دستور کار آموزشی فتوگرامتری تحلیلی

با مقدمه‌ای بر فتوگرامتری پهپاد

انتشارات دانشگاه اصفهان

دکتر مهدی مومنی
دکتر ایمان خسروی
علی نوری اصفهانی

گروه مهندسی نقشه‌برداری
دانشکدهٔ مهندسی عمران و حمل‌ونقل، دانشگاه اصفهان

انتشارات دانشگاه اصفهان

سرشناسه : مومنی، مهدی، ۱۳۵۳
عنوان و نام پدیدآور : دستور کار آموزشی فتوگرامتری تحلیلی: با مقدمه‌ای بر فتوگرامتری پهپاد/ تدوین و گردآوری مهدی مومنی، ایمان خسروی، علی نوری‌اصفهانی ؛ ویراستار ادبی زهره طاهری‌اندانی
مشخصات نشر : اصفهان: دانشگاه اصفهان، ۱۴۰۳
مشخصات ظاهری : ۲٦٤ص.
فروست : انتشارات دانشگاه اصفهان؛ ۷۷۲.
شابک : 978-600-110-240-0
وضعیت فهرست‌نویسی : فیپا
یادداشت : ص. ع. به انگلیسی
Analytical Photogrammetry Educational Agenda: With an Introduction to UAV Photogrammetry
موضوع : پهپاد
Drone aircraft
فتوگرامتری هوایی
Aerial photogrammetry
شناسه افزوده : خسروی، ایمان، ۱۳۶۶ -
شناسه افزوده : نوری اصفهانی، علی، ۱۳۸۰-
شناسه افزوده : دانشگاه اصفهان
شناسه افزوده : University of Isfahan
رده بندی کنگره : UG ۱۲۴۲
رده بندی دیوئی : ۶۲۳/۷۴۶۹
شماره کتابشناسی ملی : ۹۹۳۱۱۴۲

عنوان کتاب: دستور کار آموزشی فتوگرامتری تحلیلی: با مقدمه‌ای بر فتوگرامتری پهپاد
تدوین و گردآوری: مهدی مومنی، ایمان خسروی، علی نوری اصفهانی
ویراستار ادبی: زهره طاهری اندانی
ناشر: دانشگاه اصفهان
نوبت چاپ: اول، زمستان ۱۴۰۳
شمارگان: ۱۰۰۰
ناظر فنی: رضا نیکبخت
چاپ و صحافی: دانشگاه اصفهان
قیمت: ۲/۵۰۰/۰۰۰ ریال

تمامی حقوق نشر برای ناشر محفوظ است

مراکز فروش کتاب
اصفهان: دانشگاه اصفهان، چاپخانه دانشگاه، تلفن: ۰۳۱-۳۷۹۳۲۱۸۵ و ۰۳۱-۳۷۹۳۲۰۹۲
پُست الکترونیکی: press@res.ui.ac.ir فروش الکترونیکی کتاب: https://press.ui.ac.ir
- میدان آزادی، خیابان دانشگاه، فروشگاه کتاب دانشگاه اصفهان تلفن: ۰۳۱-۳۷۹۳۲۰۶۸
تهران: میدان انقلاب، خیابان شهید لبافی‌نژاد، بین ۱۲ فروردین و اردیبهشت، پلاک ۲۳۸
مؤسسه کتابیران، مرکز پخش کتاب‌های دانشگاهی، تلفن: ٦٦٤٩٤٤٠٩ - ۰۲۱ و ٦٦٤١١١٧٣ - ۰۲۱

پیش‌گفتار

سرآغاز هر نامه، نام خداست
که بی‌نام او، نامه یکسر خطاست

هدف از تألیف این کتاب، ارائهٔ دستورکارهای آموزشی فتوگرامتری تحلیلی و سپس، ارائهٔ مقدمه‌ای بر استفاده از پهپاد در فتوگرامتری است. این دستورکارها در طی سالیان گذشته تدوین و اجرا شده‌اند و محتوای فتوگرامتری تحلیلی را برای آزمایشگاه عملی این درس ارائه می‌کنند. این هدف سپس با طرح فهرستی از گسترهٔ مفاهیم در حوزهٔ مبانی کار با پهپادهای فتوگرامتری دنبال می‌شود. ارائهٔ این محتوا با نگاهی آموزشی - اجرایی، طوری که فهم مطالب را آسان کند، در تمام کتاب مدنظر مؤلفان بوده است.

برای تدوین مطالب کتاب، از محتوای درسی کلاس‌های فتوگرامتری دانشگاه اصفهان با تجربهٔ چندسالهٔ تدریس استفاده شده است. بر اساس آن تجربه‌ها، سعی شده است تا برای فهم بهتر مبانی نظری و عملی، تدریس مطالب از پایه و قدم به قدم باشد و هر مطلب، همراه با تمرین و دستورکار ارائه شود. تدوین پیوست‌هایی برای آشنایی و آموزش اولیهٔ نرم‌افزارها و راهنمایی برای آشنایی مقدماتی با پهپاد نیز بر اساس همین تجربه بوده است. اگرچه بر مباحث پایه (برای مثال، در بحث تبدیل مختصات) و پس‌زمینه‌های نظری فتوگرامتری تأکید شده است، پرهیز از غوطه‌ور شدن در پیچ‌وخم‌های محاسباتی فتوگرامتری (به ویژه محاسباتی که معمولاً به فرآیندهای خودکار نرم‌افزاری محول می‌شوند) در کل کتاب مدنظر قرار گرفته است. بنابراین، کتاب حاضر ابتدا آشنایی عمومی با مبانی فتوگرامتری تحلیلی را فراهم می‌کند و سپس، این آشنایی با مهارت‌ورزی‌هایی متنوع در حوزهٔ مبانی و همچنین، در مقدمات استفاده از پهپاد همراه می‌شود.

