بسم الله الرحمن الرحیم

فتوگرامتری مقدماتی

رشتهٔ نقشه‌برداری

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

شمارهٔ درس ۲۷۷۸

۹۸۲/ مصدّق، بدرالملوک
ف ۶۱۲ م/ فتوگرامتری مقدماتی/مؤلف: بدرالملوک مصدّق. ــ تهران: شرکت چاپ و نشر
۱۳۹۵ کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۵.
۱۲۷ص. : مصور. ــ (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۲۷۷۸)
متون درسی رشتهٔ نقشه‌برداری، زمینهٔ صنعت.
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های‌درسی رشتهٔ نقشه‌برداری دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
۱. فتوگرامتری مقدماتی. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ نقشه‌برداری. ب. عنوان. ج. فروست.

۱۳۹۵

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) **info@tvoccd.sch.ir**

وب‌گاه (وب‌سایت) **www.tvoccd.sch.ir**

این کتاب در کمیسیون تخصصی نقشه‌برداری سال تحصیلی ۸۷ ــ۸۶ مورد بررسی و تجدیدنظر قرار گرفت.

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

نام کتاب : **فتوگرامتری مقدماتی ـ ۴۹۲/۸**

مؤلف : بدرالملوک مصدّق

اعضای کمیسیون تخصصی : **محمد سعادت سرشت، سیدمحمدرضا رجایی الموسوی، محمد سلیم آبادی، مسلم لطفعلیان، ابـوالقاسم رافـع، محمدعلی فرزانـه، امیرحسین متینی و مالـک مختـاری**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگـار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

صفحه‌آرا : **خدیجه محمدی**

طراح جلد : **مریم کیوان**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادّهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)**

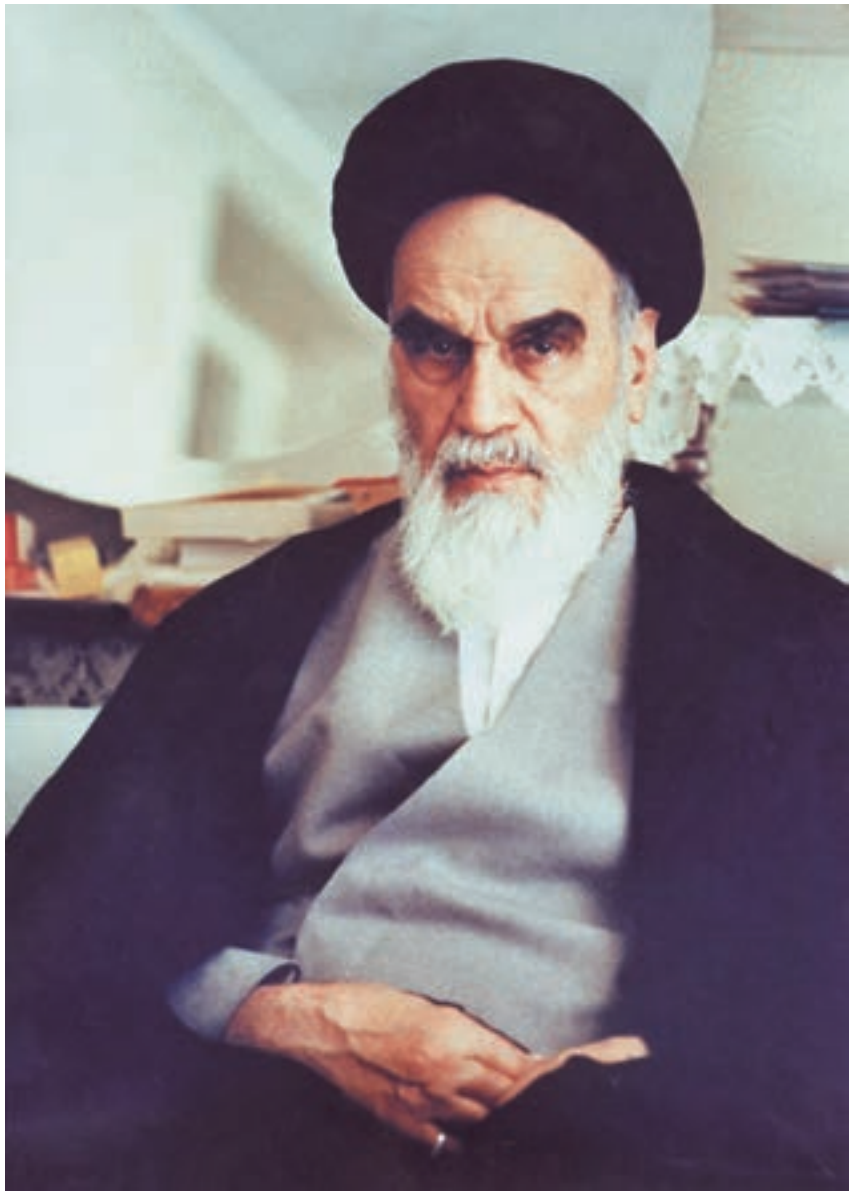
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران«سهامی خاص»**

سال انتشار و نوبت چاپ : **چاپ شانزدهم ۱۳۹۵**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۱-۱۰۵۲-۰۵-۹۶۴ **ISBN 964-05-1052-1**



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آیید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتّکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

