جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری

جلد دوم: نقشه‌برداری هوایی(کلیات)

ضابطه شماره: ۲-۱۱۹

« تجدید نظر دوم »

آخرین ویرایش : ۲۰-۰۳-۱۴۰۴

سازمان نقشه‌برداری کشور

اداره کل نظارت، کنترل فنی و استاندارد

گروه استانداردسازی

www.ncc.gov.ir

معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی و اجرایی

nezamfanni.ir

۱۴۰۴

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رئیس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره :**	**۱۴۰۴/۱۶۹۶۴۰**
	تاریخ :	**۱۴۰۴/۰۴/۱۱**

به استناد ماده(۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور و تبصره ذیل بند(۳-۱) ماده(۴) «سند نظام فنی‌واجرایی یکپارچه کشور»، موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۰۵۴۴/ت۶۳۷۱۹ه مورخ ۱۴۰۴/۰۳/۰۶ هیئت وزیران؛ ضابطه پیوست با مشخصات زیر ابلاغ و در«سامانه نظام فنی‌واجرایی کشور» به نشانی Nezamfanni.ir منتشر می‌شود:

عنوان:	**دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری جلد دوم: نقشه برداری هوایی (کلیات)**
شماره ضابطه:	**۲-۱۱۹**
نوع ابلاغ:	لازم الاجرا
حوزه شمول:	همه قراردادهای جدیدی که از محل وجوه عمومی ویا به صورت مشارکت عمومی-خصوصی منعقد می‌شوند.
تاریخ اجرا:	۱۴۰۴/۰۷/۰۱
متولی تهیه، اخذ بازخورد و اصلاح:	سازمان نقشه برداری کشور
مرجع اعلام اصلاحات:	امور نظام فنی‌واجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور

این بخشنامه از تاریخ اجرا، جایگزین بخشنامه شماره ۱۰۰/۹۳۶۰ مورخ ۱۳۸۶/۰۱/۲۹ می‌شود.

سیدحمید پورمحمدی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با همکاری سازمان نقشه برداری کشور و با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir

۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.

۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.

۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۵- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

تبصره: در مورد این ضابطه، سازمان نقشه‌برداری کشور به طور اختصاصی، عهده‌دار جمع‌آوری و رسیدگی به نظرات می‌باشد که نشانی آن در این صفحه ارائه شده است.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی

web: nezamfanni.ir **Email: nezamfanni@mporg.ir**

سازمان نقشه‌برداری کشور:

www.ncc.gov.ir

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پیشگفتار

سازمان برنامه و بودجه کشور به عنوان متولی توسعه پایدار کشور و نظام فنی و اجرایی یکپارچه، به استناد ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه و آیین‌نامه و سند اجرایی آن، با کمک دستگاه‌های اجرایی و توان متخصصان دانشگاهی و حرفه‌ای کشور، به تهیه و ابلاغ ضوابط و مقررات و مستندات لازم در این حوزه می‌پردازد.

استفاده از ضوابط و معیارها در مراحل پیدایش، مطالعه (مطالعات امکان‌سنجی)، طراحی (پایه و تفصیلی)، اجرا، راه اندازی، تحویل و بهره‌برداری طرح‌های عمرانی به لحاظ فنی و اقتصادی، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های بهره برداری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از طرفی، تالیف و تدوین ضوابط و معیارهای فنی مستلزم توجه به پژوهش‌های علمی و تخصصی در جهت بکارگیری صحیح نیروی انسانی متخصص و کارآمد و همچنین سیاست‌ها و برنامه‌ریزی مناسب است.

نقشه برداری هوایی یکی از شاخه‌های اصلی علم فوتوگرامتری است. امروزه کاربرد فتوگرامتری علاوه بر تولید نقشه‌های توپوگرافی شامل تولید محصولات متنوع از قبیل ابرنقاط متراکم، مدل‌های رقومی زمین و سطح، نقشه‌های تصویری قائم و مدل‌های سه‌بعدی از مناطق، ساختمان‌ها، اشیاء و غیره می‌باشد.

دستورالعمل همسان نقشه برداری، نقشه برداری هوایی (کلیات) درقالب ۶ فصل به بیان کلی عملیاتی که منجر به تهیهٔ انواع اطلاعات و نقشه‌ها از تصاویر هوایی می‌شود می پردازد تا نیازی به تکرار آن‌ها در دستورالعمل‌های موردی تهیه نقشه و تولید اطلاعات مکانی به روش نقشه‌برداری هوایی نباشد. جزئیات وابسته به مقیاس نقشه، دقت اطلاعات مکانی مورد نیاز، تولید مدل رقومی زمین و نقشه‌های تصویری قائم و مدل‌های سه‌بعدی در دستورالعمل‌های مربوطه ارائه می‌شود.

باوجود تلاش، دقت و وقت فراوانی که برای تهیه این مجموعه صرف شده است، این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام نیست. بنابراین در راستای تکمیل و پربار شدن این آیین‌نامه، از کاربران محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به سازمان نقشه‌برداری کشور (www.ncc.gov.ir) ارسال کنند. کارشناسان پیشنهادهای دریافت شده را بررسی و در صورت نیاز، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و پس از تایید از طریق پایگاه اطلاع رسانی نظام فنی و اجرایی کشور (Nezamfanni.ir) برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهد شد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در بالای صفحات، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده‌است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ آن نیز اصلاح خواهد شد. از اینرو همواره مطالب صفحات، دارای تاریخ جدید و معتبر خواهد بود.

حمید امانی همدانی

معاون فنی، زیربنایی و تولیدی

تابستان ۱۴۰۴

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری

جلد دوم: نقشه‌برداری هوایی(کلیات)

اعضای گروه تهیه کننده (به ترتیب حروف الفبا):

سید هومن الماسی	مهندسین مشاور رصد ایران	کارشناسی ارشد فتوگرامتری
محمد سرپولکی (مسئول گروه‌کاری)	مهندسین مشاور جهان پیمایش سیستم	کارشناس ارشد فتوگرامتری
مریم صارمی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS
الهام طیبی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد فتوگرامتری
علیرضا عمادیان مهر	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS
رقیه فتحی الماس	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناس ارشد سنجش از دور
اشرف‌السادات قریشی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناس ارشد فتوگرامتری

اعضای گروه نظارت:

احمد ابوطالبی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناس ارشد سنجش از دور

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان نقشه‌برداری کشور):

مریم صارمی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد سنجش از دور وGIS
علی صفایی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد سنجش از دور وGIS

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

فصل اول:کلیات ۱
۱-۱- مقدمه ۸
۱-۲- تعاریف ۹
۱-۳- مراحل اصلی در انجام پروژه‌های نقشه‌برداری هوایی ۱۳
فصل دوم: تصویربرداری هوایی ۱۵
۲-۱- تجهیزات ۱۱
۲-۱-۱- سکوی تصویربرداری هوایی ۱۱
۲-۱-۲- دوربین تصویربرداری هوایی ۱۱
۲-۱-۳- تجهیزات تعیین موقعیت و وضعیت تصاویر ۱۳
۲-۲-متغیرهای اصلی در طراحی فرآیند تصویربرداری هوایی ۱۴
۲-۲-۱- محدوده یا مسیر تصویربرداری هوایی ۱۴
۲-۲-۲- ارتفاع پرواز و قدرت تفکیک تصاویر ۱۴
۲-۲-۳- پوشش‌های طولی و عرضی ۱۵
۲-۲-۴- مشخصات اپتیکی و مکانیکی دوربین تصویربرداری هوایی ۱۶
۲-۲-۵- سرعت شاتر و کشیدگی تصویر ۱۶
۲-۲-۶- زمان تصویربرداری هوایی ۱۶
۲-۲-۷- علامت‌گذاری قبل از تصویربرداری هوایی ۱۷
۲-۳- طراحی تصویربرداری هوایی ۱۸
۲-۴- تعیین وضوح هندسی تصویر GRD ۱۸
فصل سوم: رقومی‌سازی(اسکن) عکس‌های هوایی ۲۱
۳-۱- تجهیزات مورد نیاز ۲۳
۳-۲- مشخصات مورد نیاز از نظر کیفیت ۲۳
۳-۲-۱- مشخصات عمومی ۲۳
۳-۲-۲- محدودهٔ مورد اسکن ۲۴
۳-۲-۳- اندازهٔ پیکسل تصاویر ۲۴
۳-۳- فرمت تصاویر رقومی ۲۵
فصل چهارم: مثلث‌بندی هوایی ۲۵
۴-۱- کلیات ۲۹
۴-۱-۱- ضرورت انجام ۲۹
۴-۱-۲- مراحل کاری ۲۹
۴-۱-۳- عوامل موثر بر دقت انجام فرآیند مثلث‌بندی هوایی ۳۰
۴-۲- تجهیزات ۳۱

omoorepeyman.ir

۱-۲-۴- سخت افزار ۳۱
۲-۲-۴- نرم‌افزار ۳۱
۳-۴- ورودی فرآیند مثلث‌بندی هوایی ۳۲
۴-۴- خروجی فرآیند مثلث‌بندی هوایی ۳۲
۵-۴- مراحل انجام فرآیند مثلث‌بندی هوایی ۳۳
۱-۵-۴- کنترل ورودی‌های فرآیند مثلث‌بندی هوایی ۳۳
۲-۵-۴- تهیه اندکس (راهنمای) عکسی ۳۴
۳-۵-۴- طراحی نقاط کنترل زمینی ۳۴
۴-۵-۴- طراحی نقاط چک ۳۸
۵-۵-۴- انتخاب و تعیین موقعیت نقاط کنترل و چک زمینی ۳۸
۶-۵-۴- تهیه کروکی نقاط کنترل زمینی و چک ۴۰
۷-۵-۴- تشکیل بلوک فتوگرامتری ۴۰
۸-۵-۴- تنظیم پارامترهای کالیبراسیون و سلف کالیبراسیون ۴۲
۹-۵-۴- وزن‌دهی مشاهدات ۴۲
۱۰-۵-۴- استخراج و پالایش نقاط گرهی ۴۳
۱۱-۵-۴- معرفی مشاهدات به بلوک فتوگرامتری ۴۴
۱۲-۵-۴- انجام محاسبات سرشکنی بلوک ۴۵
۶-۴- ارزیابی کیفی نتایج ۴۵
۷-۴- تنظیم و تکمیل مدارک و مستندات نهایی ۴۶
فصل پنجم : استخراج و ویرایش اطلاعات برداری ۴۹
۱-۵- تبدیل سه‌بعدی عوارض ۵۱
۲-۵- ترسیم از روی مدل سه‌بعدی رقومی (Mesh Model) ۵۱
۳-۵- ترسیم دوبعدی عوارض ۵۲
۴-۵- ارزیابی کیفیت نقشه‌های ترسیمی ۵۲
۱-۴-۵- دقت هندسی ۵۲
۲-۴-۵- صحت اطلاعات توصیفی ۵۳
۳-۴-۵- کامل بودن نقشه‌های تبدیلی ۵۳
۵-۵- عملیات مقدماتی برای تبدیل ۵۳
۶-۵- آماده‌سازی نرم‌افزار و ورود اطلاعات توجیه تصاویر ۵۴
۷-۵- روش‌ها و اصول تبدیل عوارض مشخص ۵۴
۱-۷-۵- ارتباط منطقی عوارض ۵۴
۲-۷-۵- عوارض نقطه‌ای ۵۵
۳-۷-۵-عوارض خطی ۵۵
۴-۷-۵-عوارض سطحی ۵۸

omoorepeyman.ir

۵-۸- ویرایش نقشه‌های تبدیلی و آماده سازی برای ورود به پایگاه داده مکانی ۵۹
۵-۸-۱- انطباق ساختار داده ۵۹
۵-۸-۲- انطباق خصوصیات توصیفی ۵۹
۵-۸-۳- نکات مهم در ویرایش نقشه‌های تبدیلی ۶۰
۵-۸-۴- الزامات کیفی ۵۹
فصل ششم: ابر نقطه، محصولات شبکه‌ای و تصویری ۶۳
۶-۱- ابر نقطه ۶۵
۶-۱-۱- ارزیابی دقت و کیفیت ابر نقطه ۶۵
۶-۱-۲- فرمت ارائه ابر نقطه ۶۶
۶-۲- مدل رقومی زمین و سطح ۶۶
۶-۲-۱- ارزیابی دقت و کیفیت مدل ارتفاعی رقومی ۶۶
۶-۲-۲- فرمت ارائه مدل رقومی زمین و سطح ۶۷
۶-۳- نقشه تصویری قائم ۶۷
۶-۳-۱- ارزیابی دقت و کیفیت نقشه تصویری قائم ۶۷
۶-۳-۲- فرمت ارائه نقشه تصویری قائم ۶۷
۶-۴- مدل مش ۶۸
۶-۴-۱- ارزیابی کیفیت مش ۶۸
۶-۴-۲- فرمت ارائه مش ۶۸
پیوست ۶۹
منابع و مراجع ۷۱

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل اول

کلیات

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱-۱- مقدمه

به‌طور کلی به عملیات جمع‌آوری، پردازش و استخراج اطلاعات از تصاویر هوایی، نقشه‌برداری هوایی گفته می‌شود و نقشه‌برداری هوایی یکی از شاخه‌های اصلی علم فتوگرامتری است. به‌طور کلی "فتوگرامتری، علم و فناوری کسب اطلاعات صحیح و قابل قبول از اشیاء و محیط اطراف است که از طریق ثبت تصاویر و انجام عملیات اندازه‌گیری و تفسیر بر روی آن‌ها انجام می‌گیرد. این تصاویر شامل عکس‌های ثبت شده در طیف نور مرئی توسط دوربین‌های عکسبرداری معمولی تا الگوهای ثبت شده در طیف‌های مختلف انرژی الکترومغناطیسی توسط سنجنده‌های پیشرفته می‌باشند".

تغییرات سریع فنآوری و پیشرفت‌های حاصله در علوم ارتباطات و اطلاعات نیاز به انواع نقشه و اطلاعات مکانی سه‌بعدی را به‌صورت قابل توجهی افزایش داده است. فتوگرامتری با قابلیت تولید حجم زیاد اطلاعات مکانی سه‌بعدی جایگاهی به مراتب مهم‌تر از قبل پیدا نموده است.

ایجاد تنوع در سکوهای تصویربرداری و همچنین امکان پردازش تصاویر دوربین‌های غیرمتریک، پیشرفت‌های حاصله در زمین‌مرجع نمودن خودکار تصاویر، بهره‌گیری از دوربین‌های تصویربرداری چندگانه و اخذ تصاویر هم‌زمان از زوایای مختلف و دراختیار قرارگرفتن سخت افزارهای پیشرفته با قابلیت پردازش تعداد زیاد تصاویر با حجم بالا و امکان پردازش بر روی سخت‌افزارها از راه دور، پیشرفت نرم‌افزاهای هوشمند پردازش و استخراج خودکار اطلاعات، کاربردهای متنوعی برای محصولات و حتی روش‌های فتوگرامتری فراهم نموده‌است.

امروزه کاربرد فتوگرامتری علاوه بر تولید نقشه‌های توپوگرافی شامل تولید محصولات متنوع از قبیل ابرنقاط متراکم، مدل‌های رقومی زمین و سطح، نقشه‌های تصویری قائم و مدل‌های سه‌بعدی از مناطق، ساختمان‌ها، اشیاء و غیره می‌باشد.

در مجموعه حاضر که تدوین آن پس از گذشت چندین سال از نگارش قبلی این دستورالعمل آغاز گردیده است برخی از فرآیندها، حذف و یا دچار تغییرات عمده گردیده و برخی فرآیندها و محصولات جدید نیز اضافه گردیده‌اند.

برای مثال فعالیت‌هایی مانند تصویربرداری هوایی با ورود سکوهای مختلف پروازی مانند پهپادها، بهره‌گیری از دوربین‌های رقومی، تجهیزات و روش‌های تعیین موقعیت دقیق و تعیین وضعیت پرنده در زمان تصویربرداری، پیشرفت‌های دوربین‌های تصویربرداری هوایی و نرم‌افزارها و سخت افزارهای مدیریت پرواز و ... دچار تغییرات عمده شده‌اند.

فرآیندهایی مانند عکاسی و چاپ به صورت کلی حذف گردیده، از اهمیت و ضرورت اسکن عکس‌ها و فیلم‌های آنالوگ به میزان قابل توجهی کاسته شده و در مراحل، روش‌ها، تجهیزات و نرم‌افزارهای مثلث‌بندی هوایی و تولید و استخراج اطلاعات از تصاویر هوایی نیز تغییرات عمده‌ای ایجاد گردیده است. گسترش و توسعه الگوریتم‌های انطباق خودکار تصاویر و افزایش پوشش‌های طولی و عرضی در تصویربرداری، بهره‌گیری از مجموعه دوربین‌های چندگانه، تولید ابرنقاط با کیفیت و دقت مناسب را میسر نموده است.

با توجه به پیشرفت‌های حاصله، تولید خودکار ابرنقاط متراکم، مدل رقومی زمین و مدل رقومی سطح با جزئیات، کیفیت و دقت مناسب، تولید نقشه تصویری قائم و مدل‌های سه‌بعدی سطوح به‌صورت فرآیندهایی متداول در استخراج اطلاعات از تصاویر هوایی می‌باشند.

omoorepeyman.ir

با تولید اطلاعات سه‌بعدی متراکم و دقیق به همراه توسعه نرم‌افزارها و ابزار مناسب جمع‌آوری اطلاعات، تبدیل عوارض با تشکیل مدل سه‌بعدی (Stereo model)، تنها گزینه موجود برای استخراج اطلاعات سه‌بعدی از تصاویر هوایی نخواهد بود و استخراج عوارض با استفاده از ابر نقاط سه‌بعدی تولیدشده، ترسیم عوارض منطبق بر سطح با استفاده از نقشه‌های تصویری قائم نیز می‌بایست به عنوان بخشی از مراحل پروژه‌های فتوگرامتری در نظر گرفته شوند.

گسترش کاربردهای مدل‌های سه‌بعدی (3 D model) خصوصا در مناطق شهری ایجاب می‌نماید که فرآیند تولید اطلاعات مناسب برای تولید مدل‌های سه‌بعدی شهری به عنوان یکی از مراحل اجرای پروژه‌های فتوگرامتری در نظرگرفته شود.

از طرفی نیاز کاربران به اطلاعات و نقشه‌های ویرایش شده که آماده ورود به پایگاه‌های اطلاعات مکانی و سامانه‌های GIS باشند، مستلزم آماده سازی اطلاعات متناسب با این نیازها در مرحله ویرایش است. در بخش‌های مختلف این مجلد، عملیاتی که منجر به تهیهٔ انواع اطلاعات و نقشه‌ها از تصاویر هوایی می‌شود به‌صورت کلی بیان شده تا نیازی به تکرار آن‌ها در دستورالعمل‌های موردی تهیه نقشه و تولید اطلاعات مکانی به روش نقشه‌برداری هوایی نباشد. جزئیات وابسته به مقیاس نقشه، دقت اطلاعات مکانی مورد نیاز، تولید مدل رقومی زمین و نقشه‌های تصویری قائم و مدل‌های سه‌بعدی در دستورالعمل‌های مربوطه ارائه می‌گردد.

۲-۱- تعاریف

نقشه برداری هوایی و فتوگرامتری

به‌طورکلی فتوگرامتری، علم و دانش تولید داده‌های زمین مرجع از تصاویر هوایی است و به تمامی فرآیندهای جمع‌آوری، پردازش و استخراج داده‌های زمین‌مرجع و تولید نقشه به این روش، نقشه‌برداری هوایی گفته می‌شود.

بلوک فتوگرامتری

مجموعه تصاویر اخذ شده در داخل محدوده موردنظر در یک پروژه تصویربرداری هوایی به همراه اطلاعات کالیبراسیون دوربین یا دوربین‌ها، مختصات نقاط کنترل زمینی، مشاهدات عکسی و سایر داده‌های کمکی مربوطه که به‌منظور تهیه نقشه و به‌صورت هم‌زمان، پردازش و محاسبات فتوگرامتری بر روی آنها انجام می‌گیرد تشکیل یک بلوک فتوگرامتری می‌دهند.

تصویر برداری هوایی

به فرآیند اخذ تصاویر هوایی مناسب برای عملیات فتوگرامتری با استفاده از سکوهای تصویربرداری هوایی از قبیل هواپیما، هلیکوپتر، ژایروکوپتر، و پهپاد و ...، تصویربرداری هوایی گفته می‌شود.

سکوی تصویربرداری هوایی

به هرگونه ابزار پرنده با قابلیت حمل تجهیزات تصویر برداری و تجهیزات جانبی و امکان تصویر برداری در مدت زمان لازم در ارتفاع مناسب با امکان پرواز با سرنشین و بی سرنشین، سکوی تصویربرداری هوایی گفته‌می‌شود.

دوربین تصویربرداری هوایی

سیستم تصویر برداری با هندسه مرکزی و فاصله کانونی ثابت دارای شرایط مناسب نصب بر روی انواع سکوهای تصویربرداری، دوربین تصویربرداری هوایی می‌باشد. دوربین‌های تصویر برداری شامل دوربین‌های متریک که گزارش کالیبراسیون معتبر داشته و ساختار درونی دوربین از نظر هندسه تصویر برداری معلوم و پایدار می‌باشد و دوربین های غیر متریک می‌باشند.

omoorepeyman.ir

سیستم های چند دوربینه[۱]

سیستم های تصویر برداری شامل چند دوربین تصویر برداری برای ثبت تصاویر از زوایای مختلف می‌باشند.

زاویه دید دوربین (FOV)[۲]

زاویه دید یا زاویه گشایش دوربین، زاویه‌ای است که تصویربرداری تحت آن زاویه انجام می‌گیرد. برای دوربین‌هایی با ابعاد سنجنده و یا سنسور مستطیل، زاویه دید در دو جهت مسیر تصویربرداری و عمود بر مسیر تصویر برداری تعریف می‌گردد.

پارامترهای کالیبراسیون و سلف کالیبراسیون[۳]

پارامترهای کالیبراسیون، بیانگر میزان انحراف وضعیت ایده‌آل سیستم تصویر هندسه مرکزی با وضعیت فعلی است. این پارامترها شامل پارامترهای انحراف محور اپتیک عدسی و جابه‌جایی شعاعی و مماسی آن می‌باشد.

این پارامترها یا از قبل توسط کارخانه سازنده دوربین تعیین شده و یا در مرحله محاسبات مثلث‌بندی و پردازش تصاویر به روش سلف‌کالیراسیون تعیین می‌گردند.

کشیدگی تصویر و تعدیل حرکت رو به جلو (FMC)[۴]

با توجه به حرکت دوربین در زمان باز و بسته شدن شاتر، تصویر دچار کشیدگی شده و کیفیت آن کاهش پیدا می‌کند. سیستم تعدیل حرکت رو به جلو امکان تعدیل کشیدگی تصویر در جهت پرواز را فراهم می‌نماید.