پیش‌نیاز مطالب این کتاب شامل مفاهیم سرشکنی کمترین مربعات، تئوری خطاها، مبانی فتوگرامتری و نقشه‌برداری (تفسیر عکس‌های هوایی و ترسیم نقشه از عکس و نرم‌افزارهای مربوط)، مبانی فیزیک نور و تئوری عملکرد دوربین‌های عکاسی است. این کتاب با در نظر گرفتن سرفصل درسی دورهٔ کارشناسی مهندسی نقشه‌برداری، برای درس‌های فتوگرامتری تحلیلی و رقومی مناسب است. بر اساس این، مخاطبان این کتاب دانشجویان رشته‌های مختلف علوم زمین هستند که مبانی مقدماتی نقشه‌برداری را فرا گرفته‌اند و آمادهٔ یادگیری مقدمات فتوگرامتری به صورت عملیاتی (با دستورکار) به همراه مبانی و مفاهیم اجرایی پهپاد هستند. همچنین، این کتاب، کتابی خودآموز برای دامنه‌ای وسیع از مخاطبان است که با کمک آن می‌توانند پس از خودآموزی

انتشارات دانشگاه اصفهان

مقدمات فتوگرامتری، با شرکت در کارگاه‌های آموزشی پهپاد، این ابزار را آموزش ببینند. از این رو، مطالعه و استفاده از این کتاب به مدرسان درس نظری دانشگاهی، دانشجویان حوزهٔ علوم زمین به ویژه مهندسی نقشه‌برداری، مدرسان کارگاه‌های آموزش فتوگرامتری پهپاد و مهندسان کاربر پهپاد پیشنهاد می‌شود. به عبارت دیگر، مخاطب پس از خواندن این کتاب، از شرکت در کارگاه‌های تخصصی و تمرین با پهپاد واقعی بیشتر استفاده خواهد برد.

البته لازم است تأکید کنیم محتوای این کتاب مباحث مقدماتی فتوگرامتری تحلیلی و آشنایی با فتوگرامتری پهپاد بوده است و بنابراین، محتوای این کتاب خواننده را از مطالعهٔ مباحث نظری و عملی مثلث‌بندی هوایی، قواعد تفسیر عکس‌های هوایی و اصول کارتوگرافی نقشه‌ها بی‌نیاز نمی‌کند. در متن کتاب، به اقتضای مباحث، مراجعی ارزشمند برای این مباحث به خوانندهٔ علاقه‌مند پیشنهاد شده‌اند تا از تکرار فشرده (و احتمالاً کم‌فایدهٔ) آن مباحث و افزایش بی‌دلیل تعداد صفحات در این کتاب خودداری شود.

در اینجا از آقای مهندس علی نوری اصفهانی، دانشجوی کارشناسی دانشگاه اصفهان، برای کمک‌های بی‌دریغشان در طول تدوین این کتاب تشکر ویژه می‌کنم. اگر عطش در طلب علم، تلاش بی‌وقفه و پایمردی امیدوارانهٔ ایشان نبود، امکان جمع‌آوری این کتاب از لابه‌لای آن جزوه‌ها و صفحات پراکنده فراهم نمی‌شد. آینده‌ای درخشان را برای او به یاری خداوند مهربان خواهم دید. از دانشجویانم در دانشگاه اصفهان که بسیاری از ایشان اکنون از مهندسان صاحب‌نام و گران‌قدر در مهندسی نقشه‌برداری هستند و در سال‌های گذشته با حضور در کلاس‌ها با پرسش‌ها و بردباری خود نسبت به تدریس و تجربه‌های من، در رشد کیفیت تدریس و تجربه‌هایم نقش بسیار داشته‌اند، متشکرم. حضور دکتر ایمان خسروی، دلگرمی‌ها و تلاش او برای بهبود محتوای علمی و متن این کتاب بسیار ارزشمند بوده است. همچنین، از داوران عزیز که با نظرات سازنده و مثبت خویش نقشی به‌سزا در بهبود و ارزشمندتر کردن این کتاب داشتند، صمیمانه سپاسگزارم. برای همهٔ ایشان آرزوی سعادت و توفیق دارم. امید دارم این کتاب شایستهٔ سرزمینمان و مردم شریفش و دانشگاهیان و مهندسان ارجمندش باشد.

از خوانندهٔ عزیز تقاضا دارم نقص‌ها و ایرادهای این کتاب را به شمارهٔ تماس ۰۹۱۳۳۰۵۸۱۷۷ یا آدرس دانشگاه اصفهان، دانشکدهٔ عمران و حمل‌ونقل، گروه مهندسی نقشه‌برداری به نویسندگان آن تذکر دهند.

دکتر مهدی مومنی
عضو هیئت علمی گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه اصفهان

انتشارات دانشگاه اصفهان

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

پیش‌گفتار .....ت
فهرست علائم اختصاری .....ف
فصل اول: مقدمه‌ای بر فتوگرامتری.....۱
۱-۱ چرا باید از فتوگرامتری استفاده کرد؟ ۲
۱-۲ ردپای فتوگرامتری در علوم مختلف ۳
۱-۳ مثال‌های عملی از کاربردهای فتوگرامتری.....٤
۱-۴ هدف و دامنهٔ این کتاب.....٦

بخش ۱. مبانی فتوگرامتری تحلیلی

فصل ۲ : مفهوم مختصات و انتقال مختصات ۹
۲-۱ سیستم مختصات.....۹
۲-۱-۱ سیستم مختصات دستگاهی - رقومی.....۱۰
۲-۱-۲ سیستم مختصات عکسی ۱۰
۲-۱-۳ سیستم مختصات مدل ۱۲
۲-۱-۴ سیستم مختصات شیء.....۱۲
۲-۱-۵ سیستم مختصات جغرافیایی ۱۲
۲-۲ تبدیل سیستم مختصات.....۱۳
۲-۲-۱ مقیاس.....۱۳
۲-۲-۲ انتقال.....۱٤
۲-۲-۳ دوران ۱٤
۲-۲-۳-۱ دوران‌های دوبعدی.....۱۵
۲-۲-۳-۲ دوران‌های سه‌بعدی.....۱۸
۲-۲-۳-۳ صورت دیگر ماتریس دوران سه‌بعدی.....۲۳
۲-۲-۴ تبدیل‌های ریاضی مختصات ۲۵