فهرست

مقدمه ۱

فصل اوّل : کلیات و تعاریف ۳
تاریخچهٔ عکس‌برداری هوایی ۴
۱ـ۱ـ انواع عکس و تصویر در فتوگرامتری ۶
۱ـ۱ـ۱ـ عکس‌های زمینی ۶
۱ـ۱ـ۲ـ عکس‌های هوایی ۱۰
۱ـ۱ـ۳ـ تصاویر ماهواره‌ای ۱۴
۱ـ۲ـ اطلاعات موجود بر روی عکس هوایی ۱۶
۱ـ۳ـ کاربرد عکس و تصویر ۲۰
۱ـ۳ـ۱ـ کاربرد عکس هوایی ۲۰
۱ـ۳ـ۲ـ کاربرد عکس‌های فتوگرامتری زمینی ۲۵
۱ـ۳ـ۳ـ نقشه‌های خطی و نقشه‌های عکسی ۲۹
۱ـ۳ـ۴ـ کاربرد تصاویر ماهواره‌ای و مقایسهٔ آن‌ها با عکس‌های هوایی ۳۲
۱ـ۴ـ مقایسهٔ عکس و نقشه ۳۲
خودآزمایی ۳۴
فعالیت عملی ۳۵

فصل دوم : هندسهٔ عکس‌های هوایی ۳۶
۱ـ۲ـ انواع تصاویر ۳۷
۱ـ۱ـ۲ـ تصویر موازی ۳۷
۲ـ۱ـ۲ـ تصویر قائم ۳۷
۳ـ۱ـ۲ـ تصویر مرکزی ۳۷
۲ـ۲ـ تعاریف هندسی مربوط به یک عکس منفرد ۳۹
۱ـ۲ـ۲ـ نقطهٔ اصلی ۳۹
۲ـ۲ـ۲ـ نقطهٔ نادیر ۴۰
۳ـ۲ـ۲ـ فاصلهٔ اصلی ۴۰
۴ـ۲ـ۲ـ نقطهٔ همبار ۴۰
۵ـ۲ـ۲ـ محور اصلی ۴۰
۶ـ۲ـ۲ـ خط اصلی ۴۰
۷ـ۲ـ۲ـ صفحهٔ اصلی ۴۰
۳ـ۲ـ انواع عکس ۴۲
۱ـ۳ـ۲ـ عکس قائم ۴۲
۲ـ۳ـ۲ـ عکس مایل ۴۳
۳ـ۳ـ۲ـ عکس مایل با میل زیاد ۴۴
۴ـ۲ـ سیستم مختصات عکسی و توجیه داخلی ۴۷
۵ـ۲ـ سیستم مختصات شئ‌ای و توجیه خارجی ۴۸
۶ـ۲ـ مقیاس در فتوگرامتری و کاربرد آن ۴۹
۱ـ۶ـ۲ـ تعریف و محاسبهٔ مقیاس ۴۹
۲ـ۶ـ۲ـ مقیاس عکس برای مناطق مسطح ۵۱
۳ـ۶ـ۲ـ مقیاس عکس برای مناطق ناهموار ۵۲
۷ـ۲ـ محاسبهٔ مختصات زمینی به کمک مختصات عکسی که روی عکس قائم اندازه‌گیری شده است ۵۵
۸ـ۲ـ خطاهای هندسی در عکس هوایی ۵۶

۹ـ۲ـ استفاده از زوج عکس ۵۸
خودآزمایی ۶۱
فعالیت عملی ۶۳

فصل سوم : برجسته‌بینی ۶۵
۱ـ۳ـ اصول برجسته‌بینی ۶۶
۲ـ۳ـ تشخیص عمق ۶۶
۳ـ۳ـ دید دو چشمی ۶۹
۱ـ۳ـ۳ـ تطابق ۶۹
۲ـ۳ـ۳ـ تقارب ۶۹
۴ـ۳ـ برجسته‌بینی عکس‌ها ۷۲
خودآزمایی ۷۴
فعالیت عملی ۷۵

فصل چهارم : اصول پارالاکس و دید سه‌بعدی ۷۷
۱ـ۴ـ استرئوسکوپ و انواع آن ۷۸
۱ـ۱ـ۴ـ استرئوسکوپ جیبی ۷۸
۲ـ۱ـ۴ـ استرئوسکوپ آینه‌دار ۷۹
۲ـ۴ـ نحوهٔ استفاده از استرئوسکوپ ۸۲
۱ـ۲ـ۴ـ طرز کار با استرئوسکوپ جیبی ۸۲
۲ـ۲ـ۴ـ طرز کار با استرئوسکوپ آینه‌دار ۸۳
۳ـ۴ـ اختلاف منظر (پارالاکس) ۸۴
۱ـ۳ـ۴ـ تعریف پارالاکس ۸۴
۲ـ۳ـ۴ـ اختلاف پارالاکس دو نقطه ۸۵
۴ـ۴ـ اساس نقطهٔ شناور ۸۷
۵ـ۴ـ اندازه‌گیری اختلاف منظر ۸۸

۱ـ۵ـ۴ـ ساختمان پارالاکسبار و اندازه‌گیری اختلاف منظر ۸۸
۲ـ۵ـ۴ـ کار با پارالاکسبار همراه با استرئوسکوپ ۸۹
۶ـ۴ـ معادلات مربوط به اختلاف منظر ۹۱
۷ـ۴ـ تعیین ارتفاع به کمک اختلاف منظر ۹۲
۸ـ۴ـ ترسیم منحنی میزان به کمک استرئوسکوپ و اختلاف منظر ۹۴
خودآزمایی ۹۷
فعالیت عملی ۹۸