سیستم‌های تعیین موقعیت (GNSS)[۵]

سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای جهانی است که شامل منظومه‌های مختلف تعیین موقعیت جهانی، آمریکایی، اروپایی، روسی، چینی و ... است.

واحداندازه گیری اینرسی (IMU)[۶]

تجهیزات اندازه گیری تعیین وضعیت که در تصویربرداری هوایی برای اندازه‌گیری زوایای دوران سکوی تصویربرداری و یا دوربین تصویربرداری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سی-فاکتور CF

مقداری است تجربی برای تعیین دقت ارتفاعی و ارتفاع پرواز متناسب با دقت تجهیزات تبدیل عکس به نقشه.

نسبت باز به ارتفاع (B/H)[۷]

نسبت فاصله مراکز تصویر متوالی به ارتفاع پرواز که معیاری برای دقت تعیین ارتفاع بر روی تصاویر پوشش‌دار می‌باشد.

ابعاد زمینی نمونه‌برداری (GSD)[۸]

ابعاد زمینی پیکسل‌های ثبت شده بر روی سنجنده دوربین‌های تصویربرداری، GSD نامیده می‌شود.

---

[۱] Multihead cameras
[۲] Field of view
[۳] Self calibration
[۴] Forward Motion Compensation
[۵] Global Navigation Motion
[۶] Innertial Measurement unit
[۷] Base/Height
[۸] Ground Sample Distance

omoorepeyman.ir

وضوح هندسی تصاویر[۹](GRD)

به دلیل شرایط جوی و نوری و کیفیت سیستم عدسی دوربین تصویربرداری هوایی بین ابعاد هندسی تصویر و ابعاد واقعی قابل تشخیص در تصویر تفاوت وجود دارد و به ابعاد واقعی قابل تشخیص در تصویر، ابعاد هندسی تصویر یا GRD گفته می‌شود. وضوح هندسی تصاویر متناسب با وضوح عدسی و شرایط تصویر برداری و ابعاد زمینی نمونه‌برداری تعیین می‌گردد. با توجه به کیفیت عدسی و شرایط تصویربرداری وضوح هندسی تصاویر ممکن است از فاصله زمینی نمونه‌برداری بیشتر باشد.

پارامترهای توجیه خارجی

به پارامترهایی که وضعیت هندسی دوربین در زمان تصویربرداری (مختصات موقعیت و وضعیت دورانی) را نشان می‌دهند، پارامترهای توجیه خارجی گفته می‌شود. موقعیت شامل سه مولفه X0, Y0, Z0 و وضعیت تصاویر شامل سه دوران ω, φ, κ می‌باشد.

نقاط کنترل زمینی

نقاط کنترل زمینی به نقاطی گفته می شود که موقعیت آنها در سیستم مختصات زمینی تهیه نقشه و اطلاعات مکانی و همچنین بر روی سیستم مختصات تصاویر معلوم باشد. نقاط کنترل زمینی ارتفاعی فقط دارای ارتفاع معلوم دقیق و مسطحات تقریبی، نقاط کنترل مسطحاتی دارای موقعیت مسطحاتی دقیق و ارتفاع تقریبی و نقاط کنترل سه‌بعدی یا کامل دارای موقعیت مسطحاتی و ارتفاعی دقیق می‌باشند.

نقاط چک

نقاط چک همانند نقاط کنترل زمینی، نقاطی هستند که موقعیت آنها در سیستم مختصات زمینی تهیه نقشه و اطلاعات مکانی و همچنین بر روی سیستم مختصات تصاویر معلوم باشد. از این نقاط که به تعداد و پراکندگی مناسب طراحی و اندازه گیری می‌گردند، به‌منظور اطمینان از صحت انجام مثلث بندی هوایی و پردازش تصاویر و تعیین پارامترهای توجیه خارجی استفاده می‌شود.

نقاط گرهی

نقاط گرهی نقاطی در فصل مشترک تصاویر می‌باشند که موقعیت آن‌ها در سیستم مختصات تصاویر و بر روی تمامی تصاویر مجاور هم مشخص می‌باشد.

GIS Ready

به عملیات آماده‌سازی اطلاعات و نقشه‌های تبدیل شده برای ورود به پایگاه داده مکانی شامل انطباق مدل داده اطلاعات مکانی جمع‌آوری شده با محصول نهایی از نظر ساختار داده و خصوصیات توصیفی، GIS Ready گفته‌می‌شود.

omoorepeyman.ir

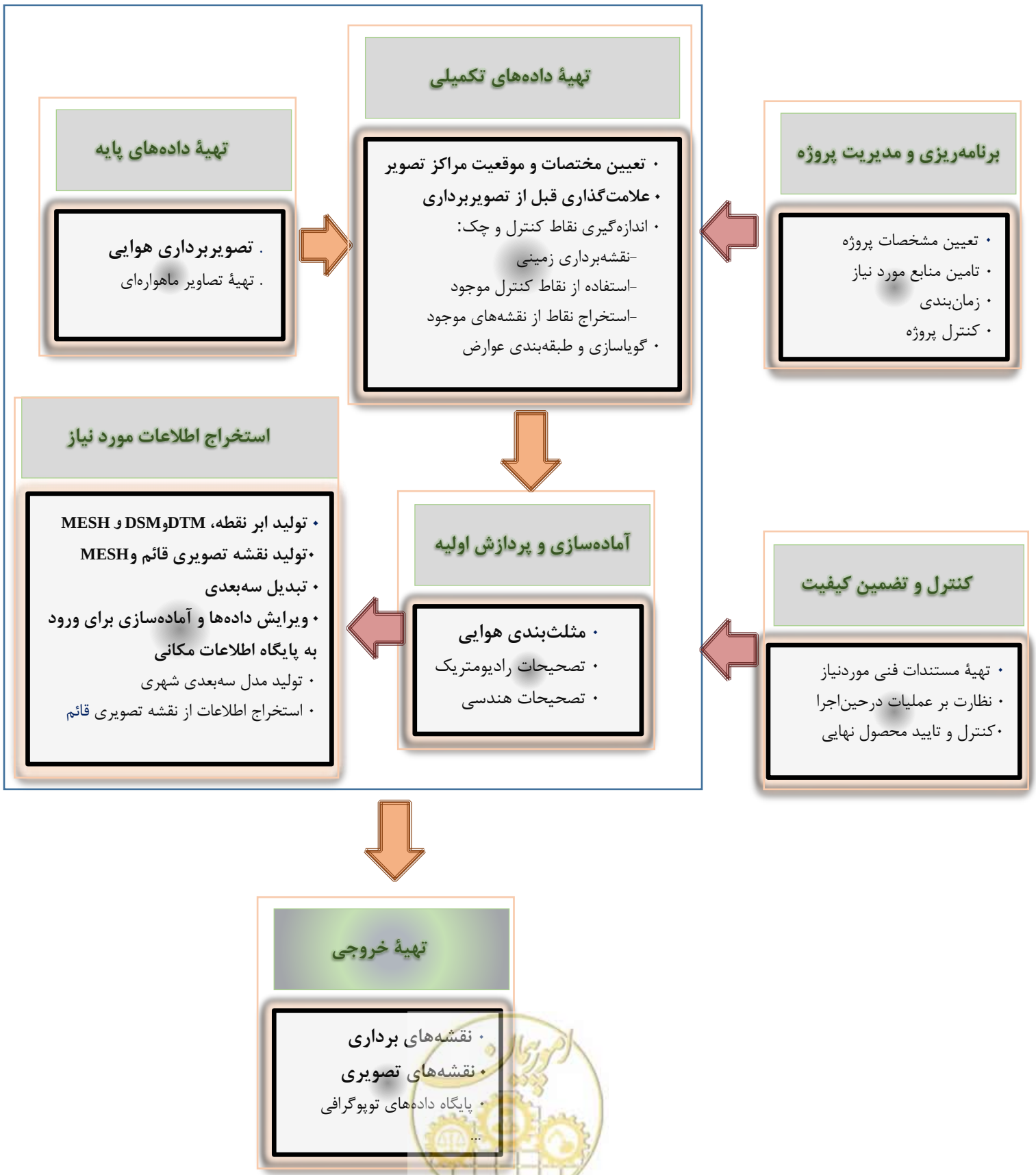
[۹] Ground Resolved Distance

۳-۱- مراحل اصلی در انجام پروژه‌های نقشه‌برداری هوایی

پروژه‌های تهیهٔ نقشه به‌روش نقشه‌برداری هوایی با توجه به نوع داده‌های ورودی و اطلاعات خروجی مورد نظر، از فرآیندهای مختلفی تشکیل می‌شوند. تغییرات فنآوری در سال‌های گذشته تاثیر بسزایی در مراحل مختلف طراحی و اجرای این پروژه‌ها نسبت به آن‌چه در ویرایش اولیه این دستورالعمل به آن پرداخته شده بود، ایجاد نموده‌است.

در شکل (۱) مراحل اجرای پروژه‌های فتوگرامتری نشان داده شده است که با توجه به مشخصات پروژه، قسمت‌های مختلفی از این نمودار می‌تواند مورد عمل قرار گیرد. با توجه به هدف این دستورالعمل، مواردی از نمودار که به‌صورت ضخیم (Bold) مشخص شده‌اند مورد بحث قرار می‌گیرد و سایر موارد در جلدهای دیگر دستورالعمل‌های ۱۱۹عنوان خواهند شد.

omoorepeyman.ir



شکل ۱: نمودار مراحل طراحی، اجرا و مدیریت پروژه‌های تهیه نقشه به روش نقشه‌برداری هوایی

فصل دوم

تصویربرداری هوایی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

منظور از تصویربرداری هوایی، نوعی از تصویربرداری است که با استفاده از هواپیما یا هر سکوی هوایی دیگر برای اخذ تصاویر با هندسه سیستم تصویر مرکزی به‌منظور تولید داده و اطلاعات مکانی به روش فتوگرامتری باشد.

در این نوع تصویربرداری، تصاویر باید دارای دو خصوصیت اصلی زیر باشد:

اول اینکه منطقهٔ مورد نظر را به‌طور کامل و با کیفیت مطلوب نمایش دهد، به‌طوری که تمامی عوارض مورد نظر، تصویر شده و قابل تشخیص، شناسایی و تبدیل به نقشه و اطلاعات مکانی باشند و دوم اینکه مشخصات هندسی تصاویر به‌نحوی بوده که ارتباط بین تصاویر کاملاً مشخص و قابل اندازه‌گیری بوده و موقعیت نسبی آن‌ها همانند زمان تصویربرداری قابل بازسازی باشند.

۲-۱- تجهیزات

تجهیزات مورد نیاز در تصویربرداری هوایی عبارتند از:

۲-۱-۱- سکوی تصویربرداری هوایی:

این سکوها می توانند به دو دسته کلی تقسیم شوند:

الف- سکوهای با سرنشین

ب- سکوهای بدون سرنشین

سکوهای مناسب برای تصویربرداری باید دارای مشخصات کلی زیر باشند:

- سکوی تصویربرداری توانایی و قابلیت حمل پایدار و امن سنجنده‌های مورد استفاده شامل دوربین، لرزه‌گیر، سنجنده‌های تعیین موقعیت یا وضعیت و غیره را داشته باشد.
- سکوی تصویربرداری باید قابلیت تامین شرایط هندسی پیش‌بینی شده در طرح پرواز و اخذ تصاویر را داشته باشد (از نظر قابلیت مانور، پایداری، سقف پرواز، مداومت پروازی و ...).
- امکان اجرای برنامه تصویربرداری طراحی شده و حرکت روی خطوط طراحی پرواز با حداکثر ۵ درصد اختلاف مکانی، بدون خلل در تامین داده مورد نیاز را داشته باشد.

تصویربرداری می‌بایست متناسب با ابعاد، شرایط، مناطق پروازی و با رعایت استانداردهای ایمنی و امنیتی تعیین شده توسط مراجع ذی‌صلاح انجام گیرد.

۲-۱-۲- دوربین تصویربرداری هوایی

منظور از دوربین تصویربرداری در این دستورالعمل، سامانه‌ای با امکان ثبت تصویر مبتنی بر هندسه سیستم تصویر مرکزی است که در آن کلیه شعاع‌های نوری از مرکز عدسی (یا مجموعه عدسی‌های تشکیل دهنده سیستم نوری سنجنده) عبور کرده باشد. از این‌رو سایر اشکال سنجنده مانند سنجنده‌های push broom و غیره از حوزه عمل این دستور العمل خارج می‌باشند.

omoorepeyman.ir

در سیستم‌های تصویربرداری که از چند سیستم نوری و چند سنجنده استفاده می‌کنند تصویر نهایی می‌بایست دارای مشخصات یک تصویر مرکزی باشد در غیر این‌صورت این سیستم‌ها از حوزه تعریف این دستورالعمل خارج می‌باشند. دامنه دستورالعمل حاضر صرفا شامل سنجنده‌هایی است که فاصله کانونی آن‌ها مابین ۱۵ الی ۵۰ میلیمتر در قطع ۳۵ میلیمتر (معادل زاویه گشایش ۲۷ تا ۱۰۰ درجه) باشد.

از دوربین‌های مورد استفاده در این بازه، سنجنده‌های با زاویه نرمال (۶۵ تا ۷۵ درجه) بیشترین کاربرد را دارند. دوربین‌هایی با سنجنده‌های با زاویه باز (حداکثر تا ۱۰۰ درجه) با ایجاد نسبت باز به ارتفاع نزدیک به یک از دقت ارتفاعی خوبی برخوردار بوده اما در مناطقی با عوارض شهری، مرتفع و ... موجب افزایش فضای مرده در تصاویر می‌گردند. این سنجنده‌ها برای تهیه نقشه و اطلاعات مکانی با دقت ارتفاعی بالا و تصویر برداری در حداقل ارتفاع ممکن مناسب می‌باشند.

دوربین‌های دارای سنجنده‌های با زاویه باریک شامل سنجنده های با زاویه گشایش حداقل ۲۷ درجه می‌باشند. این سنجنده‌ها با کاهش فضای مرده برای تصویربرداری در مناطق شهری و مناطقی دارای عوارض با ارتفاع زیاد، مناسب می‌باشند. از آنجا که تصویربرداری در ارتفاع بالا و همچنین نسبت باز به ارتفاع پایین، منجر به کاهش دقت ارتفاعی تصاویر این سنجنده‌ها می‌گردند، استفاده از این سنجنده‌ها در تهیه نقشه‌های مسطحاتی که در آنها دقت ارتفاعی از اهمیت کمتری برخوردار می‌باشد، توصیه می‌شود.

در عملیات تصویر برداری و تهیه نقشه و تولید اطلاعات مکانی می بایست ملاحظات مربوط به نوع دوربین و زاویه گشایش سنجنده مد نظر قرار گیرند.

دوربین مورد استفاده در تصویربرداری هوایی متناسب با سکو، دقت محصول نهایی و کاربرد مورد نظر برای تصاویر ثبت شده، انتخاب می‌گردد. این دوربین می‌تواند متریک یا غیرمتریک، با ابعاد کوچک، متوسط یا بزرگ[۱۰] باشد. بهترین گزینه در انتخاب سنجنده در پروژه‌های فتوگرامتری هوایی استفاده از دوربین‌های قطع بزرگ (large format) با سیستم اپتیکی متریک می‌باشد. به تناسب نوع پروژه فتوگرامتری تعریف شده، استفاده از سایر سنجنده‌ها با قطع کوچک‌تر و سنجنده‌های غیرمتریک نیز، به شرط تامین دقت طیفی و هندسی مورد نیاز با رعایت شرایط زیر مجاز می‌باشد:

- هندسه سیستم تصویربرداری شامل همه پارامترهای بدنه، سنجنده و اپتیک می‌بایست به حدی پایدار باشد که المان‌های کالیبراسیون دوربین آن حداقل در یک پرواز ثابت بوده و امکان محاسبه پارامترهای سلف کالیبراسیون (Self-calibration) برای هر پرواز وجود داشته باشد.
- میزان اختلاف بین مقادیر اولیه با نتایج کالیبراسیون دوربین درحدی باشد که طراحی پرواز را تحت تاثیر قرار ندهد.

۱۰ به دوربین‌های که ابعاد سنجنده انها بین ۴ تا ۶ سانتیمتر است دوربین مدیوم فرمت گفته می‌شود و اگر ابعاد سنجنده آن‌ها کوچک‌تر یا بزرگ‌تر از این میزان باشد به ترتیب قطع کوچک یا بزرگ گفته می‌شود.

omoorepeyman.ir

- در صورتی که سیستم مجهز به سیستم تعدیل حرکت به سمت جلوی دوربین(FMC) نباشد، سرعت شاتر به شکلی انتخاب شود که میزان کشیدگی کمتر از نصف ابعاد پیکسل تصویر باشد.

در استفاده از سیستم‌های چند دوربینه برای تولید تصاویر و داده‌های فتوگرامتری می‌بایست موارد زیر رعایت گردد:

- هریک از سنجنده‌های این سیستم‌ها می‌بایست شروط هندسی و طیفی تعریف شده برای یک سیستم فتوگرامتری را تامین نمایند.
- از آنجا که کیفیت هندسی محصول نهایی در چنین سیستم‌هایی متاثر از ضعیف‌ترین سنجنده خواهدبود، درصورتی‌که سنجنده‌های مورد استفاده در این سیستم یکسان نباشند، می‌بایست مشخصات ضعیف‌ترین سنجنده در تعریف مراحل بعدی پروژه ملاک قرارگیرد.
- از آنجا که در مراحل استخراج اطلاعات و محاسبات از روش‌های تناظریابی خودکار استفاده می‌شود، اختلاف بین شرایط هندسی تصاویر اخذ شده از سنجنده‌های مختلف باید به شکلی باشد که اختلاف مقیاس دو تصویر، خللی در فرآیند تناظریابی و استخراج اطلاعات و محاسبات ایجاد ننماید.
- وضعیت دوربین‌ها نسبت به یکدیگر می‌بایست از پایداری کافی برخوردار باشند.
- وجود اطلاعات در خصوص موقعیت و وضعیت دوربین‌ها نسبت به یکدیگر ضروری می‌باشد، به‌نحوی که بتوان با مجموعه داده‌های موقعیت و وضعیت مراکز تصویر یک دوربین و همچنین حداقل نقاط کنترل زمینی، پارامترهای توجیه داخلی و خارجی تمامی دوربین‌ها را محاسبه نمود.

۳-۱-۲- تجهیزات تعیین موقعیت و وضعیت تصاویر

سنجنده‌های تعیین موقعیت و وضعیت نقش مهمی در کاهش حجم عملیات زمینی و افزایش دقت و کیفیت فرآیند تعیین پارامترهای توجیه داخلی و خارجی و عملیات مثلث‌بندی هوایی دارند.

این سنجنده‌ها شامل دو بخش اصلی زیر می‌باشند:

- سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای GNSS جهت تعیین مختصات مرکز تصویر
- سیستم تعیین وضعیت دورانی تصاویر IMU

رعایت موارد زیر در استفاده از سنجنده‌های تعیین موقعیت و وضعیت تصاویر الزامی است:

- از آنجا که امکان نصب سنجنده تعیین موقعیت ماهواره‌ای در محل مرکز تصویر وجود ندارد می‌بایست فاصله فضایی بین مرکز تصویر و مرکز فاز آنتن سنجنده تعیین موقعیت[۱۱] با دقت تعیین شده باشد.
- برای تصحیح تعیین موقعیت مراکز تصویر در زمان تصویربرداری، می‌بایست IMU مناسب بر روی بدنه هواپیما نصب شده باشد.

[۱۱] Lever Arm

omoorepeyman.ir

- آنتن گیرنده تعیین موقعیت ماهواره‌ای باید در محلی از سکو نصب شود که حتی‌الامکان مانعی برای دریافت سیگنال‌های GNSS وجود نداشته باشد و در امتداد قائم بالای دوربین تصویربرداری قرارگیرد. در صورتی‌که امکان نصب آن در محل فوق وجود نداشته باشد، حتی‌المقدور باید میزان خروج از مرکزیت آنتن نسبت به مرکز مختصات دوربین حداقل بوده و بردار حامل بین مرکز فاز آنتن و سیستم مختصات دوربین به روش مناسب و با دقت اندازه گیری شود.
- اختلاف زاویه‌ای بین سیستم مختصات IMU و سیستم مختصات دوربین[۱۲] اندازه‌گیری شده و به زوایای محاسبه شده اعمال گردد.

۲-۲-متغیرهای اصلی در طراحی فرآیند تصویربرداری هوایی

فرآیند تصویربرداری هوایی، مبنا و پایه پروژه‌های نقشه برداری هوایی است. بنابراین موفقیت پروژه بستگی زیادی به نحوه پوشش منطقه توسط تصاویر هوایی دارد. طراحی این عملیات وابسته به عوامل زیادی است که باید از پیش توسط سفارش دهنده و یا مهندس مشاور به نمایندگی از طرف وی تعیین شوند. مهم‌ترین این عوامل به شرح زیر است:

۱-۲-۲- محدوده تصویربرداری هوایی

اصلی‌ترین ملاک برای تعیین کفایت داده در پروژه‌های فتوگرامتری، محدوده مورد نظر کارفرما می‌باشد که به اشکال مختلف می‌تواند بر روی نقشه‌ها یا تصاویر موجود، مشخص و در نهایت به شکل فایل رقومی با فرمت مورد توافق ارائه شود.

۲-۲-۲- ارتفاع پرواز و توان تفکیک تصاویر

ارتفاع پرواز و فاصله کانونی دوربین تصویربرداری، اساسی‌ترین فاکتور در تعیین وضوح هندسی و توان تفکیک تصاویر و دقت استخراج اطلاعات از تصاویر می‌باشد. لذا تعیین ارتفاع یکی از مهمترین مراحل در طراحی فرآیند تهیه نقشه و اطلاعات مکانی به روش فتوگرامتری می‌باشد. در تعیین ارتفاع پرواز موارد ذیل می‌بایست مورد توجه قرار گیرند:

- برای دست‌یابی به دقت ارتفاعی مورد نیاز نقشه و اطلاعات مکانی مورد نظر می توان از شاخص سی-فاکتور (CF) سیستم تصویربرداری هوایی استفاده نمود. این فاکتور قبل از تصویربرداری براساس تجربیات موجود در خصوص سیستم تصویربرداری مورد استفاده برآورد می‌گردد. ارتفاع پرواز در تصویربرداری با یک دوربین مشخص، نباید از حاصل‌ضرب CF در فاصله منحنی میزان و یا CF در سه برابر دقت ارتفاعی اطلاعات مکانی مورد نظر بیشتر باشد.
- نسبت باز به ارتفاع تصویربرداری به نحوی باشد که محاسبه این نسبت برای تصاویر پوشش طولی ۶۰ درصد کمتر از ۰,۲۵ نباشد.