انتشارات دانشگاه اصفهان

۲-۳ تبدیل مختصات دوبعدی ۲۶
۲-۳-۱ تبدیل هم‌شکل دوبعدی ۲۶
۲-۳-۲ تبدیل افاین ۲۷
۲-۳-۳ تبدیل پروژکتیو ۲۸
۲-۳-۴ تبدیل چندجمله‌ای ۳۰
۲-۴ تمرین‌های فصل ۲ ..... ۳۲
۲-۵ دستورکارهای اجرایی فصل ۲ ..... ۳۳
فصل ۳ : توجیه داخلی و خطاهای عکسی ۳۹
۳-۱ فلسفهٔ توجیه داخلی ۳۹
۳-۲ توجیه داخلی عکس متریک ۴۱
۳-۲-۱ پالایش مختصات عکسی ۴۲
۳-۲-۱-۱ خطای کشیدگی یا تغییر بعد فیلم ۴۳
۳-۲-۱-۲ خطای جابه‌جایی نقطهٔ اصلی ۴۴
۳-۲-۱-۳ خطای اعوجاج عدسی ۴۴
۳-۲-۱-۴ خطای انکسار ۴۹
۳-۲-۱-۵ خطای انحنای زمین ۵۱
۳-۳ توجیه داخلی عکس غیرمتریک ۵۳
۳-۴ کالیبراسیون دوربین‌های متریک ۵۴
۳-۵ تمرین‌های فصل ۳ ..... ۵۷
۳-۶ دستورکارهای اجرایی فصل ۳ ..... ۵۸
فصل ۴ : توجیه خارجی ۶۱
۴-۱ مقدمه ۶۱
۴-۲ مدل فیزیکی: معادلات شرط هم‌خطی ۶۲
۴-۲-۱ فرم خطی معادلات شرط هم‌خطی ۶۵
۴-۳ ترفیع فضایی ۶۶
۴-۳-۱ مقادیر اولیهٔ مجهولات در ترفیع فضایی ۶۷
۴-۴ تقاطع فضایی ۷۰
۴-۴-۱ مقادیر اولیهٔ مجهولات در تقاطع فضایی ۷۱
۴-۵ ترفیع و تقاطع فضایی هم‌زمان ۷۱
۴-۶ خودکالیبراسیون ۷۴
۴-۶-۱ دوربین‌های فیش‌آی ۷۶
۴-۷ مدل ریاضی: معادلات تبدیل خطی مستقیم (DLT) ۷۸
۴-۷-۱ ترفیع فضایی با DLT ۷۹

انتشارات دانشگاه اصفهان

۴-۷-۲ تقاطع فضایی با DLT ۷۹
۴-۸ مدل ریاضی: معادلات ضرایب چندجمله‌ای گویا (RPC) ۸۰
۴-۹ توجیه نسبی ۸۱
۴-۹-۱ توجیه نسبی با استفاده از معادلات شرط هم‌خطی ۸۴
۴-۹-۲ توجیه نسبی با استفاده از معادلات شرط هم‌صفحه‌ای ۸۵
۴-۱۰ توجیه مطلق ۸۹
۴-۱۰-۱ توجیه مطلق هفت‌پارامتری ۹۱
۴-۱۰-۲ توجیه مطلق دومرحله‌ای ۹۲
۴-۱۱ معرفی مثلث‌بندی هوایی ۹۳
۴-۱۲ تمرین‌های فصل ۴ ..... ۹۵
۴-۱۳ دستور کارهای اجرایی فصل ۴ ..... ۹۶

بخش ۲. گردش کار فتوگرامتری پهپاد

فصل ۵ : مبانی فتوگرامتری با پهپاد ۱۰۱
۵-۱ فتوگرامتری با پهپاد ۱۰۱
۵-۱-۱ اصول ایمنی پرواز ۱۰۲
۵-۱-۱-۱ اصول ایمنی قبل از پرواز ۱۰۲
۵-۱-۱-۲ اصول ایمنی هنگام پرواز ۱۰۳
۵-۱-۲ عوامل اختلال پرواز ۱۰۴
۵-۱-۲-۱ تغییر زاویهٔ دوربین ۱۰۵
۵-۱-۲-۲ از دست رفتن سیگنال GPS ۱۰۵
۵-۱-۲-۳ خارج شدن پهپاد از مسیر پرواز ۱۰۵
۵-۱-۲-۴ از دست رفتن سیگنال بین خلبان و پهپاد ۱۰۵
۵-۱-۲-۵ مشکل باتری پهپاد ۱۰۶
۵-۲ طرح ساماندهی پهپادهای غیرنظامی در ایران ۱۰۷
۵-۲-۱ ثبت پهپاد و مراحل اخذ مجوز ۱۰۸
۵-۳ حریم‌های هوایی و مناطق پرواز ممنوع ۱۱۰
۵-۳-۱ کریدورهای هوایی ۱۱۳
۵-۳-۲ کریدور هوایی در نقشهٔ واسط برنامه‌نویسی کاربردی (API) ۱۱۳
۵-۴ انواع پهپاد ۱۱۴
۵-۵ تمرین‌های فصل ۵ ..... ۱۱۹
۵-۶ دستور کارهای اجرایی فصل ۵ ..... ۱۲۰
فصل ۶ : طراحی پرواز ۱۲۳
۶-۱ تعیین محدودهٔ پرواز ۱۲۳

انتشارات دانشگاه اصفهان

۶-۲ تعیین پارامترهای GRD و GSD ۱۲۳
۶-۳ تعیین میزان پوشش‌های عرضی و طولی ۱۲۵
۶-۴ تعیین باز هوایی و فاصلهٔ بین باندها ۱۲۶
۶-۵ تعیین تعداد عکس‌ها و باندهای پرواز ۱۲۶
۶-۵-۱ پارامترهای مؤثر در تعداد عکس‌ها و باندهای پرواز ۱۲۷
۶-۶ طراحی اندکس پرواز ۱۲۹
۶-۷ انواع نقاط در فتوگرامتری ۱۳۱
۶-۷-۱ طراحی نقاط کنترل زمینی ۱۳۱
۶-۸ تمرین‌های فصل ۶ ..... ۱۳۳
۶-۹ دستورکارهای اجرایی فصل ۶ ..... ۱۳۶
فصل ۷: محصولات فتوگرامتری ۱۳۷
۷-۱ تفاوت عکس و نقشه ۱۳۷
۷-۲ ترمیم و ارتوفتو ۱۳۹
۷-۲-۱ نیازهای محاسباتی: برقرارن تبدیل ریاضی ۱۴۰
۷-۲-۲ درون‌یابی: پیدا کردن درجهٔ خاکستری پیکسل‌های جدید ۱۴۲
۷-۳ ملاحظات کیفیت ارتوفتو ۱۴۵
۷-۳-۱ برخی از مشکلات تصویری در تهیهٔ ارترفتو و موزائیک ۱۴۶
۷-۴ مقدمه‌ای بر تهیهٔ نقشه از عکس‌های فتوگرامتری ۱۵۱
۷-۴-۱ تهیهٔ نقشه از عکس، مسیر فتوگرامتری و مسیر SFM ۱۵۱
۷-۴-۲ مراجعی برای فهم مبانی و استانداردهای ترسیم نقشه‌های فتوگرامتری ۱۵۳
۷-۵ تمرین‌های فصل ۷ ..... ۱۵۵
۷-۶ دستورکارهای اجرایی فصل ۷ ..... ۱۵۶