فصل پنجم : مراحل تهیه نقشه به روش فتوگرامتری ۱۰۵
۱ـ۵ـ آماده‌سازی نقشه به کمک فتوگرامتری ۱۰۶
۱ـ۱ـ۵ـ پرواز ۱۰۶
۲ـ۱ـ۵ـ عکاسی ۱۰۹
۳ـ۱ـ۵ـ تهیه ۱۱۴
۴ـ۱ـ۵ـ طراحی نقاط کنترل زمینی روی اندکس ۱۱۹
۵ـ۱ـ۵ـ نقشه‌برداری زمینی ۱۲۲
۶ـ۱ـ۵ـ مثلث‌بندی هوایی ۱۲۲
۷ـ۱ـ۵ـ محاسبات فتوگرامتری ۱۲۳
۸ـ۱ـ۵ـ تبدیل ۱۲۳
۹ـ۱ـ۵ـ کارتوگرافی ۱۲۵
۱۰ـ۱ـ۵ـ چاپ ۱۲۵
خودآزمایی ۱۲۵
فعالیت عملی ۱۲۶

فهرست منابع ۱۲۷

مقدمه

فتوگرامتری «Photogrametry» که از نظر لغوی به معنی اندازه‌گیری روی عکس است از حدود سال ۱۹۳۰ میلادی مطرح شد و کار پرزحمت تهیه‌ی نقشه را به کلّی دگرگون ساخت و به‌تدریج به‌عنوان یک شاخه‌ی مهندسی، که در آن عملیات سنجش و اندازه‌گیری از روی عکس انجام می‌شود، ادامه پیدا کرد.

از نظر تاریخی، شروع عکاسی را می‌توان آغاز علم فتوگرامتری دانست. اولین عکس‌برداری هوایی در فاصله‌ی زمانی اختراع عکاسی[1] و اختراع هواپیما[2]، درسال ۱۸۵۸ از داخل بالون انجام گرفت.

با پیشرفت صنایع شیمیایی و تهیه‌ی فیلم‌های مناسب و با تحولاتی که در دوربین‌های عکس‌برداری هوایی (از نظر سیستم اپتیکی) صورت گرفت، هواپیماهای مخصوص به دوربین‌های پیشرفته مجهز شدند. عکس‌برداری هوایی ابتدا سیاه و سفید بود ولی امروزه عکس‌ها نه‌تنها رنگی است بلکه بسیار دقیق‌تر و واضح‌تر نیز هست. عکس‌های هوایی حاوی اطلاعات زیادی از زمین هستند. از این‌رو به کمک آن‌ها و بدون تماس و کار زیاد بر روی زمین می‌توان به شناخت نسبتاً جامعی از منطقه‌ی مورد مطالعه دست یافت.

امروزه فتوگرامتری، به‌عنوان علم سنجش عکس، در نقشه‌برداری و دیگر حوزه‌های مهندسی و پاره‌ای هدف‌های دیگر (مثلاً در پزشکی) کاربرد پیدا کرده و همچنان رو به گسترش است. متخصصان این علم قادرند با استفاده از عکس‌های پوشش‌دار که از یک سوژه برداشته می‌شود تصویری برجسته و حقیقی ایجاد کنند و با یک مکان‌نما قسمت‌های مختلف آن را ردگیری نموده و کنترل‌های خاصی را اعمال کنند و موقعیت نقاط مختلف سوژه را تعیین نمایند.

در سال‌های اخیر تصاویر ماهواره‌ای در مواردی جایگزین عکس‌های هوایی شده‌اند. لیکن از آن‌جا که فاصله‌ی ماهواره‌ها از زمین زیاد است، هنوز تصاویر ماهواره‌ای دقت عکس‌های هوایی را ندارند. از این نظر در بسیاری از مواقع، بخصوص در تهیه‌ی نقشه‌های بزرگ مقیاس، حتماً باید از عکس‌های هوایی استفاده شود.

۱ــ اولین اطلاع راجع به اختراع عکاسی مربوط به آکادمی علوم و هنرهای فرانسه در ۱۸۳۹ میلادی می‌باشد.

۲ــ اولین پرواز هواپیما در ۱۷ دسامبر ۱۹۰۲ توسط برادران رایت انجام گرفت.

هدف کلی

آشنایی مقدماتی با فتوگرامتری و کاربرد آن در نقشه‌برداری

فصل اوّل

کلیات و تعاریف

در فتوگرامتری، «عکس» مبنای کلیه‌ی امور است از این جهت باید ابتدا عکس، عکس‌برداری و وسایلی را که در این مورد به‌کار می‌رود شناخت و آن‌گاه طرز استفاده از آن‌ها را آموخت.

پس، در این فصل ضمن شناخت انواع عکس و تصویر در تهیه نقشه، با کاربردهای آن‌ها نیز آشنا خواهید شد.

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، هنرجو باید بتواند :

۱ــ انواع عکس در فتوگرامتری را نام ببرد.

۲ــ عکس هوایی را تعریف کند.

۳ــ تفاوت عکس‌های هوایی و زمینی را ذکر کند.

۴ــ تفاوت عکس‌های ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی را توضیح دهد.

۵ــ موارد کاربرد عکس‌های زمینی را بیان کند.

۶ــ اطلاعات موجود در حاشیه‌ی عکس را بشناسد و طرز استفاده از آن‌ها را بیان کند.

۷ــ روش عکس‌برداری هوایی را تشریح نماید.

۸ــ چگونگی استفاده از علائم کناری در عکس‌های هوایی را توضیح دهد.

۹ــ ضمن تعریف نقشه‌ی عکسی مراحل تهیه‌ی آن را توضیح دهد.

۱۰ــ موارد اختلاف عکس و نقشه را مشروحاً توضیح دهد.

۱۱ــ منظور از تفسیر عکس هوایی و ماهواره‌ای را بیان کند.