[۱۲] Boresight Angle

omoorepeyman.ir

- ارتفاع پرواز به نحوی تعیین گردد که کوچک‌ترین واحد قابل تشخیص در تصویر یعنی فاصله زمینی نمونه‌برداری (GSD) در دوربین‌های متریک و یا وضوح هندسی تصاویر (GRD) در دوربین‌های غیرمتریک، از حد آستانه خطای مجاز اندازه‌گیری مورد انتظار (مطابق جدول مندرج در پیوست شماره یک، معادل ۰,۱ میلیمتر در مقیاس نقشه یا یک سوم دقت مسطحاتی نقشه و اطلاعات مکانی مورد نظر) کوچک‌تر باشد.
- در سیستم‌های چند دوربینه (مولتی هد) پایین‌ترین ارتفاع پرواز محاسبه شده ملاک طراحی تصویربرداری هوایی می‌باشد.
- برای تعیین توان تفکیک تصاویر مناسب جهت تهیه نقشه و اطلاعات مکانی مورد نظر از جدول مندرج در پیوست شماره یک استفاده شود.

۳-۲-۲- پوشش‌های طولی و عرضی

پوشش‌های طولی و عرضی در تصویربرداری هوایی یکی از عوامل موثر در دقت تعیین پارامترهای توجیه و به تبع آن استخراج اطلاعات از تصاویر هوایی می‌باشد. بدیهی است افزایش پوشش طولی منجر به افزایش تعداد تصاویر و نیاز به فضای ذخیره‌سازی و قدرت پردازش بیشتر در مراحل بعدی کار می‌گردد. افزایش پوشش عرضی علاوه بر موارد ذکر شده برای پوشش طولی، منجر به افزایش تعداد خطوط پرواز و زمان تصویربرداری نیز می‌گردد.

با توجه به مشخصات هندسی سکوی تصویربرداری و دوربین‌های مورد استفاده و نحوه تعیین وضعیت دوربین، میزان پوشش طولی و عرضی مورد نیاز با دو دسته‌بندی کلی زیر تعیین می‌گردد:

الف) تصویربرداری با هواپیما و دوربین‌های هوایی متریک با ابعاد متوسط و بزرگ

حداقل پوشش طولی و عرضی مناسب برای پروژه‌های تهیه نقشه و تولید اطلاعات مکانی به ترتیب ۶۰ و ۲۰ درصد است. در مناطق کوهستانی یا شهری با ساختمان‌های بلند، به‌منظور کم‌کردن مناطق مرده[۱۳] پوشش طولی می‌تواند تا ۸۰ درصد و پوشش عرضی تا ۳۰ درصد افزایش یابد. افزایش پوشش عرضی تا ۲۵ یا ۳۰ درصد باعث استحکام بیشتر اتصال نوارها و در نتیجه افزایش دقت نهایی عملیات مثلث‌بندی هوایی خواهد شد.

در تصویربرداری با سیستم‌هایی که از مجموع چند دوربین با قابلیت همزمان تصویربرداری قائم و مایل استفاده می‌شود، می‌بایست تعیین پوشش‌های طولی و عرضی به نحوی انجام گیرد که حداقل شرایط تصویربرداری با پوشش‌های ۶۰ درصد طولی و ۲۰ درصد عرضی در تمام فریم‌های تصویر فراهم گردد.

ب) تصویربرداری با پهپاد، ژایروکوپتر، ... و دوربین‌های غیر متریک با ابعاد کوچک و خیلی کوچک

حداقل پوشش طولی و عرضی مناسب برای پروژه‌های تهیه نقشه به ترتیب ۷۰ و ۶۰ درصد است. در مناطق کوهستانی یا شهری با ساختمان‌های بلند، به‌منظور کم کردن مناطق مرده و همچنین افزایش استحکام بلوک تشکیل شده، پوشش‌های طولی و عرضی هرکدام تا ۸۰ درصد افزایش می‌یابد.

omoorepeyman.ir

[۱۳] مناطق پنهان و یا فاقد دید استریوسکوپی

نکته: در صورت استفاده از سیستم‌های چند دوربینه یا پروازهای متقاطع[۱۴] که در تولید مدل‌های سه‌بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌بایست میزان پوشش طولی و عرضی هر مجموعه داده به صورت مستقل در نظر گرفته شده و تصاویر دوربین‌های دیگر و یا تصاویر پروازهای متقاطع، جایگزین الزامات اولیه نخواهد شد.

۴-۲-۲- مشخصات اپتیکی دوربین تصویربرداری هوایی

عدسی دوربین اصلی‌ترین مشخصه اپتیکی دوربین تصویربرداری هوایی می‌باشد. بر اساس سفارش تصویربرداری (مقیاس یا GSD تصویربرداری یا دقت نقشه و اطلاعات مکانی)، فاصله کانونی عدسی با توجه به نوع منطقهٔ پروازی و سقف پروازی هواپیما به‌گونه‌ای انتخاب شوند که میزان مناطق مردهٔ ایجاد شده به حداقل ممکن تقلیل یابد.

۵-۲-۲- سرعت و نوع شاتر و کشیدگی تصویر

عامل مهم دیگر در کیفیت تصویربرداری، سرعت و نوع شاتر و میزان کشیدگی تصویر می‌باشد. با توجه به عواملی مانند سرعت پرنده، ارتفاع پرواز و نوع دوربین هوایی، اندازهٔ دهانهٔ دیافراگم می‌بایست به‌نحوی تعیین گردد که سرعت شاتر، بالاترین میزان بوده تا کمترین میزان کشیدگی در تصاویر ایجاد گردد. میزان کشیدگی در امتداد تصویر که حاصل‌ضرب سرعت شاتر در سرعت پرنده می‌باشد نباید بیش از نصف GSD تصویربرداری باشد. در غیر این صورت دوربین می‌بایست مجهز به تجهیزات تعدیل کشیدگی تصویر مانند FMC یا TDI[۱۵] و ... باشد یا با کاهش سرعت پرنده یا تغییر وضعیت تصویربرداری، میزان کشیدگی تصویر کاهش یابد.

میزان کشیدگی تصویر در جهات دیگر بستگی به سرعت دوران سکوی تصویربرداری و توپوگرافی منطقه دارد و حذف یا تعدیل بخشی از آن تنها با افزایش استحکام وضعیت سکو در حین تصویربرداری قابل کنترل می‌باشد. استفاده از دوربین با شاتری که امکان ثبت اطلاعات سنجنده به صورت همزمان وجود داشته باشد (Global Shutter) نسبت به دوربین با شاتری که اطلاعات سنجنده به صورت سطر به سطر (Rolling Shutter) ثبت می‌گردد برتری دارد.

۶-۲-۲- زمان تصویربرداری هوایی

در تعیین زمان مناسب تصویربرداری هوایی، دو نکته از اهمیت بالایی برخوردار است. مهمترین نکته، طول سایهٔ عوارض مرتفع است که خود تابع مستقیمی از ارتفاع خورشید می‌باشد. علاوه بر آن، شرایط و زمان تصویربرداری باید به نحوی تعیین گردند که تصاویر مجاور (در یک نوار یا نوارهای کنار هم) دارای شرایط نوری و به تبع آن، جهت سایهٔ یکسان باشند. اگرچه در کاربردهای نقشه‌برداری هوایی، سایه‌های کوتاه‌تر یا به عبارت دیگر ارتفاع بیشتر خورشید، که حوالی ظهر رخ می‌دهد دارای مزیت بیشتری است ولی با توجه به اینکه جهت سایه‌ها قبل از ظهر و بعد از آن متفاوت است، تصویربرداری از مناطق بزرگ در حوالی ظهر توصیه نمی‌شود. بهترین کیفیت تصویربرداری با ارتفاع خورشید در حدود ۴۵ درجه بالای افق قابل حصول است. با توجه به توضیحات فوق، زمان مناسب برای تصویربرداری هوایی در فصول و

[۱۴] Cross
[۱۵] Time delay integration

omoorepeyman.ir

مناطق جغرافیایی مختلف با توجه به ارتفاع مورد نظر برای خورشید، باید از جداولی که بدین منظور طراحی شده‌اند استخراج گردد.

تعیین تاریخ و فصل تصویربرداری هوایی بستگی زیادی به نیاز سفارش‌دهنده و همچنین ویژگی‌های منطقهٔ مورد تصویربرداری دارد. به طور کلی بهترین زمان برای تصویربرداری هوایی به‌منظور تهیهٔ نقشه‌های توپوگرافی زمانی است که هوا صاف و فاقد گرد و غبار بوده، پوشش گیاهی سطح زمین در وضعیت حداقل رشد بوده و درختان فاقد برگ باشند. در مواردی که بسته به نیاز کاربر یا وضعیت جوی از نظر غبار محلی (Haze)، باد، ابر و غیره امکان برقراری تمام این شروط وجود نداشته باشد، باید با هماهنگی سفارش دهنده، تصویربرداری در فصل مناسب دیگری انجام گیرد.

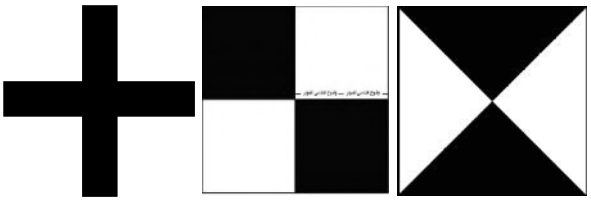
۷-۲-۲- علامت‌گذاری قبل از تصویربرداری هوایی

شناسایی و اندازه‌گیری نقاط کنترل زمینی یکی از منابع مهم و بالقوهٔ خطا در تمام مراحل عملیات نقشه‌برداری هوایی است. با شناسایی ناصحیح این نقاط، تمامی عملیات زمینی انجام شده برای تهیهٔ نقشه و اطلاعات مکانی مورد نظر، کم‌ارزش یا حتی بی‌ارزش خواهد شد. در برخی مناطق که فاقد عوارض طبیعی یا مصنوعی کافی برای یافتن نقاط کنترل مناسب باشند (مانند مناطق کویری یا جنگلی) یا مواردی که تهیهٔ نقشه با دقت‌های بالا مورد نظر باشد (مانند تهیهٔ نقشهٔ کاداستر شهری) یا در اکثر تصویربرداری‌هایی که با پهپاد انجام می‌گیرد از روش علامت‌گذاری قبل از تصویربرداری هوایی استفاده می‌شود. بدیهی است استفاده از این روش نسبت به طراحی نقاط کنترل زمینی پس از تصویربرداری، نتایج دقیق‌تری را ارائه می‌دهد.

شکل و اندازهٔ علامت‌ها

برای افزایش دقت مثلث‌بندی هوایی، نصب تارگت‌هایی با شکل متقارن، کنتراست بصری بالا و ابعاد مناسب قبل از پرواز در سطح منطقه توصیه می‌گردد. درواقع این امر باعث می‌شود دقت قرائت عکسی نقاط کنترل و چک زمینی به‌شرط رعایت ملاحظات زیر افزایش یابد:

- شکل تارگت: اصل تقارن مرکزی در آن رعایت شود (مشابه اشکال زیر).



- اندازه تارگت: ابعاد کلی تارگت از ۱۰ برابر وضوح هندسی تصویر کمتر نباشد. ضخامت خطوط تارگت به‌علاوه (+) نیز از یک برابر وضوح هندسی تصاویر (GRD)کمتر نبوده و از دو برابر آن بیشتر نشود.
- مرکز تارگت: محل مرکز تارگت ترجیحاً با دقتی بهتر از یک‌دهم وضوح هندسی تصاویر(GRD) یک نقطه یا به‌علاوه (+) علامت‌گذاری شود تا نقشه‌بردار بتواند شاخص را دقیقاً روی آن قرار داده و مختصات دقیق تارگت را اندازه‌گیری کند.

omoorepeyman.ir

۲-۳- طراحی تصویربرداری هوایی

هدف اصلی از طراحی تصویربرداری هوایی، تعیین مسیر حرکت هواپیما یا پرنده بر روی محدوده مورد نظر پروژه است به‌نحوی که با رعایت ارتفاع پرواز پیش‌بینی شده، امکان پوشش‌دهی منطقه با تصاویری با پوشش‌های مناسب عرضی و طولی وجود داشته باشد. در ضمن خطوط پروازی می‌بایست به نحوی انتخاب گردند که علاوه بر تامین شرایط لازم دیگر، تصویربرداری در حداقل زمان ممکن انجام گیرد. به‌طور کلی در طراحی تصویربرداری هوایی رعایت موارد زیر الزامی است:

- پروژه‌های خطی و کریدوری به نحوی طراحی شوند که حداقل شکستگی در نوارهای پروازی وجود داشته باشد.
- هر نوار می‌بایست حداقل پنج تصویر داشته باشد.
- در مناطق کوهستانی یا دارای اختلاف ارتفاع زیاد در صورتی که ارتفاع سکوی تصویربرداری به صورت پیوسته با مدل ارتفاعی زمین تصحیح نمی‌شود، خطوط پروازی در راستای عمود بر شیب منطقه طراحی شوند.
- محل استقرار ایستگاه یا ایستگاه‌های زمینی سیستم تعیین موقعیت دقیق مراکز تصویربرداری باید در طراحی پرواز مشخص شود و حداکثر فاصله بین تصاویر با ایستگاه زمینی می‌بایست به نحوی انتخاب گردد که تعیین موقعیت مراکز تصویر با دقت مورد نظر میسر باشد.
- در هر خط پروازی حداکثر انحراف قابل قبول از خط پرواز ۱۰± درصد عرض تصویر می‌باشد (در هیچ شرایطی پوشش عرضی کمتر از ۱۰ درصد نباشد).
- تصویربرداری در خطوط پروازی به‌صورت پیوسته انجام گیرد. در صورت وجود شکستگی و یا قطع عملیات تصویربرداری، خطوط در امتداد یکدیگر می‌بایست حداقل دارای سه عکس به صورت مشترک باشند.
- تصویربرداری در هوای کاملا صاف یا زیر ابرهای مرتفع کم تراکم مجاز است. وجود سایهٔ ابر در تصویربرداری در هوای صاف همچنین در تصویربرداری زیر ابر وجود مناطق تحت نور مستقیم خورشید، حداکثر ۱۰ درصد سطح هر تصویر قابل قبول است، مشروط بر اینکه به کیفیت کلی تصویر و قابلیت تفسیر اطلاعات آن لطمه‌ای وارد نشود.
- تصویربرداری از مناطق پوشیده از برف فصلی (غیردائم) در صورتی قابل قبول است که قطر پوشش برف در حدی باشد که عوارض مورد نظر قابل شناسایی باشند و منطقهٔ تحت این پوشش، بیش از ۱۰ درصد سطح هر عکس را شامل نشود.

۲-۴- تعیین وضوح هندسی تصویر GRD

با توجه به تنوع دوربین‌های مورد استفاده در تصویربرداری هوایی و تاثیر وضوح لنز بر کیفیت داده‌های مکانی، وضوح هندسی تصاویر دوربین‌های با ابعاد کوچک و خیلی کوچک (غیرمتریک) می‌بایست قبل از انجام تصویربرداری تعیین شده و در تعیین GSD تصاویر در مرحله طراحی پرواز مورد استفاده قرارگیرد. از آنجا که وضوح لنز ممکن است در

omoorepeyman.ir

پروژه‌های تصویربرداری مختلف، تغییر نماید، تعیین وضوح هندسی تصویر در هر پروژه با قراردادن نشانه متناسب با مشخصات دوربین تصویربرداری، ارتفاع پرواز، پوشش منطقه و GSD تصویربرداری مورد نظر ضروری می‌باشد.

برای تعیین وضوح هندسی تصویر استفاده از نشانه هایی با مشخصات USAF resolution test chart ۱۹۵۱ یا نشانه‌های ستاره با قطر متناسب با ابعاد زمینی پیکسل تصویربرداری ضروری می‌باشد.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل سوم

رقومی‌سازی(اسکن) عکس‌های هوایی

omoorepeyman.ir

رقومی‌سازی عکس‌های هوایی به مجموعه عملیاتی اطلاق می‌شود که در آن عکس‌های آنالوگ ثبت شده بر روی فیلم‌های هوایی به تصاویر رقومی تبدیل گردد. این تصاویر رقومی می‌توانند در سیستم‌های فتوگرامتری برای تهیهٔ نقشه‌های برداری، نقشه‌های تصویری، مدل‌های رقومی ارتفاعی و ... مورد استفاده قرارگیرند.

۳-۱- تجهیزات مورد نیاز

اسکنرهای مورد استفاده برای رقومی‌سازی عکس‌های هوایی می‌بایست دارای مشخصات زیر باشند:

- از نوع اسکنرهای فیلم با حساسیت و دقت بالا و قابلیت اسکن با توان تفکیک هندسی زیاد باشد.
- دقت هندسی و طیفی (رادیومتریک) آن‌ها باید قابل اندازه‌گیری و تنظیم مجدد (بصورت خودکار و یا دستی) باشد.
- قابلیت اسکن تصاویر رنگی و سیاه‌سفید مثبت و منفی، در قطع عکس‌های هوایی بصورت تک فریم و یا رول فیلم را دارا باشند.
- به‌منظور حفظ اصالت تصویر، کوچک‌ترین اندازهٔ پیکسل تصویر اسکن‌شده می‌بایست بصورت سخت‌افزاری ایجاد شده و در حین عملیات رقومی‌سازی، نمونه‌گیری مجدد (Resampling) توسط اسکنر بر روی تصویر نهایی اعمال نگردد. (در موارد خاص طبق بند ۳-۲-۳، عملیات نمونه‌گیری مجدد، پس از عملیات اسکن در محیط جداگانه و در شرایط کنترل شده بر روی تصاویر اعمال می‌شود).
- در شرایط محیطی عاری از گرد و غبار و کنترل شده از نظر دما و میزان رطوبت و مطابق توصیه‌های شرکت سازنده، نگهداری و استفاده شوند.

۳-۲- مشخصات مورد نیاز از نظر کیفیت

۳-۲-۱- مشخصات عمومی

- مقادیر پیکسل‌های حاصل از این مرحله باید به صورت خطی با چگالی فیلم تناسب داشته و مقادیر حداقل و حداکثر چگالی فیلم بدون برش ثبت شده باشند. بدین منظور، هیچ قسمتی از داخل فریم تصویر نهایی با ابعاد حداکثر ۲۰۰×۲۰۰ پیکسل نباید دارای مقادیر پیکسل‌های یکسان با کمترین یا بیشترین مقدار (صفر یا ۲۵۵ در حالت تصاویر ۸ بیتی) باشند.
- هیستوگرام تصویر نهایی باید تمام محدودهٔ گام‌های خاکستری را پوشش دهد (ابتدا و انتهای منحنی بر ابتدا و انتهای محدوده منطبق باشد) و مرکز منحنی روی مقدار ۱۲۷ قرار گیرد.
- تصاویر رقومی حاصل نباید دارای هیچ اشکال بصری مانند فضاهای خالی طولی یا عرضی یا نوارهای تیره و روشن باشند.

omoorepeyman.ir

این اسکنرها می‌بایست قابلیت رقومی‌سازی عکس‌های هوایی با توان تفکیک هندسی بالا (بهتر از ۱۴ میکرون و یا ۱۸۰۰ DPI[۱۶] را دارا باشند. پس از تنظیم دستگاه، دقت هندسی اسکنر (انحراف معیار خطاهای اندازه‌گیری شده)، نباید از ۳ میکرون تجاوز نماید.

توان تفکیک رادیومتریک این اسکنرها می‌بایست حداقل ۸ بیت (۲۵۶ گام) برای هر رنگ باشد. پایداری و یکنواختی توان تفکیک رادیومتریک اسکنر باید به نحوی باشد که پس از تنظیم، حداکثر اختلاف بین مقادیر گام‌های رقومی شده با مقادیر تنظیمی، حداکثر ۳ درصد گام‌های رقومی شده (۸ گام در حالت ۲۵۶ گام) برای هر رنگ باشد. در ضمن برای هر قسمت از فیلم با چگالی ثابت، حداکثر اختلاف مقادیر پیکسل‌ها نباید بیش از ۱۰ درصد متوسط مقادیر مذکور باشد. تنظیم دستگاه باید به صورتی باشد که منحنی چگالی فیلم/مقدار پیکسل برای محدودهٔ مورد نظر (چگالی ۰,۱ تا ۰,۲در فیلم منفی) یک خط مستقیم باشد.

تذکر: در صورت عدم دسترسی به اسکنر متریک، امکان استفاده از اسکنر غیرمتریک با کیفیت و پایداری نسبی و اسکن تصاویر به همراه شبکه دقیق ماتریسی با مختصات معلوم و اعمال تصحیحات هندسی به تصاویر بر اساس شبکه دقیق ماتریسی وجود دارد به نحوی که اعمال تصحیحات هندسی به تصاویر با دقتی بهتر از ۳ میکرون انجام شود.

۲-۲-۳- محدودهٔ مورد اسکن

عکس‌های هوایی باید به صورت کادر قائم‌الزاویه و با ابعاد حداقل ۳ میلی‌متر بزرگتر از کادر نوردیدهٔ فیلم، رقومی شوند. تصویر نهایی باید شامل همهٔ علائم حاشیه‌ای باشد.

۳-۲-۳- اندازهٔ پیکسل تصاویر

اندازهٔ پیکسل‌های تصویر نهایی بستگی زیادی به نوع کاربرد مورد نظر دارد و قابلیت تشخیص و تفسیر عوارض رابطهٔ مستقیمی با ابعاد پیکسل‌های تصویر رقومی دارد. لازم به ذکر است که اندازه‌های ذکر شده باید به‌طور مستقیم از فرآیند رقومی‌سازی در اسکنر حاصل شوند و از نمونه‌گیری مجدد (Resampling) خودداری شود. در برخی موارد که به دلیل لزوم اعمال تصحیحات در مشخصات هندسی یا طیفی تصاویر که خود مربوط به مشخصات اسکنر یا کاربرد مورد نظر است، نمونه‌گیری مجدد تصویر به طور قطعی لازم باشد، این کار باید به‌گونه‌ای انجام گیرد که فقط منجر به ایجاد پیکسل‌های بزرگتر شود. به بیان دیگر، نمونه‌گیری مجدد برای ایجاد تصویر با پیکسل‌های کوچکتر از تصویر اصلی به‌هیچ وجه مجاز نیست. در هر صورت به‌منظور حفظ اصالت تصویر در هر مرحلهٔ نمونه‌گیری مجدد، اندازهٔ پیکسل‌ها تا حداکثر دو برابر افزایش یافته و از نمونه‌گیری به روش واسطه‌یابی (Interpolation) وزن‌دار با شعاع اندازهٔ پیکسل تصویر نهایی استفاده شود.