بخش ۳. پیوست‌ها

پیوست الف: خودکارسازی فرآیند فتوگرامتری ۱۵۹
الف-۱ نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۵۹
الف-۲ نرم‌افزار MeshLab ۱۶۵
الف-۳ نرم‌افزار Recap ۱۶۷
پیوست ب : نرم‌افزارهای شبیه‌ساز پرواز ۱۷۷
ب-۱ نرم‌افزار Absolute RC Heli Sim ۱۷۷
ب-۲ نرم‌افزار Freerider ۱۸۰
پیوست پ : نرم‌افزارهای کمکی طراحی پرواز ۱۸۳
پ-۱ نرم‌افزار PIX4Dcapture ۱۸۳

انتشارات دانشگاه اصفهان

پ-۲ نرم‌افزار Map Pilot ۱۸۶
پ-۳ نرم‌افزار 3Dsurvey Pilot ۱۸۸
پ-۴ قرائت مختصات نقاط کنترل در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۹۰
پیوست ت: نرم‌افزارهای تولید محصولات فتوگرامتری ۱۹۷
ت-۱ انجام ترمیم با نرم‌افزار Photoshop ۱۹۷
ت-۲ ساخت ارتوفتو ۱۹۹
ت-۲-۱ ساخت ارتوفتو با نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۹۹
ت-۲-۲ ساخت ارتوفتو با نرم‌افزار Pix4Dmapper ۲۰۲
ت-۲-۳ ساخت ارتوفتو با نرم‌افزار Zephyr ۲۰۷
پیوست ث: نکاتی در رابطه با الگوریتم و برنامه‌نویسی ۲۱۳
ث-۱ مقدمه ۲۱۳
ث-۲ فراخوانی یک فایل و نوشتن (ذخیرهٔ) یک فایل ۲۱۴
ث-۳ ترسیم ۲۱۴
ث-۴ لیست‌ها ۲۱۴
ث-۵ سرشکنی کمترین مربعات ۲۱۵
ث-۶ مفهوم Overfitting در برنامه‌نویسی ۲۱۷
ث-۷ برنامهٔ قرائت مختصات ۲۱۷
پیوست ج: لیست مختصات مورد نیاز در دستورکارت ۲۱۹
پیوست چ: دستورالعمل تهیهٔ نقشه و اطلاعات مکانی با روش فتوگرامتری پهپاد ۲۲۳
پیوست ح: تبدیل مختصات در فضای همگن ۲۲۷
پیوست خ: دسترسی به نرم‌افزارهای داخل کتاب ۲۳۱
واژه‌نامهٔ تخصصی ۲۳۳
منابع و مآخذ ۲۴۱

انتشارات دانشگاه اصفهان

فهرست اشکال

شکل ۲-۱. سیستم مختصات عکس رقومی که یک سیستم مختصات رقومی و یک سیستم چپ‌گرد محسوب می‌شود..... ۱۱
شکل ۲-۲. سیستم مختصات عکسی. در این عکس، ۴ نقطهٔ حاشیه‌ای عکسی وجود دارند..... ۱۱
شکل ۲-۳. تبدیل از (الف) سیستم مختصات $x'y'$ به (ب) سیستم مختصات xy با استفاده از ضریب مقیاس ۱۳
شکل ۲-۴. تبدیل از سیستم مختصات $x'y'$ به سیستم مختصات xy با استفاده از بردار انتقال ۱۴
شکل ۲-۵. تبدیل از سیستم مختصات $x'y'$ به سیستم مختصات xy با استفاده از دوران دوبعدی ..۱۵
شکل ۲-۶. دوران یک شیء نسبت به شیء دیگر در یک سیستم مختصات واحد..... ۱۵
شکل ۲-۷. قرینهٔ تصویر حرف F نسبت به محور افقی..... ۱۷
شکل ۲-۸. دوران حرف F با زاویهٔ ۹۰ درجه..... ۱۷
شکل ۲-۹. مثالی از تبدیل سیستم مختصات راست‌گرد به سیستم مختصات چپ‌گرد. ۱۸
شکل ۲-۱۰. محور دوران یک کره (محور E) که حول مرکز خود می‌چرخد..... ۱۹
شکل ۲-۱۱. دوران ω حول محور X' (ولف و همکاران، ۲۰۱۴) ۲۰
شکل ۲-۱۲. دوران φ حول محور Y_1 (محور عمود بر صفحه و ساخته‌شده از دوران ω)..... ۲۰
شکل ۲-۱۳. دوران κ حول محور Z_2 ساخته‌شده از دوران‌های φ و ω..... ۲۱
شکل ۲-۱۴. هندسهٔ عکس‌برداری بر اساس زاویهٔ آزیموت (a)، زاویهٔ تیلت (t) و زاویهٔ سوینگ(s) ۲۴
شکل ۳-۱. هندسهٔ یک عکس هوایی و ارتباط بین عکس و شیء (زمین) ۴۰
شکل ۳-۲. نمونه‌ای از عکس همراه با شبکهٔ رزو (علامت‌های + منظم در سطح عکس که یکی از آن‌ها به صورت بزرگ‌نمایی‌شده نشان داده است) در کاربرد فتوگرامتری برد کوتاه..... ۴۱
شکل ۳-۳. انواع اعوجاج شعاعی عدسی شامل: الف) اعوجاج سبیلی‌شکل، ب) اعوجاج بالشتکی‌شکل و پ) اعوجاج بشکه‌ای‌شکل..... ۴۵
شکل ۳-۴. منحنی اعوجاج شعاعی عدسی ۴۹
شکل ۳-۵. خطای انکسار و تأثیر آن بر مختصات نقاط عکسی..... ۵۰