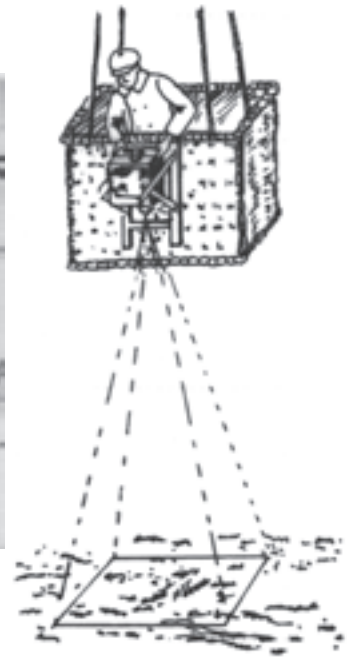
۱۲ــ منظور از بازنگری نقشه‌های کمکی و چگونگی انجام آن را شرح دهد.

۱۳ــ فعالیت‌های عملی ۱ و ۲ را طبق مراحل تعیین شده انجام دهد.

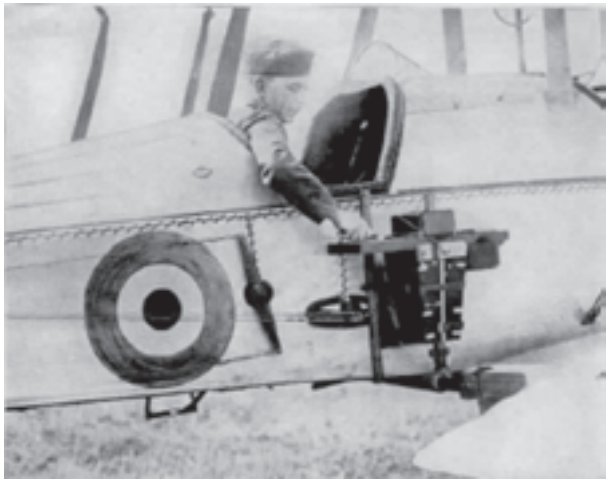
تاریخچه‌ی عکس‌برداری هوایی

اولین عکس‌های هوایی در سال‌های ۱۸۵۵ تا ۱۸۵۸ در پاریس به‌وسیله‌ی بالن برداشته شد[۱] و از آن به بعد در کشورهای مختلف نیز به‌طور آزمایشی انجام گرفت تا این‌که در سال ۱۸۸۵ سازمانی[۲] در روسیه تأسیس شد و توانست از ارتفاع ۸۰۰ و ۱۲۰۰ و ۱۳۵۰ متری سطح زمین عکس‌برداری کند.

ساختمان دوربین‌های اولیه‌ای که برای عکس‌برداری ساخته شد کاملاً مشابه با ساختمان چشم انسان بود. همان‌طورکه می‌دانید، دوربین مانند چشم، دارای اطاقک کوچکی است که در یک طرف آن یک عدسی و در طرف مقابل آن یک صفحه‌ی حساس (فیلم) قرار دارد. این صفحه‌ی حساس درواقع همان کاری را انجام می‌دهد که شبکیه‌ی چشم انجام می‌دهد. کار عدسی نیز جمع‌آوری اشعه‌ی مختلف از جسم مورد عکس‌برداری و انتقال آن به صفحه‌ی حساس است.



شکل ۱ــ۱ــ الف



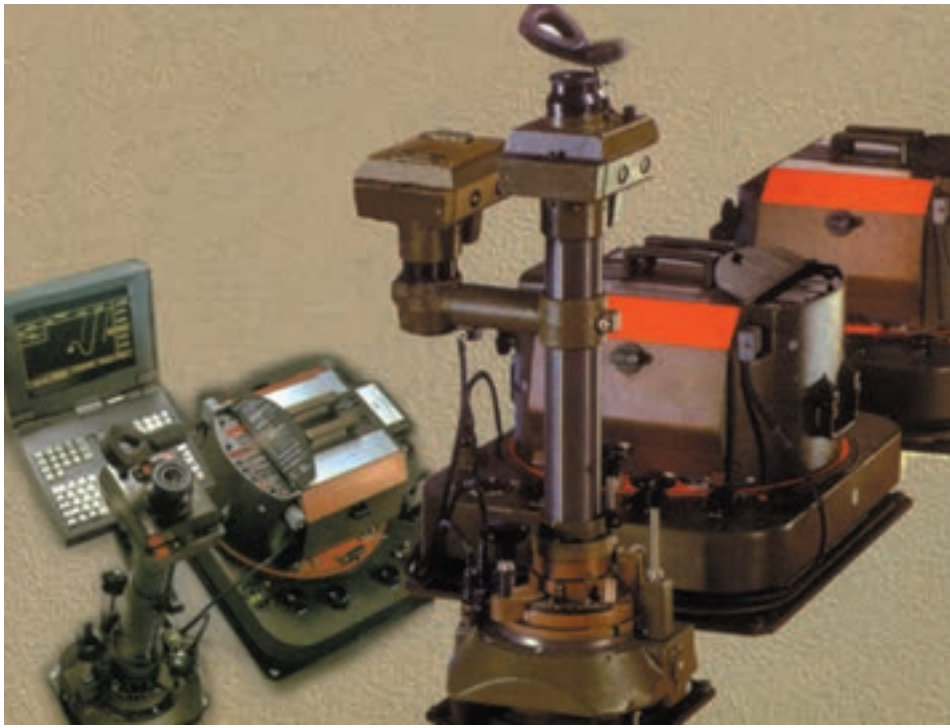
شکل ۱ــ۱ــ ب

۱ــ اولین عکس‌برداری هوایی درسال ۱۸۵۵ به‌وسیله‌ی بالن توسط (Felix Nadar) از اهالی پاریس انجام گرفت و تا سال ۱۸۵۸ عکس‌های متعددی با این وسیله برداشته شد.

۲ــ «سازمان آموزش ناوبری هوایی» اولین عکس‌های هوایی را در ۱۸ ماه مه ۱۸۸۷ به‌وسیله‌ی بالن از شهر سن‌پترزبورگ برداشت.