اندازهٔ پیکسل‌ها برای تهیهٔ نقشه‌های برداری با استفاده از سیستم‌های فتوگرامتری باید به نحوی انتخاب شود که کوچک‌ترین و کم‌عرض‌ترین عارضهٔ مورد نظر برای نمایش در نقشهٔ نهایی (و همچنین علائم حاشیه‌ای عکس هوایی)، در

[۱۶] DPI: Dot Per Inch

omoorepeyman.ir

تصویر قابل تشخیص باشد. با در نظر گرفتن مفروضات تجربی زیر، می‌توان اندازهٔ پیکسل مناسب برای این منظور را محاسبه نمود:

- کوچک‌ترین و کم‌عرض‌ترین عارضهٔ مورد نظر یا ۰/۰۵ تا ۰/۱ میلی‌متر در مقیاس نقشه است.
- نمایش صحیح علائم حاشیه‌ای عکس هوایی نیازمند اندازهٔ پیکسل معادل ۳۰ میکرون و کوچک‌تر است.

بر این اساس، جدول شماره (۱) اندازهٔ پیکسل تصاویر رقومی بر حسب میکرون را با توجه به مقیاس نقشه و مقیاس عکس مورد نظر نشان می‌دهد:

جدول ۱: حداکثر اندازهٔ پیکسل تصویر رقومی بر حسب مقیاس عکس و نقشه (واحد میکرون)

مقیاس نقشه / مقیاس عکس	۱:۱۰۰۰	۱:۲۰۰۰	۱:۵۰۰۰	۱:۱۰۰۰۰	۱:۲۰۰۰۰	۱:۲۵۰۰۰	۱:۵۰۰۰۰
۱:۳۰۰۰	۲۵	–	–	–	–	–	–
۱:۴۰۰۰	۱۹	۳۰	–	–	–	–	–
۱:۵۰۰۰	۱۵	۳۰	۳۰	–	–	–	–
۱:۶۰۰۰	–	۲۵	۳۰	–	–	–	–
۱:۸۰۰۰	–	۱۹	۳۰	–	–	–	–
۱:۱۰۰۰۰	–	۱۵	۳۰	۳۰	–	–	–
۱:۱۵۰۰۰	–	–	۲۵	۳۰	۳۰	–	–
۱:۲۰۰۰۰	–	–	۱۹	۳۰	۳۰	۳۰	–
۱:۳۰۰۰۰	–	–	–	۲۵	۳۰	۳۰	–
۱:۴۰۰۰۰	–	–	–	۱۹	۳۰	۳۰	۳۰
۱:۵۰۰۰۰	–	–	–	–	۳۰	۳۰	۳۰

بدیهی‌است که مقادیر جدول فوق حداکثر اندازهٔ مجاز پیکسل مورد نیاز بوده و در صورت لزوم می‌توان مقادیر کوچک‌تری را انتخاب نمود.

۳-۳- فرمت تصاویر رقومی

تصاویر رقومی به صورت ۸ بیتی، با فرمت‌های متداول مانند TIFF و به صورت غیرفشرده ذخیره گردد.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل چهارم

مثلث‌بندی هوایی

omoorepeyman.ir

مثلث‌بندی هوایی فرآیندی است که طی آن پارامترهای توجیه خارجی (موقعیت و وضعیت هندسی) و پارامترهای توجیه داخلی تصاویر پوشش‌دار، با استفاده از تعداد محدودی نقاط کنترل زمینی و داده‌های موقعیت و وضعیت دوربین و سایر داده‌های کمکی (در صورت وجود)، تعیین می‌گردد. انجام این فرآیند به‌منظور تولید نقشه و سایر محصولات مکانی به‌روش فتوگرامتری، صرف‌نظر از نوع پرنده و سکوی مورد استفاده و متریک یا غیرمتریک بودن دوربین تصویربرداری همچنین در زمان استفاده از سیستم‌های چند دوربینه (مولتی هد) ضروری است.

با توجه به تنوع ابزارهای مورد استفاده در فتوگرامتری، در این نوشتار صرفاً خطوط و الزامات اصلی مثلث‌بندی هوایی برای استفاده از تصاویر قائم و به‌منظور به‌کارگیری متخصصین این حوزه مطرح گردیده‌است.

۴-۱- کلیات

۴-۱-۱- ضرورت انجام

اگرچه امکان اندازه‌گیری پارامترهای توجیه خارجی تصاویر به‌منظور ایجاد ارتباط بین سیستم مختصات عکسی و سیستم مختصات زمینی (Direct Georeferencing) وجود دارد ولی به‌منظور بازسازی دقیق موقعیت و وضعیت تصاویر، با هدف دست‌یابی به دقت و صحت مورد نیاز در کاربردهای مرتبط با فتوگرامتری، نظیر تولید نقشه توپوگرافی، بازسازی مدل سه‌بعدی زمین، تولید مدل رقومی زمین و ...، انجام فرآیند مثلث‌بندی هوایی الزامی است. در غیر این صورت نتایج حاصله از عملیات تصویربرداری هوایی تنها برای کاربردهای غیر دقیق و مطالعاتی یا تهیه نقشه‌های کوچک مقیاس مناسب می‌باشد.

بدیهی است با توجه به وجود یا عدم وجود داده‌های تعیین موقعیت و وضعیت تصاویر و دقت آن‌ها، روش طراحی و اجرا متفاوت خواهد بود.

۴-۱-۲- مراحل کاری

مراحل کاری در فرآیند مثلث‌بندی هوایی شامل موارد زیر می‌باشد که بسته به نرم‌افزار مورد استفاده ممکن است در توالی آن‌ها تغییراتی ایجاد گردد:

- تهیه اندکس عکسی
- طراحی موقعیت نقاط کنترل و چک زمینی بر روی اندکس عکسی (در صورتی‌که علامت‌گذاری این نقاط قبل از تصویربرداری انجام نشده باشد)
- تعیین مختصات زمینی نقاط کنترل و چک
- پردازش داده‌های تعیین موقعیت و وضعیت تصاویر GPS/IMU (در صورت وجود)
- تعیین محدوده یا بلوک کاری و در صورت نیاز تقسیم به زیربلوک‌ها
- اندازه‌گیری و قرائت مختصات نقاط کنترل زمینی و چک روی تصاویر
- تولید نقاط گرهی به‌صورت خودکار و در صورت لزوم، به‌صورت دستی

omoorepeyman.ir

- معرفی پارامترهای کالیبراسیون (در صورت نیاز)
- پردازش داده‌ها و تکرار آن تا حصول دقت موردنظر
- تحلیل نتایج، شناسایی و حذف خطاهای مختلف
- انجام محاسبات سرشکنی و تعیین پارامترهای توجیه داخلی و خارجی سرشکن‌شدهٔ نهایی تصاویر

۳-۱-۴- عوامل موثر بر دقت انجام فرآیند مثلث‌بندی هوایی

اصلی‌ترین عوامل موثر بر دقت نتایج حاصل از فرایند مثلث‌بندی هوایی عبارتند از :

- کیفیت، پایداری و دقت هندسی عدسی، سنجنده و بدنه دوربین تصویربرداری
- شرایط تصویربرداری و کیفیت تصاویر
- ارتفاع پرواز و نسبت هندسی B/H تصاویر
- میزان پوشش طولی و عرضی تصاویر
- اندازه GSD در تصاویر دوربین‌های متریک و اندازه وضوح هندسی تصاویر در دوربین‌های غیرمتریک
- تعداد و چگونگی توزیع نقاط کنترل زمینی
- دقت تعیین موقعیت نقاط کنترل زمینی
- توپوگرافی و تغییرات ارتفاعی منطقه
- دقت برآورد میزان دوران تجهیزات تعیین وضعیت دوربین نسبت به محورهای سیستم مختصات دوربین
- دقت برآورد اختلاف موقعیت مرکز فاز گیرنده تعیین موقعیت مراکز تصویر با مرکز اپتیکی دوربین تصویربرداری
- نرم‌افزار و روش محاسباتی مورد استفاده
- نحوه وزن دهی به مشاهدات
- تعداد، نوع و چگونگی توزیع نقاط گرهی
- دقت و روش انتخاب نقاط گرهی
- تعداد خطاهای تشخیص داده نشده (باقیمانده) در داده‌ها
- کیفیت انجام سلف کالیبراسیون مخصوصا در دوربین‌های غیرمتریک

omoorepeyman.ir

۴-۲- تجهیزات

۴-۲-۱- سخت افزار

با توجه به الزامات فنی خاص سیستم‌های نرم‌افزاری مورد نیاز در محاسبات فتوگرامتری و مثلث‌بندی هوایی، لازم است از سخت افزار مناسب که امکان پردازش کلیه تصاویر را به صورت هم‌زمان یا به صورت زیربلوک داشته باشد استفاده شود. همچنین با توجه به آن‌که نتایج حاصل از مثلث‌بندی هوایی در فضای سه‌بعدی اعتبار سنجی می‌شود حتی اگر نرم‌افزار مثلث‌بندی قابلیت ایجاد مدل سه‌بعدی را نداشته باشد، ضروری است امکانات لازم به‌منظور قرائت نقاط کنترل و چک در فضای سه‌بعدی، بررسی میزان پارالاکس باقی‌مانده در مدل‌ها، انطباق مدل‌های مجاور از نظر مسطحاتی و ارتفاعی و ... فراهم باشد.

۴-۲-۲- نرم‌افزار

درحال حاضر طیف وسیعی از نرم‌افزارها که قابلیت انجام محاسبات مثلث‌بندی را دارا می‌باشند، موجود است. این نرم‌افزارها به روش‌های مختلف نسبت به حل معادلات فتوگرامتری یا حل روابط بین تصاویر (SFM[۱۷]) اقدام می‌کنند و روش و معیار برآورد خطای آن‌ها نیز با هم متفاوت می‌باشد.

در انتخاب نرم‌افزار مناسب به‌منظور انجام مثلث‌بندی هوایی، توجه به شرایط زیر الزامیست:

- سرعت و دقت عمل آن‌ها مناسب باشد.
- امکان پردازش بلوک فتوگرامتری مورد نظر را داشته باشد.
- امکان معرفی پارامترهای کالیبراسیون برای استفاده از تصاویر دوربین‌های متریک را داشته باشد.
- امکان انجام سلف کالیبراسیون به‌ویژه در شرایط استفاده از دوربین‌های غیرمتریک را داشته باشد.
- امکان تولید خودکار و دستی نقاط گرهی با شرایط مناسب و مورد نیاز کاربر را داشته باشد.
- نسبت به ترتیب و فرمت ورود داده‌ها، انعطاف‌پذیر باشد.
- امکان وزن‌دهی متفاوت به مشاهدات مختلف را داشته باشد.
- ترجیحاً از قابلیت انجام سرشکنی با پارامترهای اضافی برخوردار باشد.
- ترجیحاً انعطاف‌پذیری لازم در ارائه گزارش‌های مختلف شامل موارد زیر را دارا باشد:
  - مقیاس متوسط تصویربرداری یا GSD متوسط تصاویر
  - تعداد و لیست نقاط کنترل مسطحاتی و ارتفاعی معرفی شده در بلوک همراه با وزن هریک از آن‌ها
  - تعداد کل نقاط گرهی تولید شده

[۱۷] Structure From Motion

omoorepeyman.ir

- تعداد مشاهدات اضافی
- خطای مربعی متوسط باقیمانده در نقاط کنترل زمینی
- خطای باقیماندهٔ نهایی بر روی نقاط کنترل زمینی
- پارامترهای کالیبراسیون دوربین
- لیست تمام تصاویر مورد استفاده به‌همراه پارامترهای وضعیت و موقعیت آن‌ها

۴-۳- ورودی فرآیند مثلث‌بندی هوایی

- تصاویر هوایی
  - تصاویر مورد استفاده، حاصل از پردازش تصاویر خام دوربین‌های رقومی یا عکس‌های آنالوگی که مطابق مشخصات فنی فصل (۳) اسکن شده باشند.
  - تصاویر مورد استفاده می‌بایست بدون ویرایش اضافه مانند برش بخشی از تصاویر و... باشند.
- مشخصات هندسی سنجنده
  - فاصله کانونی
  - ابعاد تصویر به پیکسل
  - ابعاد پیکسل به میکرون (درصورتی که پیکسل‌ها مربع شکل نباشند، ابعاد در هر دو راستا ارائه گردد)
  - اطلاعات کالیبراسیون عدسی (در صورت استفاده از دوربین متریک)
- موقعیت و وضعیت سنجنده در زمان تصویربرداری (در صورت وجود)
  - مختصات مراکز تصویر
  - وضعیت دورانی هر تصویر
- داده‌های کنترل و چک زمینی
  - نقاط کنترل زمینی
  - نقاط چک زمینی
  - ScaleBar، خط ساحل دریاچه ها، خطوط شاقولی و ...

۴-۴- خروجی فرآیند مثلث‌بندی هوایی

خروجی‌های اصلی فرآیند مثلث‌بندی به‌شرح زیر است:

- پارامترهای توجیه خارجی (X0, Y0, Z0, ω, φ ,κ) تصاویر هوایی همراه با دقت مربوطه در فرمت‌های استاندارد برای عملیات تبدیل فتوگرامتری

omoorepeyman.ir

- پارامترهای توجیه داخلی و سلف کالیبراسیون (در صورت نیاز)

۴-۵- مراحل انجام فرآیند مثلث‌بندی هوایی

۴-۵-۱- کنترل ورودی‌های فرآیند مثلث‌بندی هوایی

قبل از شروع عملیات محاسبات مثلث‌بندی هوایی، می‌بایست کمیت و کیفیت اطلاعات ورودی فرآیند را بررسی نمود. مهم‌ترین نکته در مرحله آماده‌سازی اطلاعات، پایش و کنترل اطلاعات سنجنده‌ها می‌باشد که شامل موارد ذیل است:

- اطلاعات دوربین تصویربرداری و تصاویر هوایی

مهم‌ترین داده‌ها در محاسبات فتوگرامتری، تصاویر هوایی حاصل از دوربین تصویربرداری هوایی است. موارد زیر در این بخش می‌بایست کنترل گردند:

- مشخصات هندسی دوربین: شامل فاصله کانونی، ابعاد فیزیکی سنجنده، ابعاد پیکسل سنجنده و پارامترهای اعوجاجات مماسی و شعاعی عدسی
  - در صورت استفاده از دوربین متریک، مشخصات از فایل کالیبراسیون گرفته می‌شود (درصورتی که فایل کالیبراسیون معتبر وجود نداشته باشد مشابه دوربین‌های غیرمتریک رفتار می‌گردد).
  - در صورت استفاده از دوربین غیرمتریک، پارامترهای مربوط به فاصله کانونی و تاثیر اعوجاجات عدسی می‌بایست در فرآیند محاسبات مثلث‌بندی تولید شود. از این‌رو اطلاعات موجود به عنوان مقادیر اولیه در نظر گرفته می‌شود و به ازای هر سورتی پرواز[۱۸] می‌بایست یک دوربین در فرآیند محاسبات درنظرگرفته شده و پارامترهای مربوطه برآورد گردند.
- کیفیت تصاویر: ضمن بررسی و کنترل کیفیت تصاویر باید موارد ذیل مورد توجه قرار گیرد:
  - مشخصات هندسی تصاویر دریافتی با مشخصات دوربین یکسان باشد و تصاویر دچار تغییر ابعاد در اثر برش یا ویرایش نشده باشد.
  - برای ذخیره‌سازی تصاویر از فرمت TIFF یا JPEG استفاده شود و حداکثر میزان فشرده‌سازی معادل فشرده سازی JPEG ۹۰ درصد باشد.
  - کیفیت و وضوح تصاویر از نظر وجود ابر و ... کنترل شود.
- اطلاعات تعیین موقعیت مراکز تصویر: موارد زیر در این بخش باید مورد توجه قرار گیرد:
  - دقت مشاهدات انجام شده و نتایج محاسبات موقعیت مراکز عکس

[۱۸] واحد شمارش هر بار نشست و برخاست هواپیما

omoorepeyman.ir

- اعمال تصحیح جدایی سنجنده تعیین موقعیت از دوربین
- یکی بودن سیستم مختصات زمینی مراکز تصویر و نقاط کنترل زمینی
- محاسبه ارتفاع مراکز عکس از سطح ژئوئید از طریق اعمال تصحیح تبدیل ارتفاع از بیضوی به ژئوئید پیش از ورود اطلاعات به فرآیند مثلث‌بندی
- اطلاعات در خصوص بردار لحظه‌ای فاصله بین آنتن گیرنده و مرکز تصویر (Lever Arm)

تذکر: در سیستم‌های چند دوربینه، استفاده از مختصات مرکز تصویر یکسان برای همه دوربین‌ها مجاز نمی‌باشد.

- اطلاعات وضعیت دورانی دوربین در زمان تصویربرداری

وجود اطلاعات وضعیت دورانی دوربین در زمان تصویربرداری با دقت پایین نیز می‌تواند فرآیند مثلث‌بندی را، به‌خصوص در مورد تصاویر غیرقائم، تسریع کند. در صورت استفاده از اطلاعات دقیق وضعیت دورانی دوربین، لازم است میزان اختلاف بین زوایای تجهیزات تعیین وضعیت با زوایای دوربین (Boresight Angle) با دقت، تعیین و اعمال گردد.

۲-۵-۴- تهیه اندکس (راهنمای) عکسی

اندکس عکسی در مراحل طراحی نقاط کنترل، مثلث‌بندی و همچنین به‌منظور ایجاد هماهنگی در ترسیم و ویرایش عوارض مورد استفاده قرار می‌گیرد. این اندکس باید حتی‌الامکان بر روی نقشه‌های موجود با مقیاس مناسب جانمایی شده و شامل موارد ذیل باشد:

- محدوده کار
- خطوط تصویربرداری (حاصل از اتصال مراکز تصویر مربوط به هر خط پرواز)
- موقعیت مراکز تصویر
- شماره تصاویر
- موقعیت نقاط کنترل و چک زمینی
- لژاند یا راهنمای اندکس حاوی اطلاعاتی نظیر نام منطقه، نام کارفرما، سال تصویربرداری، مقیاس نقشه و GSD تصاویر

۳-۵-۴- طراحی نقاط کنترل زمینی

جانمایی نقاط کنترل زمینی، با توجه به حد کار مورد نظر کارفرما در سطح منطقه انجام می‌گیرد. بدین ترتیب لازم است جانمایی نقاط در محیط‌هایی مانند گوگل ارث (Google Earth) انجام شود تا امکان دسترسی به نقطه و محل مناسب آن نیز در طراحی مدنظر قرار گیرد.

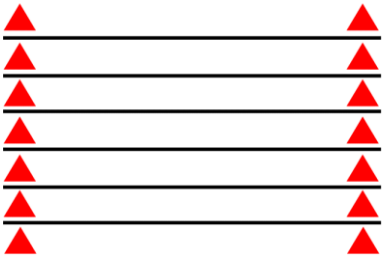
omoorepeyman.ir

در طراحی نقاط کنترل زمینی در خصوص پروژه‌های تهیه نقشه به روش فتوگرامتری، پارامتر اصلی تعیین کننده تعداد نقاط، نوع دوربین مورد استفاده (از نظر متریک یا غیرمتریک بودن) و در دسترس بودن مختصات دقیق مراکز تصویر و وضعیت تقریبی آن‌ها در لحظه تصویربرداری می‌باشد.

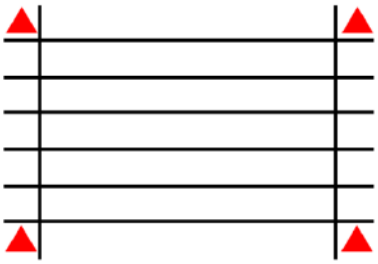
طراحی نقاط کنترل زمینی با درنظر گرفتن یکی از چهار حالت زیر انجام می‌گیرد:

الف- استفاده از دوربین متریک و در دسترس بودن مختصات دقیق مراکز تصویر و وضعیت تقریبی تصاویر در لحظه تصویربرداری

- در این حالت معمولا تصویربرداری هوایی با حداقل پوشش‌های طولی ۷۰ درصد و عرضی ۳۰ درصد انجام شده است.
- تعداد نقاط کنترل می‌تواند محدود بوده و موقعیت نقاط صرفاً در ابتدا و انتهای خطوط پروازی و محل شکستگی‌ها باشد (شکل الف).
- در صورت انجام تصویربرداری خطوط متقاطع در ابتدا و انتهای نوارها، طراحی نقاط کنترل به روش شکل (ب) انجام می‌گیرد.



شکل (الف)



شکل (ب)

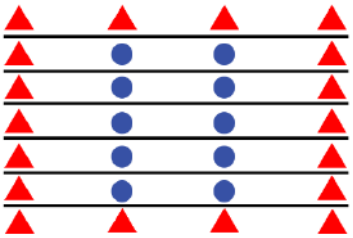
▲ : نقطه کنترل کامل

ب- استفاده از دوربین متریک و عدم دسترسی به مختصات دقیق مراکز تصویر

- در این حالت تصویربرداری هوایی با حداقل پوشش‌های طولی ۶۰ درصد و عرضی ۲۰ درصد انجام شده‌است.

omoorepeyman.ir

- در داخل بلوک و در طول نوارهای پرواز، می‌بایست نقاط کنترل ارتفاعی درنظر گرفته شود. این نقاط در ناحیهٔ مشترک بین دو نوار انتخاب شوند تا بدین ترتیب تعداد آن‌ها به حداقل ممکن کاهش یابد (شکل پ).
- فاصله نقاط کنترل با توجه به وضعیت خطوط پرواز، GSD تصویربرداری، دقت ارتفاعی و مسطحاتی مورد نیاز محصول نهایی، وضعیت توپوگرافی منطقه، فاصله کانونی دوربین تصویربرداری، ارتفاع پرواز و ...، تعیین می‌شود و معیار پذیرش، نتایج حاصل از ارزیابی محاسبات مثلث‌بندی با استفاده از نقاط چک، وضعیت پارالاکس باقی‌مانده در سطح مدل‌ها، عدم وجود پله‌های ارتفاعی و مسطحاتی بین مدل‌های مجاور و خطوط پرواز مختلف می‌باشد.
- لازم به ذکر است صرفاً مولفه ارتفاعی نقاط میانی در فرآیند محاسبات مثلث‌بندی مورد نیاز می‌باشد اما استفاده از نقاط کنترل سه‌بعدی نیز بلا مانع است (شکل ت).