انتشارات دانشگاه اصفهان

شکل ۳-۶. خطای انحنا یا کرویت زمین و تأثیر آن بر مختصات نقاط عکسی.....۵۲
شکل ۳-۷. کالیبراسیون دوربین‌های متریک در آزمایشگاه توسط کلیماتورها ۵٤
شکل ۳-۸. به دست آوردن مختصات نقطهٔ اصلی طی فرآیند کالیبراسیون آزمایشگاهی دوربین متریک۵۵
شکل ۳-۹. به دست آوردن فاصلهٔ کانونی طی فرآیند کالیبراسیون آزمایشگاهی دوربین متریک ۵٦
شکل ۴-۱. هندسهٔ شرط هم‌خطی در فتوگرامتری. در لحظهٔ عکس‌برداری، سه نقطهٔ o، a و A بر روی یک خط مستقیم قرار دارند.....٦۳
شکل ۴-۲. نحوهٔ قرارگیری دوربین عکس‌برداری و شیء مدنظر.....٦۸
شکل ۴-۳. انواع نقاط کنترل در ترفیع و تقاطع فضایی هم‌زمان ۷۳
شکل ۴-۴. ترفیع و تقاطع فضایی هم‌زمان. شماره‌گذاری عکس و نقاط کنترل ۷۳
شکل ۴-۵. مفهوم صفحهٔ اپی‌پولار در فتوگرامتری.....۸۱
شکل ۴-۶. توجیه نسبی کامل دوطرفه. استفاده از عناصر دورانی ω، φ و κ هر دو عکس.....۸۳
شکل ۴-۷. توجیه نسبی کامل یک‌طرفه. ثابت ماندن عکس چپ و استفاده از عناصر دورانی b_Y، b_Z، ω، φ و κ عکس راست.....۸۳
شکل ۴-۸. توجیه مطلق در فتوگرامتری برای رسیدن از سیستم مختصات مدل به سیستم مختصات شیء (زمینی) یا جغرافیایی.....۸۹
شکل ۴-۹. گسترهٔ مفاهیم اجرایی مثلث‌بندی هوایی در فتوگرامتری. ۹٤
شکل ۵-۱الف. نقشهٔ مناطق پرواز ممنوع در ایران که در سایت map.xed.ir با بزرگ‌نمایی و راهنما قابل مشاهده است. ۱۱۱
شکل ۵-۱ب. راهنمای نقشهٔ مناطق پرواز ممنوع طبق سایت map.xed.ir ۱۱۱
شکل ۵-۲. نقشهٔ کریدورهای هوایی کشور آمریکا.....۱۱٤
شکل ۵-۳. نمونه‌ای از پهپاد چندروتوری ۱۱۵
شکل ۵-۴. نمونه‌ای از پهپاد بال‌ثابت.....۱۱۷
شکل ۵-۵. نمونه‌ای از پهپاد تلفیقی.....۱۱۹
شکل ۶-۱. الف) تارگت زیمنسب) عکس ثبت‌شده از تارگت زیمنس توسط یک پهپاد.....۱۲۵
شکل ۶-۲. تأثیر سرعت پرواز در کیفیت تصویر. هر چه سرعت پرواز بیشتر شود، کیفیت تصویر کاهش پیدا می‌کند و عکس‌ها تار می‌شوند. ۱۲۸
شکل ۶-۳. اندکس پرواز ۱۳۰
شکل ۶-۴. تارگت‌های طراحی‌شده با اشکال منظم هندسی برای نقاط کنترل. ۱۳۳
شکل ۷-۱. تفاوت بین هندسهٔ ارتوگونال نقشه (الف) و پروژکتیو عکس. ۱۳۸
شکل ۷-۲. تأثیر تیلت بر روی عکس. الف) عکس بسیار مایل، ب) عکس مایل، پ) عکس قائم۱۳۸
شکل ۷-۳. تأثیر توپوگرافی در سیستم تصویر ارتوگونال (الف) و سیستم تصویر پروژکتیو (ب) ۱۳۹

انتشارات دانشگاه اصفهان

شکل ۷-۴. لزوم رابطهٔ ریاضی برای تبدیل مختصات عکس (لوهمن و همکاران، ۲۰۱۹). ۱۴۱
شکل ۷-۵. تغییر نظم پیکسلی در تصویر خروجی حاصل از یک تصویر ورودی پس از تبدیل ریاضی ۱۴۱
شکل ۷-۶. مشکل انتقال مختصات مرکز پیکسل تصویر اولیه به نقطه‌ای غیر از مرکز پیکسل تصویر ساخته‌شده ۱۴۲
شکل ۷-۷. تابع غیرخطی سینک برای درون‌یابی دومکعبی ۱۴۴
شکل ۷-۸. گپ تصویری در ارتوفتو. الف) نواحی سیاهی دارد که مرز آن‌ها یک خط شکسته است؛ اما این خط، در واقع، لبهٔ صاف تصویر اولیه بوده است. ب) کمبود هم‌پوشانی کافی بین تصاویر اولیه باعث گپ (نوار سفید چپ به راست در وسط ارتوفتو) شده است. ۱۴۶
شکل ۷-۹. خطای هندسی ناشی از محاسبات توجیه عکس. این خطا ممکن است از خطای معرفی یا قرائت مختصات یک یا چند نقطهٔ کنترل یا کمبود ناشی از انتخاب مدل هندسی توجیه داخلی یا خارجی یا کمبود نقاط کنترل و گرهی ایجاد شده باشد. ۱۴۷
شکل ۷-۱۰. خطای هندسی ناشی از مشکل داده‌های ارتفاعی. کافی نبودن داده‌های ارتفاعی DSM می‌تواند چنین مشکلی را ایجاد کند. به شبح یا سایهٔ کاذبی که از ساختمان سوله‌ای سمت راست روی خیابان کنار آن افتاده است، توجه کنید. ۱۴۸
شکل ۷-۱۱. نمونه‌هایی از تصاویر ارتوفتو که در آن‌ها برجی بلند عکس‌برداری شده است. الف) بخشی از خیابان پشت برج (در سمت راست آن) پنهان شده است. ب) تغییر زاویهٔ دوربین می‌تواند مشکل را برای این برج حل کند، اما هنوز راه‌حلی بهتر که تمام منطقه را پوشش دهد لازم است. ۱۴۹
شکل ۷-۱۲. آشکار ماندن خط اتصال بین تصاویر اولیه در تولید ارتوفتو که به خط دوخت معروف است. آشکار ماندن این خط یک اشکال تصویری ناخوشایند است. ۱۵۰
شکل ۷-۱۳. پدیدهٔ درهم‌رفتگی تصویری هنگام ترمیم کردن یا ساختن ارتوفتو از یک عکس با تیلت زیاد. الف) تصویر اولیه؛ ب) تصویر ترمیم‌شده. ۱۵۰
شکل الف-۱. اضافه کردن عکس‌ها به نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۶۰
شکل الف-۲. تبدیل عکس‌ها به مدل یکتا با گزینهٔ Align Photos در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۶۰
شکل الف-۳. تنظیمات پنجرهٔ Align Photos در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۶۱
شکل الف-۴. پنجرهٔ میزان پیشرفت در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۶۱
شکل الف-۵. موقعیت دوربین‌ها و نقاط ساخته‌شده در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۶۲
شکل الف-۶. ساخت ابرنقطه در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۶۳
شکل الف-۷. ساخت ابرنقطه در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۶۳
شکل الف-۸. ابرنقطهٔ ساخته‌شده در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۶۴
شکل الف-۹. خروجی گرفتن ابرنقاط از نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۶۴
شکل الف-۱۰. محیط کلی نرم‌افزار MeshLab ۱۶۵
شکل الف-۱۱. وارد کردن ابرنقاط به نرم‌افزار MeshLab ۱۶۵