دوربین‌ها اکثراً برای فاصله‌های دور کانونی می‌گردند. فاصله‌ی مرکز عدسی تا صفحه‌ی حساس را فاصله‌ی کانونی (Focal Length) می‌نامند و قسمتی از فیلم که در موقع عکس‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد صفحه‌ی کانونی نام‌گذاری شده است. دوربین دارای دریچه‌ای (Shutter) است که باز و بسته می‌شود و میزان نور ورودی به داخل دوربین را تنظیم می‌نماید.

امروزه دوربین‌های بسیار دقیقی ساخته می‌شود که به فیلترهای مناسب برای تهیه‌ی عکس‌های سیاه و سفید، رنگی و مادون قرمز مجهز می‌باشد. برتری یک دوربین بر دوربین دیگر در وهله‌ی اول بسته به کیفیت ساخت و مرغوبیت عدسی آن است. سرعت عکس‌برداری در دوربین‌های جدید تا ۱:۱۰۰۰ ثانیه تقلیل یافته است و اجرای عکس‌برداری و ایجاد پوشش‌های موردنظر در حین عمل (پوشش طولی هر عکس نسبت به عکس مجاور و پوشش عرضی هر نوار عکس‌برداری نسبت به نوار مجاور) به‌طور کاملاً خودکار انجام می‌گیرد.



شکل ۲ــ۱ــ الف ــ دوربین Wild RC30 قدیمی عکس‌برداری هوایی

شکل ۲ــ۱ــ ج ــ دوربین رقومی Ultracam - D

شکل ۲ــ۱ــ ب ــ دوربین رقومی
Leica لایکا ADS40

شکل ۲ــ۱ــ د ــ سیستم LIDAR و INS جهت برداشت مستقیم توپوگرافی سطح زمین

۱ــ۱ــ انواع عکس و تصویر در فتوگرامتری

عکس‌های مورد استفاده در فتوگرامتری عبارت‌اند از : عکس‌های زمینی، هوایی و ماهواره‌ای.

۱ــ۱ــ۱ــ عکس‌های زمینی: عکس‌های زمینی به‌وسیله‌ی دوربین‌های فتوگرامتری زمینی تهیه می‌شود. این دوربین‌ها روی زمین مستقر شده و لذا می‌توان مختصات محل استقرار آن‌ها را به‌سادگی مشخص کرد.

عکس‌های زمینی نقش بسیار مهمی در معماری و ترمیم ساختمان، حفظ بناهای تاریخی، فعالیت‌های باستان‌شناسی، برآورد خسارت‌های وارد شده به ساختمان‌های قدیمی یا جدید، میزان خسارت‌های وارده به هنگام تصادفات رانندگی، تعیین مجرم و بسیاری از موارد دیگر دارد. شکل‌های ۳ــ۱ و ۴ــ۱ دو نمونه از این عکس‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۳ــ۱

شکل ۴ــ۱ــ عکس‌های زمینی

معمولاً در فتوگرامتری زمینی دو نوع دوربین به‌کار برده می‌شود که نوع اول دوربین‌های متریک (Metric) و نوع دوم دوربین‌های غیرمتریک (Nonmetric) است. دوربین‌های متریک همان‌طورکه از نام آن‌ها پیداست به‌صورتی طراحی و کالیبره (Calibrate) شده‌اند که می‌توان با آن‌ها اندازه‌گیری‌های فتوگرامتری را انجام داد ؛ امّا دوربین‌های غیرمتریک که انواع بسیار زیادی دارند در عمل همان دوربین‌های دستی هستند که به‌وسیله‌ی عکاسان آماتور یا حرفه‌ای به‌کار گرفته می‌شود.

باید توجه داشت که این دوربین‌ها باید پیشرفته و مدرن باشند تا بتوان با آن‌ها عکس‌هایی با کیفیت خوب تهیه کرد.

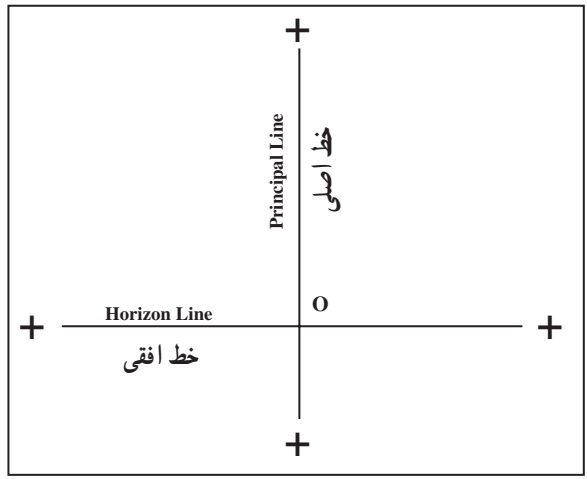
دوربین عکس‌برداری زمینی برای عکس‌برداری ساکن به‌کار برده می‌شود. در این دوربین‌ها به‌جای فیلم حلقه‌ای که در دوربین‌های عکس‌برداری هوایی به‌کار برده می‌شود، از فیلم‌های شیشه‌ای استفاده می‌کنند. دوربین‌هایی که در آن‌ها هم از فیلم و هم از شیشه برای عکس‌برداری استفاده می‌شود، در سطح کانونی خود دارای شیشه‌ی تختی هستند که نقاط نشانه، روی آن حک شده است و فیلم قرار گرفته روی آن، از پشت، توسط صفحه‌ای فشار داده می‌شود تا در هنگام عکس‌برداری کاملاً تخت باشد. نوعی از دوربین‌های عکس‌برداری زمینی را که قبلاً مورد استفاده قرار می‌گرفت و فتوتئودولیت نامیده می‌شد در شکل ۵ــ۱ یک نمونه از آن را مشاهده می‌کنید.