شکل (پ)

شکل (ت)

: نقطه کنترل ارتفاعی

پ- دوربین غیرمتریک و در دسترس بودن مختصات دقیق مراکز تصویر و وضعیت تقریبی تصاویر در لحظه تصویربرداری

در پروژه‌های فتوگرامتری که از دوربین‌های غیرمتریک استفاده می‌شود، در مقایسه با حالت (الف)، تعیین پارامترهای کالیبراسیون دوربین نیز مورد نیاز است. برای محاسبه پارامترهای کالیبراسیون دوربین با دقت لازم، رعایت موارد ذیل در تصویربرداری و طراحی نقاط کنترل الزامی است:

- تصویربرداری با مجموع پوشش طولی و عرضی حداقل ۱۳۰ درصد انجام شود (هیچ‌یک از پوشش‌های طولی و عرضی نباید از ۶۰ درصد کمتر باشد).
- موقعیت نقاط کنترل و چک می‌بایست به‌نحوی انتخاب گردد تا حتی‌الامکان نقاط در تعداد عکس‌های بیشتری قابل مشاهده و اندازه‌گیری باشند لذا رعایت شرط نزدیکی نقاط کنترل به لبه بلوک ضروری نمی‌باشد.

omoorepeyman.ir

- تعداد نقاط کنترل می‌بایست باتوجه به کیفیت دوربین تصویربرداری و پایداری پارامترهای کالیبراسیون دوربین، GSD و وضوح هندسی تصاویر، دقت مسطحاتی و ارتفاعی مورد نیاز نقشه و سایر محصولات مکانی، فاصله کانونی و ارتفاع پرواز، توپوگرافی منطقه و پایداری پرنده در زمان تصویربرداری و ... تعیین شود و معیار پذیرش، نتایج حاصل از ارزیابی محاسبات مثلث‌بندی با استفاده از نقاط چک، وضعیت پارالاکس باقی‌مانده در سطح مدل‌ها، عدم وجود پله‌های ارتفاعی و مسطحاتی بین مدل‌های مجاور و خطوط پرواز مختلف می‌باشد.

ت-استفاده از دوربین غیرمتریک و عدم دسترسی به مختصات دقیق مراکز تصویر

به‌صورت کلی تهیه نقشه به روش فتوگرامتری با استفاده از تصاویر چنین دوربین‌هایی توصیه نمی‌شود. در صورت ضرورت و عدم دسترسی به سیستم تصویربرداری مناسب، می‌بایست قبل از شروع پروژه با کارفرما (یا دستگاه نظارت مورد نظر کارفرما) هماهنگی لازم انجام شود.

علاوه بر موارد فوق در طراحی نقاط کنترل زمینی برای تمام حالت‌ها، رعایت نکات زیر نیز ضروری می‌باشد:

- چنانچه علامت‌گذاری نقاط کنترل زمینی قبل از تصویربرداری هوایی انجام گیرد، نیاز است موقعیت نقاط کنترل علامت‌گذاری شده قبل از انجام تصویربرداری هوایی در اختیار گروه عملیات تصویربرداری قرار گیرد.
- به‌منظور ایجاد ارتباط بین سیستم مختصات عکسی و سیستم مختصات زمینی در هر بلوک مثلث‌بندی هوایی، حتی اگر مختصات مراکز تصاویر در زمان تصویربرداری با دقت مناسب در دسترس باشند و صرف‌نظر از ابعاد منطقه، حداقل وجود سه نقطه کنترل زمینی ضروری است.
- نقاط کنترل در دور تا دور بلوک و در محل شکستگی‌ها به‌گونه‌ای جانمایی شوند که کل حد کار را پوشش دهند.
- نقاط کنترل در میانه بلوک با تراکم مناسب طراحی شوند.
- نقاط کنترل در ناحیه مشترک مرزی بین زیر بلوک‌ها مشابه با تراکم دور تا دور بلوک طراحی و اندازه‌گیری شوند.
- چنانچه محدودهٔ کار تنها با یک نوار تصویربرداری پوشش داده می‌شود (همانند مسیر راه‌ها) و درصورتی که تبدیل بیش از نصف طول مدل مدنظر باشد، باید دو سری نقاط در طرفین حد کار طراحی و انتخاب گردند. در غیر این‌صورت، تنها یک ردیف نقطه در امتداد محور نوار، طراحی و انتخاب شود.
- در مناطق ویژه مانند مناطق ممنوعه تصویربرداری، خطوط ساحلی یا مناطق فاقد بافت مناسب که منجر به تولید مدل ناقص می‌شود، می‌بایست نقاط کنترل در اطراف منطقه با لحاظ کردن شرایط موجود طراحی شوند.
- نقاط کنترل در بیشترین تعداد تصویر در نوارهای مختلف قابل مشاهده باشند.

omoorepeyman.ir

- فواصل و تراکم نقاط کنترل باید در حدی باشند که خطای مثلث‌بندی هوایی روی نقاط کنترل و چک از یک سوم دقت نقشه و اطلاعات مکانی مورد نیاز کمتر باشند.
- دقت تعیین موقعیت نقاط (کنترل و چک زمینی) در مرحله عملیات نقشه‌برداری زمینی باید بهتر از یک ششم دقت نقشه و اطلاعات مکانی مورد نیاز باشد.

۴-۵-۴- طراحی نقاط چک

علاوه بر طراحی نقاط کنترل زمینی، می‌بایست نقاط چک به تعداد و پراکندگی مناسب طراحی گردد به‌نحوی که بتوان از صحت انجام مثلث‌بندی در کل منطقه اطمینان حاصل نمود. تعداد و پراکندگی نقاط چک با توجه به حد کار، مساحت، دقت و مقیاس نقشه و اطلاعات مکانی مورد نیاز، GSD تصویربرداری، مشخصات دوربین تصویربرداری (متریک یا غیرمتریک، فاصله کانونی و..) و سایر موارد با رعایت موارد زیر طراحی شوند:

- صرف‌نظر از ابعاد منطقه، وجود حداقل سه نقطه چک در محدوده کار ضروری می‌باشد.
- نقاط چک در بیشترین فاصله از نقاط کنترل مورد استفاده در مثلث‌بندی قرارگیرند.
- برای اطمینان از صحت نتایج حداقل یک نقطه چک بر روی مرز منطقه و همچنین در اطراف مناطق گپ که نقطه گرهی وجود ندارد، با فاصله مناسب اخذ شود.
- اگر با توجه به خطای اندازه‌گیری شده روی نقاط چک، مشخص گردد نتایج مثلث‌بندی قابل قبول نمی‌باشد؛ می‌بایست هر یک از مراحل عملیات مثلث‌بندی هوایی بررسی و در صورت نیاز عملیات برداشت نقاط کنترل زمینی با تجدید نظر در تراکم و پراکندگی نقاط کنترل تکرار گردیده و محاسبات مثلث‌بندی هوایی با استفاده از نقاط تکمیلی برداشت شده، تکرار و نتایج ارزیابی شود.

۴-۵-۵- انتخاب و تعیین موقعیت نقاط کنترل و چک زمینی

-برای انجام عملیات نقشه‌برداری زمینی به‌منظور تعیین مختصات نقاط کنترل زمینی و نقاط چک، می‌بایست به دستورالعمل اجرایی مربوطه برای دقت و مقیاس مورد نظر رجوع شود.

- از طریق ایجاد شبکه ایستگاه‌های ماندگار در منطقه، سیستم مختصات واحد برای مختصات مراکز تصویر، نقاط کنترل و چک، ایجاد شده و تمام اندازه‌گیری‌ها بر اساس این شبکه انجام گیرد.

- ارتفاع مورد استفاده در تهیه نقشه، ارتفاع ارتومتریک است و ارتفاع بیضوی در تهیه نقشه به روش فتوگرامتری قابل قبول نمی‌باشد.

- اندازه‌گیری زمینی نقاط از پیش علامت‌گذاری شده، با توجه به موقعیت علامت‌ها انجام می‌شود.

-در انتخاب موقعیت علامت‌ها همچنین نقاط کنترلی که منطبق بر عوارض مصنوعی یا طبیعی می‌باشند رعایت موارد ذیل الزامی است:

omoorepeyman.ir

- موقعیت علامت‌ها و نقاط کنترل زمینی باید حتی‌الامکان به‌گونه‌ای انتخاب شود که اولاً در مناطق نسبتاً مسطح و به‌صورت عوارض منفرد قرار گرفته و ثانیاً به سادگی در عکس‌ها قابل تشخیص و اندازه‌گیری باشند.
- حتی‌الامکان نقاط مورد نظر بایستی در محدوده‌های مشترک بین مسیرهای پروازی طراحی و برداشت شوند. به‌طوریکه این نقاط در دو مسیر پروازی قابل مشاهده باشند.
- علامت‌ها و نقاط کنترل زمینی در جاهایی گرفته شوند که تضاد رنگی[۱۹] خوبی بین نقطه با عوارض اطراف وجود داشته باشد.
- مکان نقطه کنترل زمینی مشخص شده روی عکس، بر روی زمین، واضح، مشخص، دست‌نخورده و بدون تغییر باقی‌مانده باشد. از انتخاب نقاط بی‌ثباتی که کیفیت زمان تصویربرداری خود را از دست داده‌اند جداً خودداری شود. به عنوان مثال جاده‌ای که بعد از تصویربرداری، شن‌ریزی یا آسفالت شده، مسیل‌هایی که بارندگی، کف آن‌ها را دگرگون کرده، نوار ساحلی که در اثر جزر و مد تغییر کرده و ....
- در انتخاب نقاط به بافت منطقه توجه شود به عنوان مثال دارای پوششی نباشد که بصورت مقطعی تغییر می‌کند مانند زمین‌هایی که به‌صورت مداوم تراشیده می‌شوند.
- در صورت وجود عوارض غیرطبیعی مانند گوشه‌های بسیار واضح پل‌ها، تقاطع جاده‌ها، کانال‌های مشخص، لبه سکوهای کوتاه، گوشه جدول، ...)، از این عوارض به عنوان نقاط کنترل زمینی استفاده شود.
- از انتخاب نقاط کنترل زمینی و علامت‌گذاری در دره‌های باریک، مجاورت ساختمان‌ها و سایر ابنیه، دکل‌های فشار قوی و تیرهای برق، تابلوهای تبلیغاتی، زیر پوشش درختان، دیوارهای نرده‌دار، گوشه‌های داخلی و بیرونی محوطه‌های دیواردار یا محدوده ساختمان‌ها و زمین‌های خیس و مرطوب خودداری شود.
- از انتخاب نقاط در محل‌هایی که امکان نشانه‌روی خوبی برای نقطه موجود نیست خودداری شود نظیر برج دیده‌بانی، منبع آب، تیر برق یا آنتن‌های مخابراتی، مناره، گنبد، دودکش کارخانجات و...
- حتی‌الامکان از عوارضی که نسبت به عوارض مجاورش دارای تغییر ارتفاعی قابل توجهی نمی‌باشد، استفاده گردد، به‌عنوان مثال نقاط کنج ساختمان‌ها، نقاط مناسبی نمی‌باشند.
- اندازه عارضهٔ انتخاب شده باید متناسب با مقیاس نقشه و دقت اطلاعات مکانی مورد نظر باشد، بعنوان مثال ابعاد بوته‌هایی که به عنوان نقطه کنترل زمینی انتخاب می‌شوند متناسب با دقت نقشه و اطلاعات مکانی مورد نظر باشد.
- از انتخاب عوارضی که در یک محدوده مشخص تکرار می‌شوند خودداری شود، مانند یک بوته در بوته‌زار انبوه، خطوط خط‌کشی خیابان‌ها، خط‌کشی عابر پیاده، ردیف قطعات منظم و متوالی، حدود مشابه قطعات بلوک‌های ساختمانی و...

omoorepeyman.ir

[۱۹] Contrast

- در مواردی که نقاط کنترل ناگزیر در گوشهٔ دیوارها انتخاب می‌شوند حتماً باید در موقع اندازه‌گیری‌های زمینی، قسمت بالای این عوارض منظور شود چرا که پای دیوارها دید دقیقی روی تصاویر ندارند. همچنین دقت شود که این گوشه‌ها از منظرهای مختلف قابل دید باشند. به‌عبارتی در تصاویر خطوط پرواز مجاور، زیر سایه قرار نگرفته باشند.
- از انتخاب نقاط در زمین‌های پست و نرم باتلاقی، کنار رودخانه‌ها یا کف کانال‌هایی که از آب پر و خالی می‌شوند، اجتناب شود.

نکته : چنانچه به دلیل نوع منطقه، امکان گرفتن نقاط کنترل بصورت سه‌بعدی وجود نداشته باشد باید آن‌ها را به دو نوع نقطه مسطحاتی و ارتفاعی تفکیک کرد. بدیهی است در خصوص نقاط کنترل مسطحاتی باید از عوارضی استفاده نمود که تشخیص و قرائت آن‌ها در بعد مسطحاتی با حداقل خطا انجام شود و در مورد نقاط ارتفاعی نیز تشخیص و قرائت آن‌ها در بعد ارتفاعی با کمترین خطا انجام گیرد.

۴-۵-۶- تهیه کروکی نقاط کنترل زمینی و چک

درصورتی که نقاط کنترل زمینی به‌صورت تارگت‌گذاری قبل از انجام تصویربرداری هوایی انتخاب شده باشند، نیازی به تهیه کروکی برای آن‌ها نمی‌باشد. درغیر این‌صورت در تهیه کروکی نقاط کنترل و چک زمینی، رعایت نکات زیر ضروری است:

- تهیه کروکی‌ها باید به صورت رقومی باشد و هرگونه ترسیم دستیِ کروکی، غیر قابل استناد و اعتبار است.
- برای هر نقطه، کروکی‌ها در قالب یک فایل با محتوای زیر ارائه گردد:
  - اطلاعاتی از مشخصات پروژه
  - نمایش کامل تصویری که دربرگیرندهٔ نقطه بوده و کادر محدوده نقطه در آن زده می‌شود. نمایش این تصویر، به‌منظور توجیه موقعیت نقطه در منطقه و ایجاد دید کلی از موقعیت نقطه در ابعاد تصویر، به‌کار می‌رود.
  - نمایش بخشی از تصویر که شامل نقطه همراه با جزئیات منطقه محصور در کادر آن، با بالاترین توان تفکیک می‌باشد. منظور تصویری است که عارضه مورد اشاره در آن به خوبی قابل تشخیص باشد.
- محل نقاط کنترل و چک زمینی علامت زده شود و نام و توضیحات آن آورده شود.
- توضیحات مربوط به نقاط، در برگه‌های شناسنامهٔ نقاط آورده شود. این توضیحات شامل اطلاعاتی کوتاه، دقیق، جامع و روشن برای دستیابی به نقطه می‌باشد.

۴-۵-۷- تشکیل بلوک فتوگرامتری

مراحل تشکیل بلوک فتوگرامتری به‌شرح ذیل است:

omoorepeyman.ir

- معرفی فهرستی از شماره تصویر و مختصات مراکز تصویربرداری و در صورت امکان وضعیت تصاویر ترجیحاً همراه با انحراف معیار آن‌ها به نرم‌افزار
- معرفی فهرستی از نام و مختصات نقاط کنترل و چک زمینی ترجیحاً همراه با انحراف معیار آن‌ها به نرم‌افزار

تمامی تصاویر پروژه درصورت امکان، می‌بایست به‌طور هم‌زمان پردازش شوند. درصورتی‌که به دلیل محدودیت‌های زمانی، نرم‌افزاری و سخت‌افزاری و ...، امکان پردازش هم‌زمان وجود نداشته باشد؛ حداکثر تعداد عکس مناسب برای پردازش، برآورد شده و بلوک به زیر بلوک‌هایی بخش‌بندی می‌شود. در بخش‌بندی بلوک فتوگرامتری به زیر بلوک‌ها، نکات ذیل مورد توجه قرار گیرد:

- سعی شود حتی‌الامکان خطوط برش در راستای نوارهای پرواز بوده و ابعاد زیر بلوک‌ها مشابه باشد.
- زیر بلوک‌ها در راستای عمود بر نوارهای تصویربرداری، حداقل باید در دو نوار مشترک باشند و در راستای نوارهای تصویربرداری حداقل باید در سه عکس مشترک باشند.
- تصاویر و نقاط کنترل مشترک در بلوک‌های محاسباتی مجاور درنظرگرفته شده و در صورت نیاز، نقاط مشترک گرهی نیز اندازه‌گیری شوند.
- هر زیر بلوک به‌صورت یک پروژه جداگانه مورد پردازش قرار گرفته و محصولات مکانی حاصل از آن‌ها با هم ترکیب و یک‌پارچه‌سازی شوند.
- به‌منظور کنترل سازگاری هندسی مرز بین زیر بلوک‌ها، علاوه بر بررسی تطابق مختصات سرشکن شده نقاط کنترل و چک زمینی در آن‌ها، باید مدل‌های سه‌بعدی مشترک بین آن‌ها به روش برجسته‌بینی کنترل شوند.

نکته: درصورتی که بلوک مثلث‌بندی در مجاورت منطقه‌ای قرار داشته باشد که پیش‌تر بر روی آن با ابعاد پیکسل مشابه، عملیات تصویربرداری و مثلث‌بندی هوایی انجام شده است، به‌منظور انطباق هندسی محصولات مکانی تولید شده از دو بلوک مجاور، لازم است به نحوی میان محاسبات مثلث‌بندی هوایی دو بلوک، در قسمت هم‌پوشانی اتصال برقرار گردد. لذا لازم است از تصاویر هم‌پوشان بلوک مجاور در محاسبات مثلث‌بندی بلوک مورد نظر استفاده نمود. علاوه براین می‌بایست توجه داشت که وزن مقادیر اولیه المان‌های توجیه خارجی این تصاویر، بالا در نظر گرفته شود به‌طوری که این مقادیر پس از سرشکنی تغییری ننمایند.

نکته: درصورت عدم امکان انتقال تصاویر به دلیل عدم تطابق GSD (یا مقیاس) تصویربرداری یا عوامل دیگر، می‌بایست انتقال نقاط گرهی از بلوک قبلی به بلوک مورد نظر، به عنوان نقطه کنترل و با وزن و تعداد مناسب، انجام گیرد. وزن این نقاط در محاسبات سرشکنی بلوک، بر اساس انحراف معیار مختصات سرشکن شده آن‌ها در بلوک قبلی انتخاب می‌گردد.

omoorepeyman.ir

۸-۵-۴- تنظیم پارامترهای کالیبراسیون و سلف کالیبراسیون

درصورت استفاده از دوربین متریک، لازم است اطلاعات کالیبراسیون دوربین به نرم‌افزار محاسبات فتوگرامتری معرفی گردد. در شرایطی که از دوربین غیرمتریک استفاده می‌شود، از آن‌جا که این دوربین‌ها دارای عدسی، سنجنده و بدنه با هندسه ناپایدار هستند، لازم است در هر پروژه با استفاده از روش سلف کالیبراسیون، پارامترهای توجیه داخلی و پارامترهای اضافی کالیبراسیون برآورد گردد.

به‌طور معمول، علاوه بر سه پارامتر توجیه داخلی (نقطه اصلی x_o,y_o و فاصله اصلی c)، ده پارامتر کالیبراسیون مدل براون شامل اعوجاج شعاعی عدسی k_1-k_4، اعوجاج خروج از مرکز p_1-p_4، اعوجاج افینیتی b_1-b_2 نیز برای مدل‌سازی اعوجاجات عکسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ممکن است میان تعدادی از این پارامترها به‌واسطه میزان ناپایداری آن‌ها، سطح نویز مشاهدات نقاط گرهی و ضعف شبکه، وابستگی وجود داشته باشد. وجود پارامترهای وابسته منجر به بروز خطاهای بزرگ در نتایج سرشکنی می‌شود. از این رو پارامترهای با وابستگی بالای ۹۵٪ می‌بایست از فهرست پارامترهای اضافی حذف شوند. بدیهی است مدل استفاده‌شده در این مرحله به‌منظور محاسبه پارامترهای کالیبراسیون باید در مراحل بعدی نیز قابل استفاده باشد.

۹-۵-۴- وزن‌دهی مشاهدات

وزن مشاهدات نسبت عکس با انحراف معیار آن‌ها دارد. وزن‌دهی مناسب مشاهدات به‌گونه‌ای که نسبت وزنی صحیحی بین گروه‌های مشاهداتی مختلف برقرار باشد، دقت مطلق نتایج حاصل از سرشکنی بلوک را به نحو چشم‌گیری افزایش می‌دهد. از طرف دیگر، صحت عملکرد و کارآیی روش‌های خودکار تشخیص خطاهای موجود در داده‌ها، نه تنها تابع شرایط هندسی بلوک (میزان پوشش عکس‌ها، تعداد و نحوهٔ توزیع نقاط گره‌ای و کنترل عکسی) می‌باشد بلکه بستگی زیادی به نحوه وزن‌دهی مشاهدات مختلف دارد. لذا توصیه می‌شود در وزن‌دهی گروه‌های مشاهداتی مختلف در برنامه‌های محاسباتی مورد استفاده، نکات زیر مورد توجه قرارگیرد:

- انحراف معیار نقاط کنترل زمینی بر حسب دقت اندازه‌گیری مختصات زمینی نقاط و ابعاد پیکسل تصویربرداری در فضای عارضه، طبق رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$E=\sqrt{a^2+b^2}$$

a :دقت اندازه‌گیری نقاط در فضای تصویر که معادل یک سوم ابعاد پیکسل تصویربرداری می‌باشد.

b: دقت اندازه‌گیری نقاط زمینی

نکته: در صورت متمایز بودن دقت‌های مسطحاتی و ارتفاعی نقاط کنترل، می‌بایست در بلوک محاسباتی وزن این مشاهدات به شکل صحیح تفکیک شده باشد.

omoorepeyman.ir

- انحراف معیار نقاط چک با توجه به اینکه در محاسبات سرشکنی نقشی نداشته و تنها برای ارزیابی دقت مطلق محاسبات سرشکنی مورد استفاده قرار می‌گیرند، مشابه نقاط گرهی دستی و با توجه به دقت تشخیص و اندازه‌گیری آن‌ها در تصاویر تعیین شود.
- انحراف معیار مشاهدات مربوط به نقاط گرهی خودکار با توجه به کیفیت تصاویر معادل ۰,۱ تا ۵.۰ پیکسل درنظرگرفته شود.
- انحراف معیار مشاهدات عکسی از جمله نقاط گرهی دستی و نقاط چک با توجه به کیفیت تصاویر معادل نیم تا یک پیکسل در نظر گرفته شود.
- انحراف معیار مشاهدات GNSS/IMU بر اساس دقت محاسبه شده برای این مشاهدات درنظرگرفته شود. درصورتی‌که برخی از مراکز تصویر بیش از ۱,۶۷ برابر انحراف معیار وارد شده خطا داشته باشند، اطلاعات موقعیت این تصاویر از مجموعه مشاهدات با وزن متناسب با دقت محاسبه شده وارد شود.
- کلیه وزن‌ها با نتایج RMSE[۲۰] حاصل از گزارش نهایی نرم‌افزار چک شود و درصورت وجود اختلاف معنی‌دار باید نسبت به اصلاح وزن و یا رفع موانعی که باعث عدم انطباق می‌شود اقدام گردد.
- مشاهدات با خطای بیش از ۲,۵ برابر انحراف معیار می‌بایست حذف گردند.