انتشارات دانشگاه اصفهان

شکل الف-۱۲. ابرنقطهٔ واردشده به نرم‌افزار MeshLab ۱۶۶
شکل الف-۱۳. نرم کردن و حذف نویزها از ابرنقطه در نرم‌افزار MeshLab..... ۱۶۶
شکل الف-۱۴. ساخت یک ابرنقطهٔ منظم در نرم‌افزار MeshLab با Remeshing ۱۶۷
شکل الف-۱۵. نمایی کلی از محیط نرم‌افزار Recap ۱۶۸
شکل الف-۱۶. ساخت پروژهٔ جدید در نرم‌افزار Recap..... ۱۶۸
شکل الف-۱۷. مشخص کردن نوع ورودی در نرم‌افزار Recap ۱۶۹
شکل الف-۱۸. معرفی آدرس ذخیره و نام پروژهٔ ساخته‌شده در نرم‌افزار Recap ۱۶۹
شکل الف-۱۹. روش وارد کردن ابرنقطه در نرم‌افزار Recap..... ۱۷۰
شکل الف-۲۰. وارد کردن فایل ابرنقطه به نرم‌افزار Recap ۱۷۰
شکل الف-۲۱. انتخاب گزینهٔ launch project برای بارگذاری ابرنقطه ۱۷۱
شکل الف-۲۲. ابرنقطهٔ بارگذاری‌شده در نرم‌افزار Recap ۱۷۱
شکل الف-۲۳. انتخاب قسمتی از ابرنقطه با گزینهٔ window در نرم‌افزار Recap ۱۷۲
شکل الف-۲۴. حذف قسمتی از ابرنقطه ۱۷۲
شکل الف-۲۵. امکانات نرم‌افزار برای بررسی ابرنقطه از نماها و زوایای مختلف ۱۷۳
شکل الف-۲۶. تغییر نما و زاویهٔ دید در نرم‌افزار Recap..... ۱۷۳
شکل الف-۲۷. پنجرهٔ مربوط به تنظیمات نمایشی در نرم‌افزار Recap ۱۷۴
شکل الف-۲۸. نمایش رنگی مدل ارتفاعی ساخته‌شده با استفاده از ابرنقطه..... ۱۷۴
شکل الف-۲۹. تغییر اندازهٔ ابعاد هر نقطه در ابرنقطهٔ ساخته‌شده ۱۷۵
شکل الف-۳۰. اندازه‌گیری فاصله بر روی ابرنقطهٔ ساخته‌شده در نرم‌افزار Recap با ابزار Distance ۱۷۵
شکل ب-۱. محیط نرم‌افزار شبیه‌ساز پرواز Absolute RC Heli Sim ۱۷۸
شکل ب-۲. تغییر مدل پهپاد در نرم‌افزار شبیه‌ساز پرواز Absolute RC Heli Sim ۱۷۸
شکل ب-۳. تغییر زاویهٔ دید پهپاد در نرم‌افزار شبیه‌ساز پرواز Absolute RC Heli Sim ۱۷۹
شکل ب-۴. تغییر شرایط آب‌وهوایی در نرم‌افزار شبیه‌ساز پرواز Absolute RC Heli Sim ۱۷۹
شکل ب-۵. تغییر نحوهٔ کنترل پهپاد در نرم‌افزار شبیه‌ساز پرواز Absolute RC Heli Sim ۱۸۰
شکل ب-۶. محیط نرم‌افزار شبیه‌ساز پرواز Freerider..... ۱۸۰
شکل ب-۷. محیط‌های پرواز در نرم‌افزار شبیه‌ساز پرواز Freerider ۱۸۱
شکل پ-۱. انتخاب نوع و برند پهپاد در نرم‌افزار PIX4Dcapture ۱۸۳
شکل پ-۲. انتخاب نوع مأموریت و نحوهٔ حرکت پهپاد در نرم‌افزار PIX4Dcapture..... ۱۸۴
شکل پ-۳. تعیین محدودهٔ مدنظر و پارامترهای پرواز در نرم‌افزار PIX4Dcapture ۱۸۴
شکل پ-۴. آغاز عملیات بر اساس محدوده و پارامترهای تعریف‌شده در نرم‌افزار PIX4Dcapture ۱۸۵
شکل پ-۵. بررسی و انتقال عکس‌های ثبت‌شده توسط پهپاد در نرم‌افزار PIX4Dcapture ۱۸۵