شکل ۵ــ۱ــ فتوتئودولیت

فتوتئودولیت ترکیبی از دوربین عکس‌برداری زمینی و زاویه‌یاب یک ثانیه‌ای است.

دوربین عکس‌برداری زمینی P_{31} ویلد شکل (۶ــ۱) قابل تعویض با تئودولیت، روی سه‌پایه‌ی مشترک، می‌باشد. می‌توان این دوربین را عمود بر خط باز دوربین، به‌وسیله‌ی تلسکوپ کوچکی که در پایه‌ی آن قرار دارد توجیه نمود. وضعیت طبیعی دوربین، نقاط نشانه را در موقعیتی قرار می‌دهد که در شکل ۷ــ۱ نشان داده شده است. این موقعیت پوشش بیش‌تری را در بالای خط افق به‌وجود می‌آورد؛ بخصوص، در مواقعی که دوربین، نسبت به فضای مورد عکس‌برداری، در ارتفاع پایینی قرار گرفته، بسیار مفید است. دوربین P_{31} ویلد عکس‌هایی با ابعاد ۱۰×۱۲/۵ سانتی‌متر می‌گیرد.

شکل ۶ــ۱

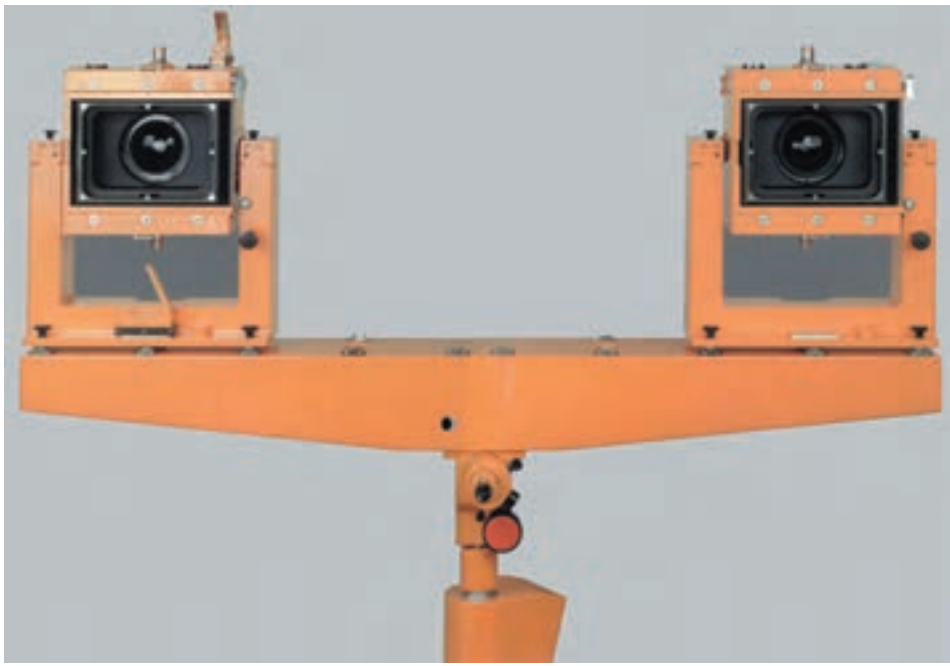


شکل ۷ــ۱

دوربین عکس‌برداری زمینی P_{32} شکل ۸ــ۱ مستقیماً روی تلسکوپ تئودولیت نصب می‌شود، درنتیجه، دوربین با کمک دوران‌های تئودولیت توجیه می‌گردد. این دوربین می‌تواند هم با فیلم شیشه‌ای و هم با فیلم پلاستیکی عکس بگیرد و ابعاد عکس‌های آن ۶۰×۸۰ میلی‌متر است. فاصله‌ی اصلی در این دوربین ۶۴ میلی‌متر است اما برای فاصله‌ی ۲۵ متر تنظیم شده است.

شکل ۸ــ۱

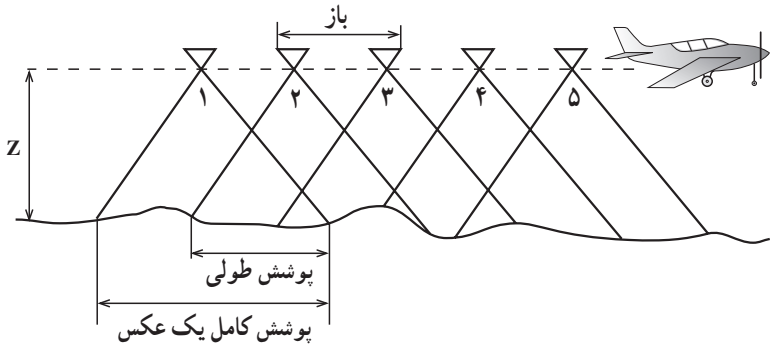
یک زوج دوربین P_{32} ویلد در شکل ۹ــ۱ مشاهده می‌شود که روی باز کوتاه‌تری سوار شده است.