۱۰-۵-۴- استخراج و پالایش نقاط گرهی

منظور از این فرآیند، اندازه‌گیری نقاط در فضای تصویر است که امکان اتصال بین فضای تصویر و فضای زمین و همچنین اتصال بین تصاویر را ایجاد می‌کنند. با توجه به اینکه استخراج نقاط گرهی به صورت خودکار توسط نرم‌افزار یا به صورت دستی توسط عامل انسانی قابل انجام است در انجام آن موارد ذیل باید مورد توجه قرارگیرد:

- به‌منظور افزایش کیفیت نتایج مثلث‌بندی هوایی و سلف کالیبراسیون (در خصوص دوربین‌های غیرمتریک)، نقاط گرهی باید در سطح تصاویر به‌صورت یکنواخت توزیع شده باشند.
- استخراج اتوماتیک نقاط گرهی در مرحله نهایی می‌بایست با توان تفکیک تصویر اصلی انجام شود تا بالاترین دقت مثلث‌بندی هوایی حاصل شود.
- در نواحی با نقاط گرهی کم یا بدون نقطه گرهی (یک یا چند ربع تصویر بدون نقطه گرهی باشد) تأکید می‌شود چند نقطه گرهی دستی با فواصل مناسب در تصاویر اندازه‌گیری شود و با وزن مناسب به بلوک فتوگرامتری معرفی شود تا استحکام بلوک در این مناطق حفظ گردد.
- هرچه نقاط گرهی در تعداد تصاویر بیشتری دیده شوند استحکام بلوک افزایش می‌یابد.
- خطوط تصویربرداری متقاطع (کراس) باید به کمک تعدادی نقاط گره‌ای به خطوط اصلی پرواز متصل شوند.

[۲۰] Root Mean Square Error

omoorepeyman.ir

- نقاط گرهی اشتباه با باقیمانده تصویری بیش از سه برابر انحراف معیار کل باقیمانده‌ها از فهرست نقاط گرهی حذف گردند.

۱۱-۵-۴- معرفی مشاهدات به بلوک فتوگرامتری

مشاهدات در سه دسته کلی معرفی می‌گردند:

الف) معرفی مشاهدات تعیین موقعیت و وضعیت دوربین

اطلاعات تعیین موقعیت و وضعیت دورانی هر تصویر به تفکیک با دقت مشخص به نرم‌افزار معرفی می‌گردد. در صورتی که این اطلاعات با دقت بالا اندازه‌گیری شده باشند نیاز است پارامترهای شیفت و دریفت[۲۱] هر نوار تصویربرداری، مقدار Lever Arm (اطلاعات در خصوص بردار لحظه‌ای فاصله بین آنتن گیرنده و مرکز تصویر) و میزان Boresight angle (میزان اختلاف بین زوایای تجهیزات تعیین وضعیت با زوایای دوربین) در مرحله محاسبه مثلث‌بندی لحاظ گردد.

ب) معرفی پارامترهای کالیبراسیون دوربین

اطلاعات کالیبراسیون دستگاه مطابق گزارش کالیبراسیون دوربین معرفی گردد.

نکته: درصورت استفاده از تصاویر دوربین‌های متفاوت در یک بلوک مثلث‌بندی، نیاز است اطلاعات کالیبراسیون کلیه دوربین‌ها به نرم‌افزار معرفی شوند.

نکته: درصورتی که از تصاویر دوربین‌های غیرمتریک استفاده شود این پارامترها به عنوان مجهول در محاسبات مثلث‌بندی هوایی، برآورد می‌گردند.

ج) معرفی مشاهدات نقاط کنترل و چک زمینی

- نقاط کنترل و چک زمینی در فضای تصویر و بر اساس موقعیت مشخص شده در کروکی یا موقعیت علامت‌گذاری شده روی زمین قرائت شوند.
- در مورد نقاط کنترلی که در مرز اشیاء با اختلاف ارتفاع زیاد قرارگرفته‌اند، اعمال روش تناظریابی تصویری کمترین مربعات معمولاً دقت قابل قبولی نمی‌دهد و بهتر است قرائت نقاط به‌صورت دستی انجام شود اما قرائت نقاط کنترل و چک در نواحی مسطح دارای عارضه به روش تناظریابی کمترین مربعات، موجب افزایش دقت قرائت‌های عکسی و افزایش سرعت کار خواهد شد.

[۲۱] Shift and Drift parameters

omoorepeyman.ir

۱۲-۵-۴- انجام محاسبات سرشکنی بلوک

منظور از این فرآیند، انجام محاسبات نهایی کلیه مشاهدات و ایجاد امکان تبدیل مختصات از فضای تصویر به فضای زمین می‌باشد. محاسبات سرشکنی بلوک باید با توجه به موارد کلی زیر صورت پذیرد:

- از کافی و همگن بودن قرائت‌های لازم در فضای تصویر شامل نقاط گرهی و نقاط کنترل و چک زمینی اطمینان حاصل شود.
- در صورت به‌کارگیری تصاویر دوربین‌های متریک، پارامترهای کالیبراسیون دوربین یا دوربین‌های تصویربرداری به شکل صحیح به بلوک معرفی شده و تصاویر به دوربین‌های مربوطه الصاق شوند.
- در صورت استفاده از تصاویر دوربین‌های غیرمتریک، برای تصاویر هر سورتی پرواز یک دوربین جدید با مقادیر اولیه مناسب تعریف شود.
- نقاط گرهی در حداکثر تعداد عکس‌های هوایی پوشش‌دار اندازه‌گیری شده باشند.
- نقاط گرهی خودکار با موقعیت‌های اشتباه حذف شده و محاسبات سرشکنی تکرار گردد تا زمانی که هیچ خطای بزرگی (اشتباه) در بلوک باقی نماند.
- پس از شناسایی و حذف تمامی خطاها، مقدار واریانس محاسبه شده در پایان عملیات سرشکنی، با دقت (واریانس) معرفی شده برای مشاهدات نظیر هم‌خوانی داشته باشد. در صورت وجود اختلاف فاحش، مقادیر دقت معرفی شده، تصحیح و محاسبات سرشکنی تکرار شود.
- گزارش مثلث‌بندی نرم‌افزار مورد استفاده، در هر مرحله مورد بررسی قرار گرفته و تا زمان دست‌یابی به دقت مورد نظر، محاسبات و پردازش تکرار گردد.
- پس از انجام محاسبات نهایی، خروجی فرآیند مثلث‌بندی، به‌منظور به‌کارگیری در مراحل بعدی و تهیه محصولات، تولید گردد.

۴-۶- ارزیابی کیفی نتایج

معیارهای کمی و کیفی مورد نظر در راستای ارزیابی نتایج به شرح ذیل می‌باشد:

- هیچ نشانه‌ای دال بر وجود خطای سیستماتیک در باقیمانده‌های موجود بر روی نقاط عکسی یا کنترل زمینی به چشم نخورد.
- با تکرار مراحل محاسبات، بهبود قابل توجهی در نتایج نهایی ایجاد نگردد.
- خطای RMS نقاط مختلف در سیستم مختصات عکسی نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید:
  - نقاط خودکار: به اندازه ۰٫۵ پیکسل

omoorepeyman.ir

- نقاط غیر خودکار: به اندازه ۱,۵ پیکسل
- خطای RMS مشاهدات در سیستم مختصات زمینی نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید:

- دقت مسطحاتی متوسط نقاط نباید بیش از ۰,۱ میلیمتر در مقیاس نقشه یا یک سوم دقت مسطحاتی مورد نیاز برای اطلاعات مکانی باشد.
- دقت ارتفاعی متوسط نقاط نباید بیش از یک ششم فاصله منحنی میزان مورد نظر یا نصف دقت ارتفاعی مورد نیاز برای اطلاعات مکانی باشد.

نکته: با توجه به اینکه قابل قبول بودن خطاهای RMSE نقاط کنترل یک بلوک و گزارش های مربوط به نرم‌افزار، الزاماً به معنی قابل قبول بودن محاسبات سرشکنی آن بلوک نیست، بنابراین ضروری است همواره مشخصات هندسی بلوک نیز به‌صورت دقیق کنترل شده و از مطابقت آن‌ها با معیارهای شناخته شده، اطمینان حاصل گردد. به همین دلیل ارزیابی دقت پارامترهای تعیین شده می‌بایست به‌صورت مستقل و به یکی از روش‌های زیر نیز انجام گیرد:

الف- بررسی مدل سه‌بعدی و نبود پله بین مختصات مدل‌های مجاور

ب- تشکیل مدل‌های سه‌بعدی استرئو و بررسی نبود پارالاکس در تصاویر (حداکثر پارالاکس مجاز، معادل یک‌چهارم GSD است)

پ- اندازه‌گیری مختصات سه‌بعدی نقاط کنترل و چک در محیط برجسته‌بینی در مدل‌های سه‌بعدی مختلف و مطابقت دقت‌های به‌دست آمده با دقت نقشه و محصولات مکانی موردنظر

۴-۷- تنظیم و تکمیل مدارک و مستندات نهایی

به‌منظور ارزیابی نهایی هر پروژهٔ محاسباتی, مدارک زیر باید گردآوری، تکمیل و همراه با نتایج محاسبات مربوط ارائه گردند:

الف) تمامی مدارک و اطلاعات اولیهٔ مورد استفاده شامل :

- اندکس عکسی حاوی موقعیت نقاط کنترل و چک زمینی
- لیست مختصات نقاط کنترل زمینی همراه با دقت‌های مربوطه
- کروکی نقاط کنترل و چک زمینی
- مقادیر داده‌های کمکی GPS/IMU تصاویر (در صورت وجود) همراه با دقت‌های مربوطه
- تصاویر پروژه
- لیست تصاویر و یا نقاط انتقال یافته از بلوک‌های مجاور (درصورت نیاز)

ب) گزارش فنی بلوک شامل:

omoorepeyman.ir

- مشخصات تصویربرداری
- لیست پارامترهای توجیه خارجی نهایی
- فایل پروژه محاسبات
- مقادیر نهایی پارامترهای کالیبراسیون دوربین
- گزارش نرم‌افزار محاسبات مثلث‌بندی هوایی
- گزارش تجهیزات و نرم‌افزارهای مورد استفاده
- میزان باقی‌مانده خطای نقاط کنترل و چک زمینی

ج) گزارش ایرادات و مشکلات موجود شامل:

- نواحی ضعیف و فاقد استحکام لازم در بلوک و توصیه‌های مربوطه
- مناطق کار نشده یا فاقد دید مناسب سه‌بعدی و توصیه‌های مربوطه
- لیست نقاط کنترل زمینی مردود

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل پنجم

استخراج و ویرایش اطلاعات برداری

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پس از اتمام فرآیند مثلث‌بندی، شرایط هندسی مناسب برای تولید محصولات مختلف از تصاویر زمین مرجع با سیستم تصویر مرکزی ایجاد می‌شود. از مهم‌ترین این موارد می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- مدل سه‌بعدی فتوگرامتری[۲۲]
- ابرنقطه[۲۳]
- مدل رقومی ارتفاع زمین یا سطح
- مدل سه‌بعدی[۲۴]
- ارتوفتو یا تصویر تصحیح شده[۲۵]

این محصولات تولید شده به‌منظور استخراج اطلاعات برداری دو یا سه‌بعدی قابل استفاده می‌باشند. در حال حاضر اصلی‌ترین روش ترسیم عوارض از روی تصاویر، استفاده از مدل‌های سه‌بعدی فتوگرامتری و استخراج اطلاعات هندسی به کمک ابزارهای خودکار و ترکیب آن با تفسیر عامل انسانی است.

۵-۱- تبدیل سه‌بعدی عوارض

تبدیل سه‌بعدی عوارض شامل تمامی مراحل تفسیر و استخراج اطلاعات هندسی عوارض از مدل سه‌بعدی است که از یک زوج تصویر پوشش‌دار تشکیل می‌شود.

به‌منظور تولید نقشه‌های دوبعدی نیز به دلیل الزام به شناسایی دقیق و ترسیم عوارض مسطحاتی در حد کمتر از وضوح هندسی تصویر، ترسیم می‌بایست در محیط سه‌بعدی با امکان دید برجسته با کیفیت مناسب انجام گیرد. بدیهی است در خصوص ترسیم عوارض دارای ارتفاع، نیاز به استفاده از روش برجسته‌بینی می‌باشد.

۵-۲- ترسیم از روی مدل سه‌بعدی رقومی (Mesh Model)

ترسیم از روی این مدل‌ها می‌تواند جایگزین روش تبدیل سه‌بعدی حاصل از دو تصویر پوشش‌دار با سیستم تصویر مرکزی باشد با این پیش‌فرض که مدل سه‌بعدی تولید شده از نظر دقت و کیفیت به دقت‌های مدل سه‌بعدی استرئوی متناظر رسیده باشد.

درصورتی که در تولید مدل سه‌بعدی از روش‌های خودکار مدل مش استفاده شود، به‌دلیل از دست رفتگی داده در لبه‌ها، لازم است توان تفکیک مکانی تصاویر مورد استفاده برای تولید مدل سه‌بعدی به‌حدی افزایش یابد که این از دست‌رفتگی اطلاعات، در دقت نهایی محصول، تاثیر منفی نگذارد.

---

[۲۲] Stereo Model
[۲۳] Point Cloud
[۲۴] Mesh model
[۲۵] ارتوفتو تصویر تصحیح شده است که جابه‌جایی ناشی از اختلاف ارتفاع در آن، حذف یا به حداقل رسیده است.

omoorepeyman.ir

تذکر: ترسیم برروی مدل‌های سه‌بعدی رقومی صورت گیرد که قبلا طبق دستورالعمل‌های مربوطه تهیه شده باشند (رجوع گردد به دستورالعمل ۱۱۹-۶).

۵-۳- ترسیم دوبعدی عوارض

در کاربردهای خاصی مانند تهیه نقشه اراضی کشاورزی، تهیه نقشه مناطق با تغییرات ارتفاعی کم یا در مناطقی با عوارض مصنوعی بدون ارتفاع که دقت ارتفاعی در آن‌ها اهمیت ندارد می‌توان از ارتوفتو برای تولید نقشه‌های دوبعدی استفاده نمود. معمولا اطلاعات ارتفاعی مورد نیاز در این کاربردهای خاص از مدل رقومی زمین استخراج می‌گردند. رعایت موارد زیر در چنین شرایطی الزامی است:

- ترسیم بر روی ارتوفتوهایی صورت گیرد که قبلاً طبق دستورالعمل‌های مربوطه تهیه شده باشند (رجوع گردد به دستورالعمل ۶-۱۱۹).
- دقت هندسی ارتوفتوموزاییک مورد استفاده به گونه‌ای باشد که پس از انجام ترسیمات به روش دو بعدی، دقت هندسی نقشه‌های حاصله با دقت مورد درخواست مطابقت داشته باشد.
- استخراج و ترسیم از روی ارتوفتو درخصوص عوارضی مجاز است که بر روی سطح زمین طبیعی قرار گرفته باشند (مانند لبه آسفالت) یا پای این عوارض بر روی زمین قرار گرفته باشد و در تصویر دیده شود (مانند پای دیوار).

نکته: در صورتی که میزان جابه‌جایی باقیمانده ناشی از ارتفاع عوارض بر روی ارتوفتو، در دامنه دقت مسطحاتی مورد انتظار نقشه باشد، ترسیم بر روی ارتوفتو برای عوارض دارای ارتفاع نیز قابل قبول است.

۵-۴- ارزیابی کیفیت نقشه‌های ترسیمی

ارزیابی کیفیت نقشه‌های تهیه شده به روش‌های متداول از طریق مقایسه با واقعیت زمین صورت می‌گیرد. این بررسی‌ها شامل بررسی موقعیت مسطحاتی و ارتفاعی تعدادی از عوارض و نقاط کنترل زمینی و چک، کنترل تصادفی تکمیل بودن و صحت عوارض ترسیم شده، صحت اطلاعات توصیفی و نیز سازگاری منطقی عوارض می‌باشد. در خصوص کیفیت نقشه‌های ترسیمی، سه مولفهٔ دقت هندسی، صحت اطلاعات توصیفی، کامل بودن و سازگاری اطلاعات مورد توجه قرار می‌گیرند.

۵-۴-۱- دقت هندسی

دقت مسطحاتی: در اطلاعات برداری جمع‌آوری شده، ۹۰ درصد عوارض مشخص نباید بیش از ۰/۳ میلیمتر در مقیاس نقشه با محل واقعی خود اختلاف موقعیت داشته باشند (معادل دقت مسطحاتی مورد نیاز اطلاعات مکانی مورد نظر مطابق جدول مندرج در پیوست شماره یک). منظور از عوارض مشخص، نقاطی مانند تقاطع جاده‌ها و راه‌آهن‌ها،

omoorepeyman.ir

گوشهٔ ساختمان‌ها، گوشهٔ استخرها و ... است که می‌توان به راحتی و با اطمینان زیاد آن‌ها را روی زمین و تصاویر هوایی مشخص نمود.

نکته: هیچ عارضه‌ای نباید بیش از ۰/۵ میلی‌متر در مقیاس نقشه با محل واقعی خود بر روی زمین اختلاف داشته باشد (معادل ۱,۶۷ برابر دقت مسطحاتی مورد نیاز اطلاعات مکانی).

دقت ارتفاعی: بیش از ۹۰ درصد ارتفاع استخراج شده از نقشه و داده‌های مکانی، باید دارای دقتی بهتر از یک سوم فاصلهٔ منحنی تراز اصلی نقشه یا دقت ارتفاعی مورد نیاز اطلاعات مکانی باشند (مطابق جدول مندرج در پیوست شماره یک).

نکته: خطای ارتفاعی هیچ نقطه ای نباید بیش از نصف فاصله منحنی میزان یا ۱,۶۷ برابر دقت ارتفاعی مورد نیاز اطلاعات مکانی باشد.

۵-۴-۲- صحت اطلاعات توصیفی

منظور از صحت اطلاعات توصیفی، میزان انطباق مشخصات توصیفی عوارض تبدیل شده از تصاویر به نقشه (شامل نمادها، اسامی، متون توصیفی و...) در مقایسه با واقعیت و با توجه به مشخصات فنی نقشه‌ها است. در نقشه‌های تبدیلی باید بیش از ۹۵ درصد اطلاعات توصیفی عوارض، صحیح باشند.

۵-۴-۳- کامل بودن و سازگاری اطلاعات

بیش از ۹۵ درصد عوارض قابل شناسایی و تشخیص موجود بر روی تصویری که مبنای تبدیل می‌باشد، می‌بایست در نقشه‌ها آورده شده باشند (طبق مشخصات فنی مورد نظر مطابق استانداردها و دستورالعمل‌های مربوطه).

عوارض تبدیلی از لحاظ مفهومی (تعریف عارضه)، هندسی، توصیفی، اصول کارتوگرافی و سامان‌دهی نقشه باید باهم سازگاری داشته باشند.

۵-۵- عملیات مقدماتی برای تبدیل

قبل از شروع عملیات تبدیل پروژه، اقدامات زیر باید انجام پذیرد:

- کنترل حد کار
- انتخاب مدل سه بعدی معتبر و بهینه (مقدار B/H بزرگتر از ۲۵٪ برای مدل هایی با پوشش طولی ۶۰ درصد)
- کنترل اطلاعات کالیبراسیون دوربین تصویربرداری
- کنترل مشخصات هندسی دوربین: شامل فاصله کانونی، ابعاد فیزیکی سنجنده، ابعاد پیکسل سنجنده و پارامترهای کالیبراسیون عدسی.
  - در صورت استفاده از دوربین متریک، مشخصات از فایل کالیبراسیون گرفته می‌شود.

omoorepeyman.ir

- در صورت استفاده از دوربین غیرمتریک، پارامترهای کالیبراسیون می‌بایست از گزارش مثلث‌بندی استخراج گردد.

- کنترل دقت و صحت پارامترهای توجیه خارجی تصاویر

برای این منظور کنترل‌های زیر می‌بایست انجام گیرد:

- نبود پارالاکس به اندازه بیش از یک چهارم GSD در سطح مدل‌ها
- نبود اختلاف ارتفاع بین مدل‌ها متناسب با دقت ارتفاعی نقشه و اطلاعات مکانی مورد نظر
- نبود اختلاف مسطحاتی در مرز مدل‌ها متناسب با دقت مسطحاتی نقشه و اطلاعات مکانی مورد نظر

۵-۶- آماده‌سازی نرم‌افزار و ورود اطلاعات توجیه تصاویر

آماده سازی اطلاعات برای ورود به نرم‌افزار می‌بایست متناسب با نرم‌افزار مورد استفاده و پس از کنترل‌های لازم در مرحله قبل انجام گیرد. این اطلاعات شامل تصاویر هوایی، پارامترهای توجیه داخلی و خارجی دوربین(محاسبه شده در مرحله مثلث‌بندی) می‌باشد. در معرفی اطلاعات به نرم‌افزار می‌بایست از معرفی صحیح سیستم مختصات، سیستم تصویر، واحدهای اندازه گیری و ... اطمینان حاصل نمود.

۵-۷- روش‌ها و اصول تبدیل عوارض مشخص

به‌طور کلی در مرحلهٔ تبدیل تصاویر به نقشه، عوارض نقشه از مدل‌های سه‌بعدی در محدودهٔ هر مدل معتبر (با رعایت نسبت باز به ارتفاع مجاز)، استخراج شده و در فایل‌های سه‌بعدی با رعایت مولفه های X,Y,Z براساس دستورالعمل‌های مربوطه ذخیره می‌شوند. عوارض می‌بایست در محل اتصال به یکدیگر از نظر هندسی، منطبق[۲۶] شوند.

۵-۷-۱- ارتباط منطقی عوارض

عوارض برداشت شده باید با هم دارای ارتباط منطقی باشند. به‌عنوان مثال آبرو در محل تلاقی با منحنی میزان نمی‌تواند اختلاف ارتفاعی خارج از حد مجاز داشته باشد. همچنین عبور جاده اصلی از رودخانه، بدون پل غیرمنطقی است.