انتشارات دانشگاه اصفهان

شکل پ-۶. تعریف منطقهٔ مورد نظر در نرم‌افزار Map Pilot. ۱۸۶
شکل پ-۷. تعیین ارتفاع پرواز در نرم‌افزار Map Pilot ۱۸۶
شکل پ-۸. تعیین گوشه‌های محدودهٔ پرواز در نرم‌افزار Map Pilot ۱۸۷
شکل پ-۹الف. تعیین مسیر پرواز در نرم‌افزار Map Pilot ۱۸۷
شکل پ-۹ب. تعیین نقطهٔ ابتدایی و انتهایی در نرم‌افزار Map Pilot ۱۸۸
شکل پ-۱۰. طراحی عملیات پرواز در نرم‌افزار 3Dsurvey Pilot ۱۸۸
شکل پ-۱۱. طراحی نوع حرکت پهپاد بر اساس نوع پروژه در نرم‌افزار 3Dsurvey Pilot ۱۸۹
شکل پ-۱۲. طراحی حرکت دایره‌ای پهپاد در نرم‌افزار 3Dsurvey Pilot ۱۸۹
شکل پ-۱۳. آماده‌سازی پروژه برای قرائت نقاط کنترل در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۹۰
شکل پ-۱۴. انتخاب عکس مدنظر برای قرائت نقاط در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۹۰
شکل پ-۱۵. نمونه‌ای از شکل هندسی نقاط در یک پروژهٔ اجراشده. البته به‌جای نوشتن یا رنگ زدن شماره روی زمین، بهتر است از تارگت‌های چاپی استفاده شود. ۱۹۱
شکل پ-۱۶. تعریف نقطهٔ کنترل در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۹۱
شکل پ-۱۷. اولین نقطهٔ کنترل قرائت‌شده در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۹۲
شکل پ-۱۸. تغییر شمارهٔ نقطهٔ کنترل قرائت‌شده در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۹۲
شکل پ-۱۹. نقطهٔ کنترل قرائت‌شده در عکس اول به صورت حدودی در عکس‌های دیگر نمایش داده می‌شود. ۱۹۳
شکل پ-۲۰. تغییر مکان نقطه به مرکز تارگت و ثابت کردن آن با ماوس ۱۹۳
شکل پ-۲۱. مختصات تقریبی نقاط کنترل محاسبه‌شده توسط نرم‌افزار Agisoft Metashape .. ۱۹۴
شکل پ-۲۲. وارد کردن مختصات نقاط کنترل به نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۹۴
شکل پ-۲۳. انتخاب گزینهٔ Optimize Cameras برای تکرار محاسبات در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۱۹۵
شکل پ-۲۴. انتخاب نقطهٔ چک در نرم‌افزار Agisoft Metashape. به برداشته‌شدن تیک نقطهٔ ۳۱ دقت کنید. ۱۹۵
شکل پ-۲۵. خطای باقی‌مانده بر روی نقاط کنترل و چک ۱۹۶
شکل ت-۱. فراخوانی عکس تیلت‌دار در نرم‌افزار Photoshop ۱۹۷
شکل ت-۲. انتخاب گزینهٔ Perspective Warp از منوی Edit در نرم‌افزار Photoshop ۱۹۸
شکل ت-۳. انتخاب محیط مدنظر از عکس در نرم‌افزار Photoshop ۱۹۸
شکل ت-۴. حذف اثر تیلت در نرم‌افزار Photoshop ۱۹۹
شکل ت-۵. مراحل اولیهٔ انجام‌شده در Agisoft Metashape ۲۰۰
شکل ت-۶. ساخت مش در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۲۰۰

انتشارات دانشگاه اصفهان

شکل ت-۷. ساخت ارتوفتو در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۲۰۱
شکل ت-۸. پنجرهٔ تنظیمات Build Orthomosaic در Agisoft Metashape ۲۰۱
شکل ت-۹. نمونهٔ ارتوفتوی ساخته‌شده در نرم‌افزار Agisoft Metashape ۲۰۲
شکل ت-۱۰. محیط کلی نرم‌افزار Pix4Dmapper ۲۰۲
شکل ت-۱۱. ایجاد یک پروژه در Pix4Dmapper ۲۰۳
شکل ت-۱۲. اضافه کردن عکس‌ها در Pix4Dmapper ۲۰۳
شکل ت-۱۳. تنظیمات ساخت پروژهٔ جدید در نرم‌افزار Pix4Dmapper ۲۰۴
شکل ت-۱۴. مشخص کردن واحد مدنظر برای بیان مختصات در سیستم مختصات مرجع در Pix4Dmapper ۲۰۴
شکل ت-۱۵. مشخص کردن خروجی‌های مدنظر در نرم‌افزار Pix4Dmapper ۲۰۵
شکل ت-۱۶. محیط کلی پس از ساخت پروژه و نمایش نمونه‌ای از خط پرواز در Pix4Dmapper ۲۰۵
شکل ت-۱۷. انتخاب فرآیندهای مورد نیاز در نرم‌افزار Pix4Dmapper ۲۰۶
شکل ت-۱۸. گزارش فرآیند انجام‌شده در Pix4Dmapper ۲۰۶
شکل ت-۱۹. نمونهٔ ارتوفتوی ساخته‌شده در Pix4Dmapper ۲۰۷
شکل ت-۲۰. محیط کلی نرم‌افزار Zephyr ۲۰۷
شکل ت-۲۱. ایجاد پروژه در نرم‌افزار Zephyr ۲۰۸
شکل ت-۲۲. تنظیمات مربوط به ایجاد پروژه در نرم‌افزار Zephyr ۲۰۸
شکل ت-۲۳. اطلاعات مربوط به مکان پروژه در نرم‌افزار Zephyr ۲۰۹
شکل ت-۲۴. آغاز فرآیند ساخت خروجی‌ها در نرم‌افزار Zephyr ۲۰۹
شکل ت-۲۵. پنجرهٔ نمایش موفق پایان فرآیند ساخت خروجی‌ها در نرم‌افزار Zephyr ۲۱۰
شکل ت-۲۶. ساختن ارتوفتو در نرم‌افزار Zephyr ۲۱۰
شکل ت-۲۷. تنظیمات مربوط به ساختن ارتوفتو در نرم‌افزار Zephyr ۲۱۱
شکل ت-۲۸. نحوهٔ خروجی گرفتن برای ارتوفتو در نرم‌افزار Zephyr ۲۱۱
شکل ت-۲۹. نمونهٔ ارتوفتوی ساخته‌شده در نرم‌افزار Zephyr ۲۱۲

انتشارات دانشگاه اصفهان

فهرست جداول

جدول ۳-۱. مراحل توجیه داخلی عکس متریک آنالوگ ٤٢
جدول ۳-۲. گزارش پارامترهای خطای اعوجاج شعاعی و مماسی عدسی..... ٤٦
جدول ۳-۳. گزارش خطای اعوجاج عدسی (اعوجاج شعاعی متوسط) ٤٨
جدول ۳-۴. مراحل توجیه داخلی عکس غیرمتریک ٥٣
جدول ۶-۱. مقادیر متناسب GRD مطابق مقیاس نقشه. ۱۲۵
جدول ۶-۲. فواصل نقاط کنترل زمینی مسطحاتی برحسب مدل. ۱۳۲
جدول ۶-۳. طراحی اندازه و ضخامت تارگت‌ها مطابق مقیاس نقشه. ۱۳۳
جدول ۷-۱. مقادیر عددی به‌دست‌آمده در امتداد ستون با استفاده از رابطهٔ (۷-۲) ۱٤٥
جدول ۷-۲. مقادیر عددی به‌دست‌آمده در امتداد سطر با استفاده از رابطهٔ (۷-۲)..... ۱٤٥
جدول ث-۱. الگوریتم برنامه‌نویسی دوران یک لیست مختصات نقاط ۲۱۳
جدول ج-۱. لیست مختصات دستور کار ۱ ..... ۲۱۹
جدول ج-۲. لیست مختصات دستور کار ۵ ..... ۲۲۰