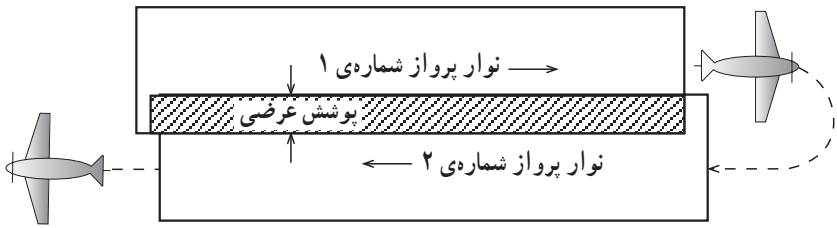
شکل ۹ــ۱

۲ــ۱ــ۱ــ عکس‌های هوایی: عکس هوایی به‌وسیله‌ی دوربین‌هایی که در داخل هواپیماهای مخصوص نصب می‌گردد گرفته می‌شود، به‌طوری‌که سرعت و ارتفاع پرواز هواپیما و باز هوایی ثابت می‌باشد. منظور از باز هوایی فاصله‌ی بین دو ایستگاه عکس‌برداری است (شکل ۱۰ــ۱). عکس‌های هوایی تهیه شده از یک منطقه دارای پوشش‌های طولی و عرضی هستند. حد مجاز پوشش طولی از ۵۸ تا ۶۸ درصد و پوشش عرضی از ۲۰ تا ۵۰ درصد است امّا به‌طور معمول پوشش‌های ۶۰ درصد را برای طولی و ۲۰ درصد را برای عرضی درنظر می‌گیرند. ابعاد عکس‌های فتوگرامتری به‌طور معمول ۲۳۰×۲۳۰ میلی‌متر است.

عکس هوایی عکسی است که با یک وسیله‌ی نقلیه‌ی هوایی (بالن، هلیکوپتر، هواپیما) از سطح زمین گرفته می‌شود.

