و مختصات Y، واحد شمالی نامیده می‌شود.

۵-۳-۲- فرمت

دو فایل برداری و رستری بصورت مجزا، به عنوان محصول خروجی ارائه می‌گردد. با توجه به اینکه هر یک از اطلاعات برداری و رستری می‌توانند به فرمت‌های گوناگونی عرضه شوند، به منظور ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در ارائه محصول نهائی (مدل رقومی سطح DSM) در سطح ملی، فرمت انتقال اطلاعات برداری و رستری به فرمت استاندارد زیر ارائه می‌شود:

۱- ابر نقطه با فرمت dxf :

همانطور که پیشتر نیز مطرح گردید توده ابر نقاط حاصل از تناظریابی بدون هر گونه ویرایش و با فرمت dxf به کاربر عرضه می‌شود این محصول مدل رقومی سطح است که بصورت نقاط نامنظم ارائه می‌گردد.

بنابراین داده‌ها بصورت ابر نقطه و با فرمت dxf ارائه می‌شوند و در صورت نیاز، کاربر آن را به فرمت TIN تبدیل خواهد نمود و در عمل TIN بصورت خروجی ارائه نمی‌شود.

۲- مدل رقومی سطح (DSM) و سطح ترکیبی با فرمت GeoTiff :

در صورتیکه هیچگونه ویرایشی توسط کاربر در خواست نگردد مدل رقومی سطح (DSM) بصورت گرید (شبکه‌ای) که پس از انترپوله از ابر نقطه اولیه تشکیل می‌گردد با فرمت GeoTiff و ۱۶ بیتی به کاربر عرضه می‌گردد. در صورتیکه حذف عوارضی همچون درخت و وسائل نقلیه از طرف کاربر درخواست گردد، فیلترهائی روی ابر نقطه اولیه اعمال شده و تا حد امکان نقاط 3d روی این عوارض حذف شده و محل‌های خالی با استفاده از نقاط اطراف انترپوله شده و پر می‌گردد نقاط اطراف باید روی زمین واقع شده باشند. بنابراین لازم است به این نکته توجه شود که در مناطق بسیار متراکم شهری عملاً امکان حذف تمامی این عوارض مقدور نمی‌باشد چرا که زمان مورد نیاز را بشدت افزایش می‌دهد و عملاً انترپوله این مناطق با استفاده از نقاط زمینی صورت نخواهد پذیرفت. ابر نقطه فیلتر شده با انترپولاسیون به فرمت گرید (شبکه‌ای) درآمده به فرمت GeoTiff و ۱۶ بیتی به کاربر عرضه می‌گردد. اندازه پیکسل گرید متناسب با GSD تصاویر UltraCam و چگالی ابر نقطه و بر اساس پیچیدگیهای منطقه طبق جدول ---- محاسبه می‌شود.

۵-۳-۳- دقت

در بحث تولید مدل ارتفاعی رقومی سطح (DSM) با استفاده از تصاویر رقومی UltraCam با GSD های متفاوت، دقت ارتفاعی و مسطحاتی قابل تخمین می‌باشد که در جدول ---- درج گردیده است.

DEM Pixel size (برای مناطق شهری)	DEM Pixel size (برای مناطق غیر شهری)	GSD(سانتیمتر)	دقت مسطحاتی	دقت ارتفاعی اصلی $RMSE_z \times 1.960$ 0	فاصله منحنی میزان (سانتیمتر)	مقیاس نقشه
						۱:۲۰۰
						۱:۵۰۰
						۱:۱۰۰۰
						۱:۲۰۰۰
						۱:۵۰۰۰
						۱:۱۰۰۰۰

۵-۳-۴- نحوه قطع‌بندی مدل رقومی سطح (DSM)

برای ایجاد نظم در مراحل اجرایی کار و نام‌گذاری فایل‌های DSM، به یک سیستم نام‌گذاری و اندکس راهنما نیاز می‌باشد. سیستم نام‌گذاری و تقسیم‌بندی فایل‌های DSM تولید شده از تصاویر UltraCam مطابق با سیستم نام‌گذاری نقشه‌های پوششی قابل استخراج از آن می‌باشد و اضافه نمودن حرف D به ابتدای اسم و اضافه نمودن عبارت (_DEMPixelsize) بر حسب سانتیمتر به انتهای نام مذکور. بنابراین بر اساس GSD تصاویر UltraCam، با توجه به جدول-----، مقیاس نقشه خروجی آن را برآورد نموده و بر اساس نام‌گذاری نقشه‌های مذکور و اضافه نمودن عبارات ذکر شده، DSM ها نام‌گذاری میشوند.