انتشارات دانشگاه اصفهان

فهرست علائم اختصاری

DEM	Digital Elevation Model
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DLT	Direct Linear Transformation
DSM	Digital Surface Model
DTM	Digital Terrain Model
EASA	European Union Aviation Safety Agency
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GRD	Ground Resolved Distance
GSD	Ground Sampling Distance
ICAO	International Civil Aviation Organization
IMU	Inertial Measurement Unit
ISPRS	International Society for Photogrammetry and Remote Sensing
MVS	Multi-View Stereo
NASA	The National Aeronautics and Space Administration
PPK	Post-Processing Kinematic
PPL	Private Pilot License
RPC	Rational Polynomial Coefficients
RTK	Real Time Kinematic
SFM	Surface From Motion
SIFT	Scale-Invariant Feature Transform
SLAM	Simultaneous Localization And Mapping
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
WGS84	World Geodetic System 1984

انتشارات دانشگاه اصفهان

انتشارات دانشگاه اصفهان

فصل اول

مقدمه‌ای بر فتوگرامتری

بخش زیادی از تحولات علوم زمینی و پیشرفت فناوری‌های مربوط به آن در دو دهۀ اخیر مدیون فتوگرامتری است. طبق تعریف انجمن بین‌المللی فتوگرامتری و سنجش از دور (ISPRS)[1]، فتوگرامتری هنر، دانش و فناوری تهیۀ اطلاعات قابل اعتماد از زمین و اشیای پیرامون آن با استفاده از عکس‌برداری توسط سنجنده‌های غیرتماسی است که این اطلاعات از طریق پردازش‌هایی شامل ثبت و ضبط، اندازه‌گیری، تحلیل و تفسیر عکس‌های اخذشده حاصل می‌شود (https://www.isprs.org). فتوگرامتری به دسته‌های مختلف قابل تقسیم‌بندی است، اما به طور کلی، فتوگرامتری به سه دستۀ اصلی آنالوگ، تحلیلی و رقومی تقسیم‌بندی می‌شود. به شاخۀ فتوگرامتری که با عکس‌های کاغذی یا عکس‌های پلیمری سروکار دارد و پردازش‌های آن‌ها توسط ابزارهای مکانیکی انجام می‌شود، فتوگرامتری آنالوگ گفته می‌شود. به دسته‌ای از فتوگرامتری که توانایی کار با عکس‌های رقومی یا حتی عکس‌های پلیمری و کاغذی را دارد و روش‌های آن بر اساس سیستم‌های مختصات و اندازه‌گیری‌های رقومی روی عکس در سیستم‌های مختصات است، فتوگرامتری تحلیلی می‌گویند. به دستۀ آخر فتوگرامتری که سازوکار آن بر اساس عکس‌های رقومی است و در آن کل فرآیندها و محاسبات فتوگرامتری با رایانه انجام می‌شوند، فتوگرامتری رقومی گفته می‌شود. در این کتاب، این دو دستۀ اخیر از فتوگرامتری بحث و بررسی می‌شوند.

فتوگرامتری را بر اساس نوع اطلاعات، محل استقرار دوربین، نوع دوربین، انواع عکس و انواع مدل‌های ریاضی نیز می‌توان دسته‌بندی کرد. فرآیندها در فتوگرامتری، فارغ از نوع آن،

1. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing

انتشارات دانشگاه اصفهان

شامل سه بخش ورودی‌ها، پردازش‌ها و خروجی‌های آن هستند. ورودی‌ها در فتوگرامتری شامل عکس، مشخصات دوربین عکس‌برداری، داده‌های موقعیت و وضعیت تقریبی یا دقیق دوربین، نقاط کنترل زمینی یا شیء و مشاهدات کنترلی می‌شوند. پردازش‌های فتوگرامتری بر اساس نوع فتوگرامتری، نوع عکس و اطلاعات در دسترس انتخاب می‌شوند. در نهایت، پس از پردازش‌های فتوگرامتری، خروجی‌های آن حاصل می‌شوند. خروجی‌های فتوگرامتری شامل اطلاعات تفسیری، اطلاعات عددی و انواع نقشه‌ها می‌شوند.

در ادامه، دربارهٔ مزایا و ویژگی‌های علم فتوگرامتری و اینکه این علم چگونه به علوم زمین کمک می‌کند و چرا باید در این علوم و کاربردهای مختلف آن از فتوگرامتری استفاده کرد، بحث می‌شود.

۱-۱ چرا باید از فتوگرامتری استفاده کرد؟

اولین مرحله در فتوگرامتری به دست آوردن عکس از عوارض و اشیاء با استفاده از شیوه‌های مختلف است. این عکس‌ها می‌توانند با استفاده از ماهواره‌ها، هواپیماها، پهپادها، ایستگاه‌های زمینی یا از فتوگرامتری برد کوتاه به دست آیند. به دست آوردن عکس‌ها و اطلاعات گام اول در فتوگرامتری است و سرآغاز پردازش‌ها و محاسبات است؛ اما پرسش مهم این است که چرا و به چه دلایلی از فتوگرامتری باید استفاده کرد و مسیری طولانی را تا رسیدن به خروجی‌های آن طی کرد. اولین مزیت فتوگرامتری طبق تعریف آن، هنر و دانش به دست آوردن اطلاعات از طریق سنجنده‌های غیرتماسی است؛ یعنی با استفاده از فتوگرامتری، بدون حضور مستقیم در یک مکان، می‌توان به اطلاعات مدنظر از شیء یا اشیای آن مکان دست یافت. با این ویژگی، هزینه‌های زمانی و انسانی به طرزی چشمگیر کاهش پیدا می‌کنند. علاوه بر این، با فتوگرامتری می‌توان اطلاعات را از مکان‌های غیرقابل دسترس نیز به دست آورد که این ویژگی مزیت مهم آن نسبت به سایر روش‌ها است (بالتساویاس[1]، ۱۹۹۹).

امروزه، با پیشرفت فناوری و ابزارهای محاسباتی، می‌توان اطلاعاتی بسیار دقیق و قابل اعتماد را به کمک فتوگرامتری به دست آورد. از مزیت‌های مهم دیگر فتوگرامتری تولید اطلاعات جدید از اطلاعات و داده‌های قبلی است که به خروجی‌های جدید منجر می‌شود. این خروجی‌ها بدون نیاز به جمع‌آوری مجدد اطلاعات به دست می‌آیند. پس، با داشتن عکس‌های

1. Baltsavias

انتشارات دانشگاه اصفهان