در ادامه اصول کلی تبدیل عوارض به تفکیک انواع اصلی آن بیان شده است.

omoorepeyman.ir

[۲۶] snap

۵-۷-۲- عوارض نقطه‌ای

- **عوارض نقطه‌ای ساده**: این عوارض با استفاده از نماد از پیش طراحی شده و با مقیاس و جهت از پیش تعیین‌شده نمایش داده می‌شوند. برای تبدیل این نوع عوارض، نقطهٔ شناور از نظر ارتفاعی و مسطحاتی بر مرکز عارضه مماس شده و فقط یک نقطه به‌عنوان مختصات آن و بسته به نوع عارضه بر رو یا پای آن ثبت می‌گردد.
- **نقاط ارتفاعی:** در مناطقی که فاقد اطلاعات ارتفاعی می‌باشند با مساحت حدود نه سانتیمتر مربع در مقیاس نقشه و یا فاصله بیست تا سی برابر GSD، می‌بایست حداقل یک نقطه ارتفاعی برداشت شود.
  - در امتداد معابر درون شهری به فاصله هر چهار سانتیمتر در مقیاس نقشه یا چهارصد برابر GSD می‌بایست یک نقطه ارتفاعی برداشت گردد.
  - برداشت نقاط ارتفاعی روی قله‌ها، گردنه‌ها، خاکریزها، بریدگی‌ها (ترانشه‌ها)، پیرامون صخره‌ها و بر روی پل روی تقاطع‌های غیرهم‌سطح و ... طبق دستورالعمل‌های مربوطه الزامی است. این نقاط با مماس کردن نقطهٔ شناور بر روی زمین در نقطهٔ مورد نظر برداشت می‌شوند.

۵-۷-۳-عوارض خطی

الف) اصول کلی

- اصل جریان آب

عوارض خطی آبی که دارای شیب می‌باشند باید در جهت جریان آب تبدیل شوند.

- اصل شبکه و اتصال

تمام خطوط مربوط به عوارض همسان یا غیرهمسان (عوارض خطی یا محدودهٔ عوارض سطحی) باید در محل اتصال به یکدیگر از نظر هندسی منطبق شوند. بدیهی است در صورتی که عوارض در محل تلاقی دارای ارتفاع یکسان نباشند مختصات X و Y آن‌ها یکسان ولی مختصات Z آن‌ها متفاوت خواهد بود. در مورد تلاقی عوارض با منحنی میزان‌ها، بسته به نوع عارضه ممکن است در محل تلاقی، دارای ارتفاع یکسان یا ارتفاع متفاوت باشند.

- اصل پیوستگی عوارض خطی آبی

عوارض خطی آبی در محل تلاقی با سایر عوارض مانند سد، پل و ... باید به‌صورت پیوسته تبدیل شده و فقط در محل تلاقی با آن عوارض، نقطهٔ ارتفاعی روی آن عوارض برداشت گردد.

نکته: در مورد پل‌های کوچک داخل شهر که تعداد آن‌ها زیاد است نیاز به برداشت نقطه ارتفاعی نمی‌باشد.

ب) روش‌های تبدیل

- عوارض خطی با شکل هندسی مشخص

این عوارض عمدتاً به صورت خطوط با شکستگی‌های مشخص (مانند جاده‌ها) یا خطوط منظم قابل تقریب با خطوط شکسته هستند. در تبدیل این عوارض، نقطهٔ شناور در تمامی محل شکستگی‌ها بر محور عارضه مماس

omoorepeyman.ir

شده و مختصات آن‌ها ثبت می‌شود. محل نقاط در محور عارضه باید به‌صورتی انتخاب شود که با توجه به مقیاس مربوطه، شکل هندسی عارضه به درستی نمایش داده شود.

- عوارض خطی با شکل هندسی نامشخص

این عوارض فاقد شکل منظم هندسی هستند. نحوهٔ تبدیل این عوارض به‌صورتی است که نقطهٔ شناور به صورت ممتد و با سرعتی مناسب (متناسب با مقیاس) مماس بر عارضه حرکت کرده و نقاط لازم با استفاده از امکانات نرم‌افزار مورد استفاده به‌صورت خودکار برداشت می‌شود. در این مورد، تنظیمات لازم برای برداشت نقاط با توجه به فاصله، زمان، زاویه و مساحت بر اساس مقیاس مورد نظر انجام می‌گیرد. محل نقاط در محور عارضه باید به‌صورتی انتخاب شود که با توجه به مقیاس مربوط، شکل هندسی عارضه به درستی نمایش داده شود.

نکته: ترسیم این عوارض با عناصر کمان و منحنی مجاز نیست.

- عوارض خطی عریض

در مواردی که عرض عارضهٔ خطی بیشتر از نیم میلی‌متر در مقیاس نقشه یا ده GSD باشد، دو طرف عارضه با مشخصات مربوطه تبدیل می‌شود. در صورت تعدد این عوارض در فاصلهٔ نزدیک و وجود امکان اشتباه در تشخیص داخل و خارج عارضه، متن توصیفی مناسب باید در داخل عارضهٔ خطی عریض قرار گیرد.

- خط ساحلی

در تبدیل خطوط ساحلی، باید خط داغی آب (نشان دهندهٔ بالاترین سطح آب) به عنوان خط ساحلی تبدیل گردد (نه سطح آب در زمان تصویربرداری هوایی). در صورت عدم مشاهدهٔ داغی آب بر روی زمین، سطح موجود آب به عنوان بالاترین سطح، تبدیل می‌شود.

نکته: این عارضه شامل خط ساحلی دریا، دریاچه و سایر پهنه‌های آبی و در مورد عوارض خطی، خط ساحلی اطراف رودخانه می‌باشد.

- منحنی تراز

منحنی‌های تراز یا میزان، با تنظیم ارتفاع مورد نظر و ثابت ماندن آن و مماس کردن نقطهٔ شناور روی زمین و حرکت آن روی زمین با رعایت موارد عنوان شده در مورد «عوارض خطی با شکل هندسی نامشخص»، تبدیل می‌شوند.

تبدیل منحنی‌های تراز باید از بالاترین ارتفاع و حتی‌الامکان از یک جهت انجام شود. منحنی‌های تراز باید به صورت یک‌پارچه در محدودهٔ مدل تبدیل شوند. این عوارض نباید به هیچ وجه با هم تلاقی داشته داشته یا به دلیل ارتباط منطقی عوارض، بیش از یک بار عوارض خطی آبی مانند نهر، رود، مسیل و ... را قطع نمایند. از هر پنج منحنی تراز با مبدأ صفر، یکی به عنوان منحنی تراز شاخص با مشخصات گرافیکی قابل تفکیک از سایر منحنی‌ها تبدیل می‌شود. در صورتی که فاصلهٔ دو منحنی تراز شاخص متوالی کمتر از پنج میلی‌متر در مقیاس نقشه یا صد برابر GSD باشد، منحنی‌های تراز اصلی مابین این دو منحنی شاخص نباید ترسیم شوند.

نکات مهم در ترسیم منحنی میزان به شرح ذیل می‌باشد:

omoorepeyman.ir

- در مناطقی که عوارض قابل ملاحظه ارتفاعی با ارتفاع کمتر از فاصله منحنی تراز وجود دارد این عوارض باید با خطوط تراز واسطه نمایش داده شوند.
- در صورت عدم دید مناسب زمین به دلیل سایه، ابر، پوشش گیاهی و ... منحنی‌های تراز باید به صورت تقریبی و با مشخصات گرافیکی مربوطه و بر روی ارتفاع تقریبی سطح زمین ترسیم گردند.
- منحنی‌های میزان نباید از داخل عوارض مصنوعی مانند ساختمان‌ها، جاده‌ها، خیابان‌ها و سایر عوارض مشابه عبور نمایند.
- در ترسیم منحنی میزان در خط‌القعرها در صورتی که آبریز یا سایر عوارض آبی مشهود باشد ترسیم خواهند شد.
- در محل تلاقی منحنی میزان‌ها با عوارض آبی اختلاف ارتفاع بین دوعارضه بایستی صفر ویا در محدوده دقت ارتفاعی (یک سوم فاصله منحنی تراز قابل حصول از نقشه) باشد.
- در خصوص ترسیم منحنی‌میزان در جنگل‌ها در صورتی که سطح زمین قابل رویت باشد به تبعیت از منحنی میزان‌های سطوح قابل رویت و اطراف حد جنگل، منحنی تقریبی در ارتفاع تقریبی سطح زمین تبدیل می‌شود.
- در مناطق جنگلی متراکم وسیع، مدل رقومی ارتفاعی را از ابر نقطه حاصل از تناظریابی تصاویر تولید نموده و مدل رقومی ارتفاعی به میزان ارتفاع متوسط پوشش گیاهی، انتقال داده شده و خطوط تراز تقریبی استخراج شود.
- آبریز در جایی که منحنی تقریبی آورده شده، تبدیل نمی‌شود. بدیهی است قرائت نقطه در جایی که منحنی تقریبی ترسیم می‌شود لازم نیست.

نکته: علاوه بر امکان ترسیم خطوط تراز در محیط سه‌بعدی توسط عامل تبدیل، استخراج آن‌ها از مدل رقومی زمین نیز با شرایط زیر مجاز می‌باشد:

- مدل رقومی ارتفاعی از نظر کیفیت و دقت تائید شده باشد(بر اساس دستورالعمل ۱۱۹-۶)،
- عوارض سطح زمین مانند ساختمان‌ها، پوشش گیاهی و ... از مدل رقومی ارتفاعی حذف شده باشند،
- توپوگرافی زمین به صورت کامل در مدل رقومی زمین ثبت شده باشد. برای مثال خط‌القعرها، خط‌الراس‌ها، مسیرهای آبی (نهر یا جوی، رود، مسیل، کانال، زه‌کش) و خطوط شکست به‌دقت نمایش داده شده باشد.
- نرم‌افزار مورد استفاده برای ترسیم خطوط تراز امکان تولید خطوط تراز با دقت کافی و همچنین تولید خطوط تراز با رعایت اصول کارتوگرافی را دارا باشد.

نکته: پس از استخراج خطوط تراز از مدل رقومی ارتفاعی، کنترل خطوط تراز به روش برجسته‌بینی سه‌بعدی، مقایسه با نقاط کنترل موجود از منطقه، سازگاری منطقی خطوط تراز ترسیم شده و ... انجام شود.

omoorepeyman.ir

۴-۷-۵-عوارض سطحی

الف) اصول کلی

- اصل بسته بودن عوارض سطحی

تمامی عوارض سطحی مانند ساختمان‌ها، بلوک‌های ساختمانی، مخازن، مناطق زراعی، جنگل‌ها و ... باید با رعایت اصول مندرج در این بند به صورت سطح بسته تبدیل شوند. در برخی موارد، این سطوح با عوارض خطی یا سطحی دیگر بسته می‌شوند. در مورد تبدیل ساختمان‌ها و طبقات مختلف آن‌ها، لزومی به ترسیم شکل به‌صورت پیوسته نبوده ولی باید عوارض به شکلی مناسب ترسیم و انطباق دو بعدی و سه‌بعدی آن‌ها انجام شود که در مراحل بعدی امکان تولید ساختمان‌ها و طبقات آن‌ها به صورت شکل بسته یکپارچه وجود داشته باشد.

درصورتی که بخشی یا تمام محدودهٔ عارضه‌ای سطحی توسط عوارض خطی یا سطحی دیگر تشکیل شده باشد، در مرحلهٔ تبدیل فقط به قراردادن متن توصیفی در داخل محدودهٔ عارضه اکتفا شده و در مرحلهٔ ویرایش با کپی کردن قسمت‌های مربوط از آن عوارض با همان ارتفاع تبدیل شده، عارضهٔ سطحی به‌صورت بسته تشکیل می‌شود.

نکته: چنانچه عارضه سطحی صرفا با یک نوع حد مشخص می‌شود و با سایر عوارض ارتباط توپولوژی نداشته‌باشد، عارضه به شکل یک‌پارچه و با همان مشخصات ترسیم می‌شود.

درصورت وجود مناطق عاری از عارضه در داخل یک عارضهٔ سطحی (مانند نواحی عاری از پوشش گیاهی در مناطق جنگلی)، سطوح مربوطه با مشخصات عارضهٔ سطحی اصلی برداشت شده و در داخل آن‌ها متن مناسب برای اطلاع از نبود عارضه قرار می‌گیرد.

درصورت وجود محدوده‌های با مشخصات مختلف در داخل هم، محدوده‌های داخلی با رعایت ترسیم اولویت عوارض که در دستورالعمل‌های مربوط به مقیاس تهیه نقشه آورده شده است ترسیم می‌شود.

ب) روش‌های تبدیل

- عوارض سطحی با شکل هندسی مشخص

این عوارض مانند ساختمان‌های منفرد و بلوک‌های ساختمانی دارای شکل هندسی منظم بوده و محدودهٔ آن‌ها با خطوطی دارای شکستگی‌های محدود قابل برداشت است. تبدیل محدودهٔ این نوع عوارض نیز از قواعد ترسیم عوارض خطی با شکل هندسی مشخص تبعیت می‌کند.

- عوارض سطحی با شکل هندسی نامشخص

محدودهٔ این نوع عوارض سطحی فاقد شکل منظم هندسی بوده و تقریب آن با تعداد نقاط زیادی امکان‌پذیر است.

omoorepeyman.ir

۵-۸- ویرایش نقشه‌های تبدیلی و آماده سازی برای ورود به پایگاه داده مکانی

با توجه به دستورالعمل مورد استفاده، ابزار موجود و نحوۀ برداشت عوارض در مرحلۀ تبدیل عکس به نقشه، تصحیحاتی برروی نقشه های ترسیم شده و اطلاعات جمع‌آوری شده مورد نیاز می‌باشد. این تصحیحات موجب می‌گردد داده‌های تولیدی با حفظ دقت هندسی، بیشترین شباهت را با ساختار داده مورد انتظار کاربران داشته باشند. تصحیحات مورد نظر به‌همراه کنترل نقشه‌های تبدیل شده در مرحلۀ جداگانه‌ای بلافاصله پس از مرحلۀ تبدیل و استخراج عوارض، تحت عنوان ویرایش نقشه‌های تبدیلی انجام می‌گیرد. علاوه بر این به‌منظور آماده‌سازی اطلاعات جهت ورود به پایگاه داده مکانی می‌بایست عملیات GIS Ready انجام گیرد.

عملیات آماده‌سازی برای ورود به پایگاه داده مکانی شامل انطباق مدل داده اطلاعات مکانی جمع آوری شده با محصول نهایی از نظر ساختار داده و خصوصیات توصیفی می باشد.

۵-۸-۱- انطباق ساختار داده

در آماده‌سازی داده‌ها جهت ورود به پایگاه داده مکانی، عوارض را می‌توان با توجه به مقیاس تهیه و شکل هندسی آن‌ها مطابق دستورالعمل‌های تهیه نقشه تقسیم‌بندی کرد. بر اساس ماهیت کلی، عوارض از نظر برداشت هندسی هنگام تهیه نقشه به سه دسته نقطه‌ای، خطی و سطحی (و متن) تفکیک می‌شوند. بسته به نرم‌افزار مورد استفاده، دسته‌بندی‌های فیزیکی جزئی‌تری نیز برای هر عارضه می توان درنظرگرفت. به‌طور نمونه نقطه ارتفاعی از ترکیب دو المان متن و cell برای محل فیزیکی قرائت نقطه تشکیل شده است، که در مرحله تبدیل به‌منظور سادگی این عارضه، ممکن است با ساختاری متفاوت استخراج گردد. در نهایت بعد از تکمیل فرآیند ویرایش و سامان‌دهی در هر لایه اطلاعاتی، عوارض صرفا منطبق با ساختار داده پیش‌بینی شده وجود خواهند داشت.

۵-۸-۲- انطباق خصوصیات توصیفی

در نقشه‌ها علاوه بر اطلاعات هندسی بخشی از اطلاعات هر عارضه در قالب نمادها نمایش داده می شوند. اگر به هر دلیلی در زمان استخراج و تولید اطلاعات درمرحله تبدیل (یا هر روش استخراج اطلاعات مجاز تعریف شده در این دستورالعمل) از نمادهای متفاوتی استفاده شده باشد، ضروری است این اطلاعات در مرحله ویرایش و سامان‌دهی، مطابق دستورالعمل مربوطه تصحیح گردد.

از آن‌جا که نقشه تولید شده ترکیب المان‌های مختلف در کنار یکدیگر می باشد، ضمن رعایت انطباق هندسی و توصیفی هر المان، لازم است ارتباط مکانی این المان‌ها نیز به شکل صحیح بوده و این موضوع در فرآیند ویرایش و سامان‌دهی، کنترل و درصورت نیاز اصلاح شود.

omoorepeyman.ir

۳-۸-۵- نکات مهم در ویرایش نقشه‌های تبدیلی

- ترسیمات اضافی در فایل‌ها موجود نباشد.
- عوارض سطحی و خطی ترسیم شده فاقد نقاط اضافی و غیر ضروری براساس دستورالمعل مقیاس تهیه نقشه مربوطه باشند.
- فایل‌ها از نظر ساختار داخلی صحیح و فاقد بخش یا المان زاید باشند.
- در مرحلهٔ ویرایش نقشه‌های تبدیلی، هیچ‌گونه ترسیم عوارض یا اضافه نمودن اطلاعات هندسی به نقشه‌ها مجاز نیست. عملیات مجاز در حین مرحلهٔ ویرایش عبارتند از: تغییر و اصلاح مشخصات گرافیکی، کپی نمودن تمام یا قسمتی از عوارض مشترک به‌منظور تکمیل عوارض نیمه تمام، جابجایی نقاط مختصات دار در حد دقت نقشه‌ها به‌منظور رفع نواقص و حذف نقاط یا خطوط اضافی.

۴-۸-۵- الزامات کیفی

نقشه‌های تبدیلی پس از انجام ویرایش و GIS Ready باید دارای مشخصات زیر باشند:

- عوارض ترسیم شده در فایل‌ها دارای نوع و مشخصات گرافیکی (شامل لایه، ضخامت، رنگ و ...) و کد عارضهٔ صحیح باشند.
- همهٔ عوارض سطحی در سطح پروژه به صورت شکل بسته (Polygon) باشند.
- عدد نقاط ارتفاعی با اندازه و مشخصات گرافیکی و موقعیت صحیح نسبت به محل نقاط درج شده باشند.
- هیچ عارضه‌ای به‌طور اشتباه دو یا چند بار بر روی خود ترسیم نشده باشد (عدم وجود Duplicate Element).
- ردشدگی‌ها و نرسیدگی‌ها (Over/Under Shoots) از حد مجاز تجاوز نکنند.
- وضعیت ارتفاعی عوارض ترسیم شده در سه دید متعامد (Top, Front, Left)، صحیح باشند.
- هم‌خوانی و سازگاری منطقی بین عوارض موجود در فایل‌های مختلف وجود داشته باشد.
- در محل اتصال مدل‌ها یا برگ‌های نقشهٔ مجاور، عوارض از نظر نوع، یکسان بوده و جابجایی غیر مجاز یا ناپیوستگی نداشته باشند.
- در محل اتصال عوارض خطی و یا سطحی با یکدیگر، چند ضلعی‌های خطا (Sliver Polygon) وجود نداشته باشد.
- پیوستگی برای عوارض خطی از تقاطع تا تقاطع بعدی ایجاد شده باشد.
- جداول استاندارد برای همه عوارض سطحی، خطی و نقطه‌ای ایجاد شده باشد.
- خطاهای تداخل عوارض خطی و سطحی، عوارض نقطه‌ای و سطحی حذف شده باشد.
- گره در محل تقاطع عوارض خطی ایجاد گردد.

omoorepeyman.ir

- ورود اطلاعات و تکمیل جداول اطلاعات توصیفی انجام شود.
- قوانین توپولوژی برای عوارض موجود مطابق کلاسه بندی عوارض در دستورالعمل‌های مربوطه اعمال شود.
- فراداده تکمیل گردد.
- یک‌پارچگی عوارض در سطح پروژه حفظ گردد.

در ترسیم عوارض و استخراج اطلاعات، ممکن است المان‌ها به شکل یک‌پارچه ترسیم نشده باشد و به هر دلیلی در چند مرحله مختلف ترسیم شوند. در قاعده حفظ یک‌پارچگی انتظار می‌رود در رئوس اندازه گیری شده در نقاط اتصال دقیقا بر هم منطبق باشند. این موضوع در اورلپ مدل‌های فتوگرامتری بسیار حائز اهمیت است.

- المان‌های هندسی موجود در نقشه به اشکال مختلف با یکدیگر در ارتباط هستند و لازم است در بخش‌هایی که مرتبط هستند از نظر هندسی کاملا انطباق داشته باشند. انواع انطباق‌های هندسی که باید بررسی شوند به شرح ذیل است:

- **خط و نقطه** : مانند نقاط ارتفاعی روی خاکریز. در این حالت انتظار می رود که نقطه دقیقا بر روی المان خطی واقع شده باشد. لزومی ندارد که نقطه بر روی یکی از رئوس خط باشد.
- **خط و خط** :این حالت در کل مجاز نیست.
- **خط و سطح**: در این بخش دو حالت مجاز بوده و سایر حالت‌ها غیرمجاز است.

الف: انطباق خط بر روی لبه. این وضعیت مربوط به حالتی است که عارضه سطحی با المان خطی از جنس غیر ناهماهنگ محدود شده باشد. مثلا باغی که با دیوار محدود شده باشد. در این حالت لبه عارضه سطحی دقیقا باید منطبق بر عارضه خطی باشد.

ب: اتصال خط به لبه سطح. در این حالت راس اتصال عارضه خطی باید بر روی راس یا لبه عارضه سطحی کاملا منطبق باشد. مانند اتصال دیوار به ساختمان

- **سطح با سطح** :چنانچه دو عارضه سطحی دارای لبه‌های مشترک باشند انتظار می‌رود دو لبه مذکور کاملا بر هم منطبق باشند وحالت‌های اورلپ و اسلیور و گپ بین آن‌ها وجود نداشته باشد.

نکته : انطباق عوارض به دو شکل سه‌بعدی و دو بعدی ممکن است و انتخاب نوع انطباق براساس مدل داده مقیاس نقشه مورد نظر می‌باشد.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ششم

ابر نقطه، محصولات شبکه‌ای و تصویری

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بعد از انجام محاسبات مثلث‌بندی هوایی و تعیین پارامترهای توجیه داخلی و خارجی تصاویر، امکان تولید محصولات مکانی مختلف فراهم می‌آید. در فصل ۵ به محصول اصلی فرآیند نقشه برداری هوایی یعنی نقشه بُرداری (Vector map) پرداخته شد. در این فصل به مشخصات سایر محصولات مکانی از جمله ابر نقطه سه‌بعدی متراکم، رویه یا مش، مدل رقومی ارتفاعی و نقشه تصویری قائم پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است جلد ششم دستورالعمل‌های همسان نقشه برداری (۱۱۹-۶) تحت عنوان «داده‌های شبکه‌ای و تصویری» به‌طور کامل استانداردهای مورد نیاز و الزامات فنی مربوطه در تولید محصولات مندرج در این فصل را تشریح می‌کند که ضروری است تولیدکنندگان این محصولات به آن دستورالعمل مراجعه نمایند. لذا در این فصل توضیحات کلی در خصوص محصولات مکانی شبکه‌ای تولید شده از تصاویر هوایی به روش فتوگرامتری ارائه می‌گردد.