برای مثال در صورتیکه GSD تصویر UltraCam، مناسب برای نقشه ۱:۲۰۰۰ باشد (طبق جدول---)، پس از تهیه مدل رقومی سطح، قطع‌بندی بر اساس قطع‌بندی نقشه‌های ۱:۲۰۰۰ انجام شده و دیگر مقیاسها نیز به همین صورت انجام می‌گردد. اضافه نمودن عبارات ذکر شده انجام می‌شود و دیگر مقیاسها نیز به همین صورت انجام می‌گردد.

در جدول---- نحوه نام‌گذاری مدل‌های ارتفاعی سطحی در نقشه‌های بزرگ مقیاس آورده شده است.

مقیاس	نحوه نام‌گذاری مدل‌های رقومی سطح (شبکه‌ای و ابرنقطه)	مدلهای رقومی سطح (شبکه‌ای و ابرنقطه)
۱:۲۰۰۰	نام نقشه ۱:۲۰۰۰ + نام بلوک ۱:۲۰۰۰ + شماره قاچ UTM + D اندازه پیکسل مدل رقومی (سانتیمتر) + _	D39B01D04_20.tiff
	نام نقشه ۱:۲۰۰۰ + نام بلوک ۱:۲۰۰۰ + شماره قاچ UTM + D	D39B01D04.dxf
۱:۱۰۰۰	+ نام نقشه ۱:۲۰۰۰ + نام بلوک ۱:۲۰۰۰ + شماره قاچ UTM + D اندازه پیکسل مدل رقومی (سانتیمتر) + _ شماره نقشه ۱:۱۰۰۰	D39B01D041_10.tiff
	+ نام نقشه ۱:۲۰۰۰ + نام بلوک ۱:۲۰۰۰ + شماره قاچ UTM + D شماره نقشه ۱:۱۰۰۰	D39B01D041.dxf
۱:۵۰۰	+ نام نقشه ۱:۲۰۰۰ + نام بلوک ۱:۲۰۰۰ + شماره قاچ UTM + D شماره نقشه ۱:۵۰۰ + شماره نقشه ۱:۱۰۰۰ اندازه پیکسل مدل رقومی (سانتیمتر) + _	D39B01D0413_7.tiff
	+ نام نقشه ۱:۲۰۰۰ + نام بلوک ۱:۲۰۰۰ + شماره قاچ UTM + D شماره نقشه ۱:۵۰۰ + شماره نقشه ۱:۱۰۰۰	D39B01D0413.dxf

توضیحات بیشتر در خصوص نحوه قطع‌بندی و نام‌گذاری نقشه‌های بزرگ مقیاس، در پیش‌نویس نهایی استاندارد و دستورالعمل تهیه نقشه‌های رقومی مقیاس ۱:۵۰۰، ۱:۱۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰ به‌روش فتوگرامتری نگارش ۲/۰ (سیستم کشوری برای نام‌گذاری نقشه‌های بزرگ مقیاس ۱:۲۰۰۰، ۱:۱۰۰۰ و ۱:۵۰۰) آورده شده است.

۵-۳-۵- اطلاعات مربوط به داده‌ها (MetaData)

تبادل و مدیریت داده‌های رقومی ایجاب می‌نماید که داده‌ها همراه با مشخصات و توضیحات مربوطه باشند تا این اطلاعات برای تشخیص میزان کاربری داده‌ها مورد استفاده قرار گیرد. فایل متنی حاوی مشخصات، محتویات، توضیحات و دیگر ویژگی‌های مجموعه داده، اصطلاحاً متادیتا نامیده می‌شود. دو هدف عمده از ارائه متادیتا به‌همراه مجموعه داده دنبال می‌شود:

- ۱- ایجاد شناسنامه‌ای برای داده‌ها که گویای وضعیت و مشخصات آنها باشد.
- ۲- ارائه اطلاعات لازم در مورد داده‌ها به کاربران جهت تشخیص تناسب داده‌ها برای کاربرد مورد نظر.