۶-۱- ابر نقطه متراکم

ابر نقطه به مجموعه‌ای از نقاط متراکم با مختصات سه‌بعدی گفته می‌شود که از سطح خارجی یک جسم یا سطح زمین تهیه گردیده است. ابر نقطه در فتوگرامتری از تناظریابی تصاویر پوشش‌دار تهیه می‌شوند. ابر نقاط تولید شده به روش فتوگرامتری و با استفاده از تصاویر، معمولا دارای رنگ متناسب با رنگ نقاط ثبت شده در تصاویر می‌باشند.

تراکم و فواصل نقاط و همچنین دقت نقاط متناسب با وضوح هندسی و کیفیت تصاویر اخذ شده، پوشش‌های طولی و عرضی، مشخصات دوربین و تصویربرداری انجام گرفته، روش پردازش، تناظریابی و دقت تعیین پارامترهای توجیه داخلی و خارجی تصاویر و ... می‌باشند. برای الزامات فنی مربوطه به دستورالعمل ۶-۱۱۹ مراجعه شود.

۶-۱-۱- ارزیابی دقت و کیفیت ابر نقطه متراکم

تناظریابی، نقش کلیدی در دقت ابر نقاط تهیه شده دارد. کیفیت تناظریابی متاثر از وضوح هندسی تصاویر، کیفیت تصاویر، توپوگرافی منطقه و روش تناظریابی می‌باشد. کیفیت تصاویر به کیفیت سنجنده (نسبت سیگنال به نویز) وضعیت نور، شرایط جوی، کشیدگی تصویر، میزان لرزش دوربین، ... بستگی دارد. علاوه براین دقت تعیین پارامترهای توجیه خارجی و داخلی تصاویر پوشش‌های طولی و عرضی تصاویر، نسبت B/H ، ارتفاع پرواز و فاصله کانونی نیز نقش مهمی در دقت تهیه ابر نقاط دارند. تولید ابر نقطه با متوسط فاصله کمتر از نصف وضوح هندسی تصاویر فاقد اطلاعات ارزشمند بوده و صحیح نمی باشد.

دقت و کیفیت ابر نقاط تهیه شده به روش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این روش‌ها عبارتند از:

- مقایسه موقعیت اندازه گیری شده نقاط کنترل زمینی و چک بر روی ابر نقطه
  - دقت مسطحاتی: حداکثر خطای مسطحاتی ابر نقاط می‌بایست برابر نصف دقت مسطحاتی نقشه و اطلاعات مکانی مورد نظر و یا یک تا دو برابر وضوح هندسی تصاویر باشد.
  - دقت ارتفاعی: حداکثر خطای ارتفاعی ابر نقاط در مناطق زمین بدون پوشش باید برابر دقت ارتفاعی نقشه و اطلاعات مکانی مورد نظر و یا ۲ تا ۳ برابر وضوح هندسی تصاویر باشد.

omoorepeyman.ir

- بررسی سازگاری و کامل بودن ابر نقطه تولیدشده
  - کامل بودن ابر نقطه: کامل بودن ابر نقطه به میزان پوشش‌های طولی و عرضی تصاویر و هم‌چنین روش تناظریابی نرم‌افزار مورد استفاده و کیفیت تصاویر مورد استفاده در تولید ابر نقطه بستگی دارد. کمتر از ۵ درصد مناطق می‌بایست دارای تراکم نقاط پایین تر از دقت مسطحاتی نقشه و اطلاعات مکانی موردنظر باشد.
  - مقایسه ابر نقاط با عوارض ارتفاعی نقشه‌های دقیق‌تر موجود از منطقه
  - بررسی انطباق ابر نقطه با زمین از طریق کنترل آن به روش برجسته بینی در مدل های سه بعدی (Stereo Model)
  - ترسیم خطوط تراز بر اساس ارتفاع ابر نقاط و بررسی وضعیت قله ها و گودال‌های غیرواقعی
- بررسی نمایش عوارض مشخص مصنوعی و طبیعی از قبیل ساختمان‌ها، دیوارها، راه‌ها، عوارض ساخت بشر، درخت‌ها و ... بر روی ابر نقطه

۲-۱-۶- فرمت ارائه ابر نقطه

ابر نقاط به صورت متنی یا باینری به فرمت TXT و یا فرمت LAS می‌تواند حاوی رنگ نقاط استخراج شده از تصاویر و با سه رقم اعشار ذخیره و ارائه گردد. در ذخیره‌سازی ابر نقاط استفاده از روش‌های فشرده سازی بدون اتلاف، مجاز می‌باشد.

۶-۲- مدل رقومی زمین و سطح

مدل ارتفاعی رقومی (DEM)، نمایش رقومی تغییرات پستی و بلندی روی سطح مبنا می‌باشد. مدل رقومی زمین DTM و مدل رقومی سطح DSM با استفاده از ابر نقاط متراکم استخراج‌شده از تصاویر به روش فتوگرامتری تهیه می‌گردند. برای تعاریف و الزامات فنی مربوطه به دستورالعمل ۶-۱۱۹ مراجعه شود.

نکته۱: ابعاد پیکسل مدل رقومی زمین و سطح (در فرمت رستری) نمی‌بایست از وضوح هندسی تصاویر مورد استفاده کوچک‌تر باشد.

نکته۲: در مناطقی که دارای تغییر ارتفاع، شکست و تغییر شیب می‌باشد مانند خط‌الرس، خط‌القعر، ترانشه و ... استفاده از خطوط شکست (BreakLine) در تولید مدل رقومی ارتفاعی زمین به‌منظور افزایش دقت و نمایش بهتر سطح زمین ضروری است.

۱-۲-۶- ارزیابی دقت و کیفیت مدل ارتفاعی رقومی

دقت و کیفیت مدل ارتفاعی رقومی به روش تولید و میزان ویرایش‌های اعمال‌شده بستگی دارد. ارزیابی سطح دقت، سازگاری و کامل بودن مدل ارتفاعی رقومی تولیدشده می‌بایست به روش‌های ارائه شده در بند ۶-۱-۱ صورت گیرد.

omoorepeyman.ir

دقت مدل رقومی زمین و سطح نمی‌بایست از دقت ارتفاعی نقشه و اطلاعات مکانی مورد نظر کمتر باشند. برای الزامات فنی مربوطه به دستورالعمل ۶-۱۱۹ مراجعه شود.

۶-۲-۲- فرمت ارائه مدل رقومی زمین و سطح

مدل رقومی زمین و سطح با دو ساختار برداری و رستری ارائه می شوند. در ساختار رستری می‌بایست تصویری با درجات خاکستری حداقل ۳۲ بیت (نمایش ارتفاع) ارائه شود که در آن مختص اول و دوم نشان دهنده مختصات x و y و مختص سوم ارتفاع است. برای ارائه مدل رقومی به صورت برداری، موقعیت نقاط شبکه منظم (Grid)، رئوس و اضلاع مثلث‌های شبکه نامنظم مثلثی (TIN)، می‌بایست از فرمت‌های شناخته شده (متناسب با نیاز کاربر، فرمت متنی TXT و یا فرمت LAS با سه رقم اعشار) استفاده شود.

۶-۳- نقشه تصویری قائم

نقشه تصویری قائم، تصویر مختصات‌دار از زمین است که با حذف تیلت تصاویر (اعمال پارامترهای توجیه خارجی) و حذف جابجایی ناشی از اختلاف ارتفاع زمین و عوارض سطح آن تولید می‌گردد. برای تولید نقشه تصویری قائم بهره گیری از تصاویر با پوشش‌های طولی و عرضی بالا (وجود حداقل شش تصویر از هر نقطه در بیش از یک خط تصویربرداری) یا تصاویر از زوایای مختلف برای پرنمودن مناطق مرده ضروری است.

۶-۳-۱- ارزیابی دقت و کیفیت نقشه تصویری قائم

ابعاد پیکسل نقشه تصویری قائم نمی‌بایست از وضوح هندسی تصویر مورد استفاده در تولید آن کمتر باشد. دقت و کیفیت نقشه تصویری قائم ارتباط مستقیم با دقت و کیفیت مدل رقومی ارتفاعی مورد استفاده در تولید آن دارد.

روش‌های ارزیابی دقت و کیفیت نقشه تصویری قائم عبارتند از:

- مقایسه موقعیت اندازه گیری شده نقاط زمینی بر روی نقشه تصویری قائم
- مقایسه عوارض مسطحاتی نقشه‌های برداری و رستری موجود از منطقه (تهیه شده از تصاویر مورد استفاده برای تهیه نقشه تصویری قائم یا سایر نقشه‌ها که دارای دقتی معادل یا بهتر از نقشه تصویری قائم باشند).

نکته: دقت مسطحاتی کلیه عوارض نشان داده شده بر روی نقشه تصویری قائم می‌بایست معادل دقت مسطحاتی نقشه و اطلاعات مکانی مورد نظر باشد.

۶-۳-۲- فرمت ارائه نقشه تصویری قائم

فرمت ارائه نقشه‌های تصویری قائم، فرمت هایی مانند GeoTIFF ترجیحا به صورت غیرفشرده به وضوح طیفی ۸ یا ۱۶ بیتی می‌باشد. این فرمت‌ها می‌بایست قابلیت ذخیره‌سازی اطلاعات هندسی نظیر مختصات را دارا باشند. در ذخیره‌سازی نقشه تصویری قائم استفاده از روش‌های فشرده‌سازی بدون اتلاف مجاز می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۶-۴- مدل مش

مدل مش مجموعه‌ای از نقاط، لبه‌ها و سطوح است که مدلی از سطح اجسام (زمین و عوارض روی آن) را تشکیل می‌دهد. نقاط در مدل مش دارای مختصات سه‌بعدی بوده و لبه‌ها خط واصل بین دو نقطه می‌باشد، سطوح نیز مجموعه ای محاط شده توسط لبه‌هایی می‌باشند که سطح مدل سه‌بعدی را تشکیل می‌دهند. اطلاعات مدل مش در قالب سطوح شامل مثلث یا چند ضلعی و برخی موارد رنگ و بافت مدل سطوح ذخیره و نگهداری می‌شود. بعد از تولید مدل مش می‌بایست مراحل پرکردن گپ‌ها، سبک‌سازی، متراکم‌سازی و هموارسازی انجام شود.

در تولید مدل مش از خطوط شکست و ساختاری (آبریزها، مرزهای ساختمانی، مرز جاده‌ها و جوی و جدول) استفاده می‌شود و سطوح، علاوه بر ابر نقاط با استفاده از این خطوط تعیین می گردند. استفاده از مدل مش در تولید نقشه تصویری قائم موجب بهبود کیفیت تولید نقشه می‌شود

۱-۴-۶- ارزیابی کیفیت مدل مش

ارزیابی سطح دقت، سازگاری و کامل بودن مدل مش تولیدشده می‌بایست به روش‌های ارائه شده در بند ۶-۱-۱ صورت گیرد. دقت مدل مش تولیدشده می‌بایست در حد دقت نقشه و اطلاعات مکانی مورد نظر باشد.

۲-۴-۶- فرمت ارائه مدل مش

فرمت مورد استفاده در ارائه مدل مش می‌بایست از فرمت‌های متدول مانند stl، obj، mf3 و ... به‌گونه‌ای باشد که اطلاعات مرتبط با سطوح مدل سه‌بعدی را ذخیره کرده و ترجیحا قادر به ذخیره‌سازی اطلاعات بافت و رنگ مدل نیز ۰باشد.

omoorepeyman.ir

پیوست ۱:

جدول مقیاس‌ها و دقت‌های تهیه نقشه و اطلاعات مکانی

ردیف	دقت‌مسطحاتی داده موردنیاز *(m)	دقت‌ارتفاعی داده موردنیاز **(m)	مقیاس نقشه	مقیاس تصویربرداری	منحنی تراز (m)	حداقل اندازه GSD(cm)***	حداکثراندازه GSD(cm)***
۱	۷٫۵	۳,۵	۱/۲۵۰۰۰	۱/۴۰۰۰۰	۱۰	۱۲۰	۲۰۰
۲	۳	۳,۵	۱/۱۰۰۰۰	۱/۴۰۰۰۰	۱۰	۸۰	۱۲۰
۳	۳	۱,۷	۱/۱۰۰۰۰	۱/۲۰۰۰۰	۵	۶۰	۸۰
۴	۳	۰٫۸۵	۱/۱۰۰۰۰	۱/۲۰۰۰۰	۲٫۵	۴۰	۶۰
۵	۳	۰٫۸۵	۱/۱۰۰۰۰	۱/۱۷۵۰۰	۲٫۵	۳۰	۴۰
۶	۳	۱٫۷	۱/۱۰۰۰۰	۱/۱۰۰۰۰	۵	۵۰	۶۰
۷	۳	۰٫۷	۱/۱۰۰۰۰	۱/۱۰۰۰۰	۲	۳۰	۴۰
۸	۳	۰٫۳۵	۱/۱۰۰۰۰	۱/۱۰۰۰۰	۱	۱۵	۲۵
۹	۱٫۵	۱,۷	۱/۵۰۰۰	۱/۲۰۰۰۰	۵	۴۰	۵۰
۱۰	۱٫۵	۰٫۸۵	۱/۵۰۰۰	۱/۲۰۰۰۰	۲٫۵	۳۰	۴۰
۱۱	۱٫۵	۰٫۸۵	۱/۵۰۰۰	۱/۱۷۵۰۰	۲٫۵	۲۰	۳۰
۱۲	۱٫۵	۰٫۷۰	۱/۵۰۰۰	۱/۱۰۰۰۰	۲	۲۰	۲۵
۱۳	۱٫۵	۰٫۳۵	۱/۵۰۰۰	۱/۱۰۰۰۰	۱	۱۵	۲۰
۱۴	۰٫۶۰	۰٫۷۰	۱/۲۰۰۰	۱/۱۰۰۰۰	۲	۱۵	۲۰
۱۵	۰٫۶۰	۰٫۳۵	۱/۲۰۰۰	۱/۱۰۰۰۰	۱	۱۰	۱۵
۱۶	۰٫۶۰	۰٫۳۵	۱/۲۰۰۰	۱/۸۰۰۰	۱	۱۰	۱۵
۱۷	۰٫۶۰	۰٫۳۵	۱/۲۰۰۰	۱/۵۰۰۰	۱	۸	۱۰
۱۸	۰٫۶۰	۰٫۳۵	۱/۲۰۰۰	۱/۴۰۰۰	۱	۶	۸
۱۹	۰٫۳۰	۰٫۱۷	۱/۱۰۰۰	۱/۵۰۰۰	۰٫۵	۸	۱۰
۲۰	۰٫۳۰	۰٫۱۷	۱/۱۰۰۰	۱/۴۰۰۰	۰٫۵	۶	۸
۲۱	۰٫۳۰	۰٫۱۷	۱/۱۰۰۰	۱/۳۰۰۰	۰٫۵	۴	۶
۲۲	۰/۱۵	۰٫۱۷	۱/۵۰۰	۱/۴۰۰۰	۰٫۵	۴	۵
۲۳	۰/۱۵	۰٫۱۷	۱/۵۰۰	۱/۳۰۰۰	۰٫۵	۳	۴

omoorepeyman.ir

اعداد جدول فوق با فرض نرمال بودن تابع توزیع خطای مشاهدات و مطابق با سطح اطمینان ۹۰٪ می‌باشد (معادل ۰,۳ میلیمتر در مقیاس نقشه). این اعداد در سطح اطمینان ۶۸٪ معادل ۰,۲ میلیمتر در مقیاس نقشه و در سطح اطمینان ۹۹٪ معادل ۰,۵ میلیمتر در مقیاس نقشه می‌باشد.

*** در مورد تصاویر اخذ شده با دوربین‌های غیر متریک و یا دوربین‌هایی که نسبت وضوح هندسی تصویر به ابعاد زمینی پیکسل بزرگتر از یک می‌باشد، اعداد ارائه شده می‌بایست معادل وضوح هندسی تصویر (GRD) درنظرگرفته شوند.

omoorepeyman.ir

منابع و مراجع

۱- دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری، جلد اول: ژئودزی و ترازیابی نشریه شماره ۱-۱۱۹، معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی شماره ۱۰۰/۹۳۶۱ مورخ ۱۳۸۶/۱/۲۹

۲- دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری، جلد دوم: نقشه‌برداری هوایی (کلیات) نشریه شماره ۲-۱۱۹، معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی شماره ۱۰۰/۹۳۶۰ مورخ ۱۳۸۶/۱/۲۹

۳- دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری، جلد ششم: داده‌ای شبکه‌ای و تصویری نشریه شماره ۶-۱۱۹، معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی شماره ۱۰۰/۹۳۶۳ مورخ ۱۳۸۶/۱/۲۹

۴- دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری، جلد نهم: تهیه نقشه و اطلاعات مکانی به روش فتوگرامتری پهپاد نشریه شماره ۹-۱۱۹، معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی شماره ۱۴۰۰/۶۲۰۲۳۱ مورخ ۱۴۰۰/۱۲/۰۲

۵- مجموعه دستورالعمل‌های تصویربرداری هوایی با استفاده از دوربین هوایی متریک UltraCam-XP–جلد ۱ طراحی پرواز-۱۳۹۹- سازمان نقشه‌برداری کشور

۶- مجموعه دستورالعمل‌های تصویربرداری هوایی با استفاده از دوربین هوایی متریک UltraCam-XP–جلد ۲ سکوهای پرنده و عملیات تصویربرداری و سیستم‌های ناوبری و سنجنده‌های هوایی-۱۳۹۹- سازمان نقشه‌برداری کشور

۷- مجموعه دستورالعمل‌های تصویربرداری هوایی با استفاده از دوربین هوایی متریک UltraCam-XP–جلد ۳ پردازش تصاویر دوربین‌های رقومی-۱۳۹۹- سازمان نقشه‌برداری کشور

۸- مجموعه دستورالعمل‌های تصویربرداری هوایی با استفاده از دوربین هوایی متریک UltraCam-XP–جلد ۴ روش‌های پردازش داده‌های GPS/IMU - پروژه‌های تصویربرداری-۱۳۹۹- سازمان نقشه‌برداری کشور

۹- مجموعه دستورالعمل‌های تصویربرداری هوایی با استفاده از دوربین هوایی متریک UltraCam-XP–جلد ۵ تهیه اندکس طراحی پرواز -۱۳۹۹- سازمان نقشه‌برداری کشور

۱۰-استاندارد و دستورالعمل تهیه نقشه‌های رقومی مقیاس ۱:۵۰۰، ۱:۱۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰ به روش فتوگرامتری، نگارش ۳، کمیته استانداردهای اطلاعات توپوگرافی رقومی، سازمان نقشه‌برداری کشور

۱۱-مجموعه دستورالعمل‌های کاری تبدیل رقومی عوارض فتوگرامتری و ویرایش فایل‌های گرافیکی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نگارش ۱/۱، مدیریت نقشه‌برداری هوایی، سازمان نقشه‌برداری کشور، سال ۱۳۷۶

۱۲-دستورالعمل آماده سازی داده‌های مکانی ۱:۲۰۰۰ برای تشکیل پایگاه داده‌های توپوگرافی (TDBنگارش ۱ شهریور ۸۷)- سازمان نقشه‌برداری کشور

13- Advances in Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Analysis, (2019), Matt Weilberg, CALLISTO REFERENCE Press.

14- Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology, (2004), Li, Z, C. Zhu and C. Gold, CRC Press.

15- Introduction to Modern Photogrammetry, (2001), E.M. Mikhail, J.C. McGlone.

16- Manual of Photogrammetry, (2004), McGlone, J. C, E. M. Mikhail, J. S. Bethel, A. S. f. Photogrammetry, R. Sensing and R. Mullen, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.

17- Adjustment Computations: Spatial Data Analysis, (2017), Ghilani, C. D. and Wolf, P. R 6th Edition, Wiley, ISBN 978-1-119-38598-1.

18- Close-range Photogrammetry and 3D Imaging, (2013), Luhmann, T., S. Robson, S. Kyle and J. Boehm De Gruyter.

19- Close Range Photogrammetry and Machine Vision, (2001), Atkinson, K. B. Whittles.

omoorepeyman.ir

20- An invitation to 3D vision: from images to geometric models, (2012), Ma, Y., Soatto, S., Kosecka, J., & Sastry, S. S., Vol. 26, Springer Science & Business Media.
21- Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems, (2013), Groves, P. D. Second Edition, Artech House.
22- Photogrammetric Image Analysis, (2011), Stilla, U., F. Rottensteiner, et al., ISPRS Conference, Munich, Germany, October 5-7, 2011. Proceedings, Springer Berlin Heidelberg.
23- General Specification for Mapping, Alberta (Canada) Sustainable Resource Development, Public Land Division, 2002
24- Specifications for Aerial Photography, Province of British Colombia (Canada), Ministry of Environment, Lands and Parks, 1999
25- Photogrammetric Guide, Prof.Dr.-Ing. Jorg Albertz and Dr.-Ing. Walter Kreiling, Wichmann Publication, 1989
26- Specifications for Aerial Triangulation, Release 2.0 Province of British Columbia,Ministry of Environment Lands and Parks , May 1998
27- Ph.D. Thesis : General Adjustment Program (GAP)-By: Dr. H. Ebadi
28- PATB-GPS & PATM-GPS (Reference Manual)
29- Ph.D. Thesis : Empirical Evaluation of Airborne GPS-Photogrammetry in a Commercial Environment-By: Peter Kuntu-Mensah

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر هشتصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یادشده تهیه‌شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **nezamfanni.ir** قابل دست‌یابی می‌باشد.

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Photogrammetry (General)

Code: 119-2

(Second revision)

Last Edition: 06-11-2025

Deputy of Technical and Infrastructure Development Affairs

Department of Technical and Executive Affairs

nezamfanni.ir

National Cartographic Center Of IRAN

Department of Technical Supervision and Control

Website (http://www.ncc.gov.ir)

2025

omoorepeyman.ir

این دستورالعمل

با عنوان «دستورالعمل همسان نقشه‌برداری» جلد دوم نقشه‌برداری هوایی (کلیات) در قالب ۶ فصل به بیان کلی عملیاتی که منجر به تهیهٔ انواع اطلاعات و نقشه‌ها از تصاویر هوایی می‌شود می پردازد.

جزئیات وابسته به مقیاس نقشه، دقت اطلاعات مکانی مورد نیاز، تولید مدل رقومی زمین و نقشه‌های تصویری قائم و مدل‌های سه‌بعدی در دستورالعمل‌های مربوطه ارائه می‌شود.

omoorepeyman.ir