متادیتای مدل رقومی سطح با استفاده از تصاویر UltraCam

<p>سطح ارتفاعی (یک گزینه، یا بیشتر را انتخاب کنید)</p> <p><input type="checkbox"/> مدل رقومی سطح (DSM)</p> <p><input type="checkbox"/> مدل رقومی زمین (کف زمین یا DTM)</p> <p><input type="checkbox"/> سطوح ترکیبی (Combined surface)</p> <p><input type="checkbox"/> ابر نقطه (cloud point)</p>	
<p>نوع ارتفاع (یک گزینه را انتخاب کنید)</p> <p><input type="checkbox"/> ارتفاع ارتومتریک</p> <p><input type="checkbox"/> ارتفاع بیضوی</p> <p><input type="checkbox"/> غیره -----</p>	
<p>قطع‌بندی مدل رقومی بر اساس (یک گزینه را انتخاب کنید)</p> <p><input type="checkbox"/> نقشه‌های ۱:۵۰۰ تعداد شیت -----</p> <p><input type="checkbox"/> نقشه‌های ۱:۱۰۰۰ تعداد شیت -----</p> <p><input type="checkbox"/> نقشه‌های ۱:۲۰۰۰ تعداد شیت -----</p>	
<p>فرمت نمایش مدل ارتفاعی رقومی (یک گزینه، یا بیشتر را انتخاب کنید)</p> <p><input type="checkbox"/> ابر نقطه با فرمت .dxf</p> <p><input type="checkbox"/> شبکه‌ای (اندازه گرید=-----متر) بدون حذف عوارض با فرمت GeoTiff</p> <p><input type="checkbox"/> شبکه‌ای (اندازه گرید=-----متر) پس از حذف عوارض با فرمت GeoTiff</p>	
<p>منبع داده</p> <p><input type="checkbox"/> تصویر UltraCam با اندازه GSD ----- متر</p> <p>تاریخ تصویربرداری ----- ، زمان تصویر برداری ----- ، درصد پوشش طولی -----٪ و درصد پوشش عرضی -----٪</p> <p>کانال‌های طیفی مورد استفاده : <input type="checkbox"/> پانکروماتیک <input type="checkbox"/> RGB <input type="checkbox"/> CIR <input type="checkbox"/> Pansharpened</p>	
<p>دقت ارتفاعی <input type="checkbox"/> دقت ارتفاعی اصلی = ----- (متر) = در ۹۵ درصد سطح اطمینان در زمین های باز = $RMSE_z \times 1.9600$</p> <p><input type="checkbox"/> دقت ارتفاعی جانبی = ----- (متر) = در ۹۵ امین percetile در دیگر پوشش‌های زمینی</p> <p><input type="checkbox"/> دقت ارتفاعی جانبی ترکیبی = ----- (متر) = در ۹۵ امین percetile در تمامی پوشش‌های زمینی</p>	
<p>دقت مسطحاتی</p> <p><input type="checkbox"/> دقت مسطحاتی = ----- متر</p> <p>دقت مسطحاتی در سطح اطمینان ۹۵ درصد = $RMSE_r \times 1.7308$</p>	
<p>سطح مبنای مسطحاتی</p> <p><input type="checkbox"/> WGS84 (پیش فرض)</p>	
<p>مدل ژئوئید (یک گزینه را انتخاب کنید)</p> <p><input type="checkbox"/> EGM96 <input type="checkbox"/> غیره -----</p>	
<p>سیستم مختصات</p> <p><input type="checkbox"/> UTM: شماره zone -----</p>	
<p>حجم فایل ----- (MB/GB) / غیره ----- (مجموع حجم تمامی فایل‌های برداری و شبکه‌ای را وارد نمایید).</p>	
<p>وسعت فایل</p> <p>مرز: مستطیلی</p> <p>ابعاد x ----- (متر/درجه/ غیره -----) نام مرز مورد استفاده ----- غیر مستطیلی</p> <p>ابعاد y ----- (متر/درجه/ غیره -----) منبع مختصات -----</p>	