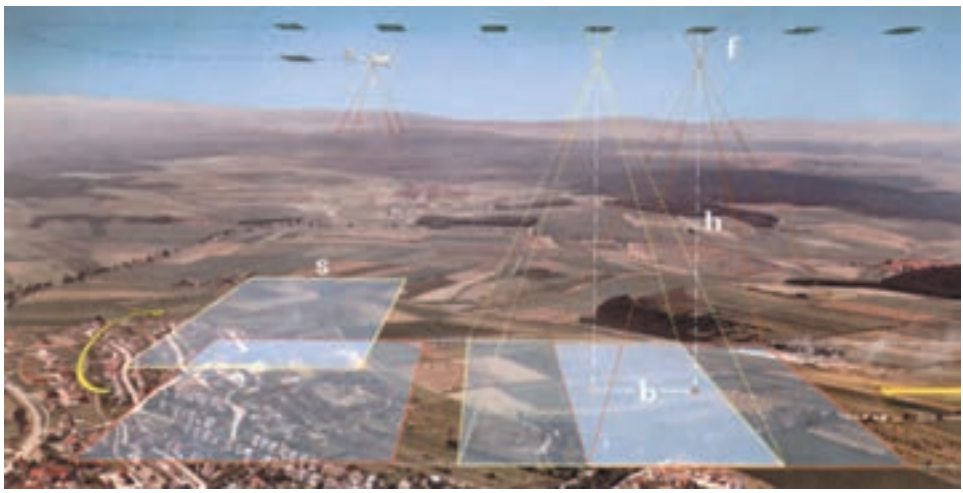


پوشش طولی عکس در راستای نوار پرواز

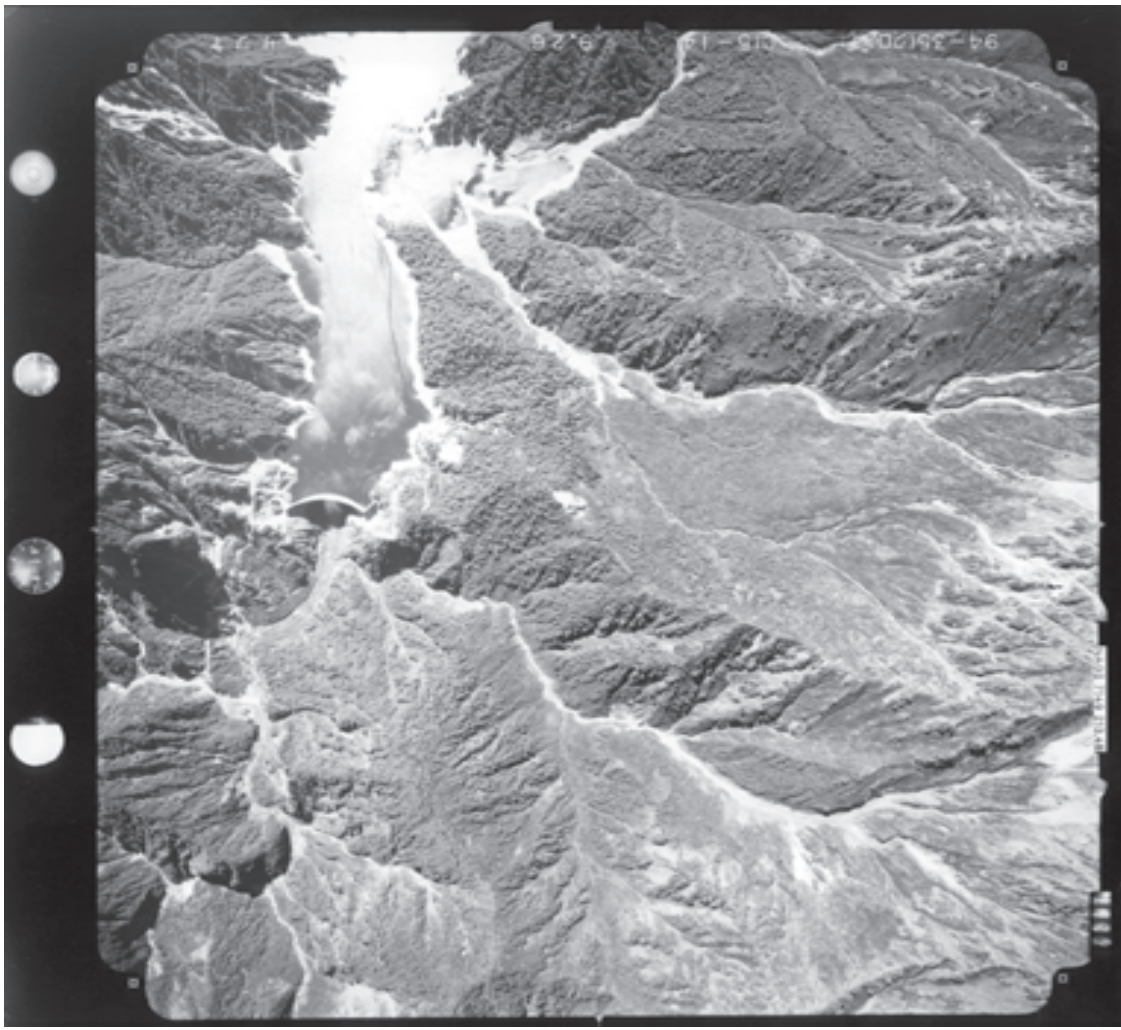


پوشش عرضی نوارهای عکس‌برداری

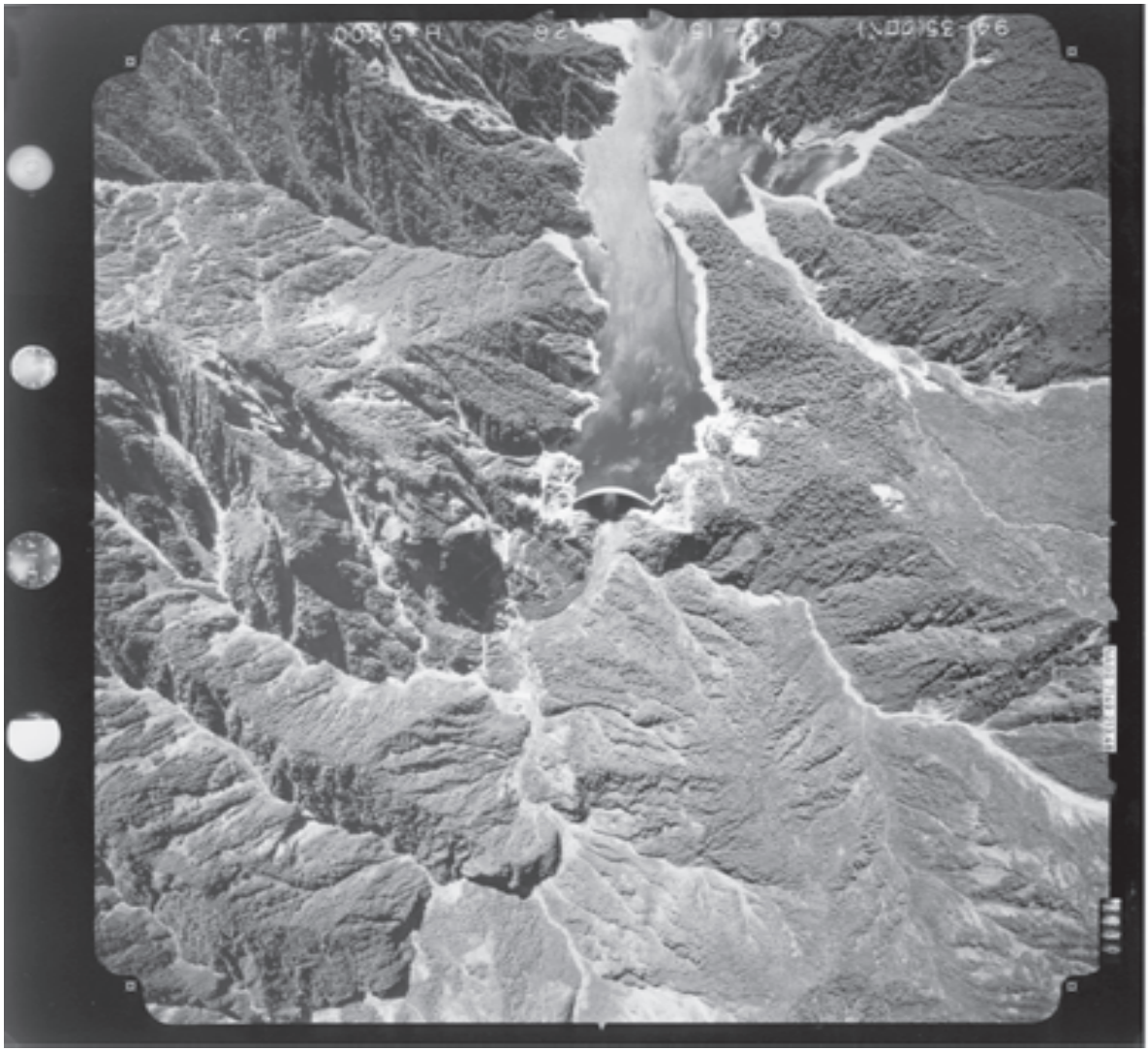
شکل ۱۰ــ۱



شکل ۱۱ــ۱



شکل ۱۲ــ۱ــ الف



شکل ۱۲ــ۱ــ ب

شکل ۱۳ــ۱ــ عکس هوایی رنگی مایل

۳ــ۱ــ۱ــ تصاویر ماهواره‌ای: از چهارم اکتبر سال ۱۹۵۷ میلادی که اولین ماهواره به فضا پرتاب شد تا امروز بیش از ۴۰۰۰ ماهواره به فضا پرتاب شده است که یکی از مهم‌ترین مأموریت‌های آن‌ها تصویربرداری از سطح زمین بوده است ؛ ضمن این‌که به‌دلیل اهمیت این تصاویر سعی شده روزبه‌روز بر کیفیت آن‌ها افزوده شود.

در سال‌های اخیر به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای، به منظور بررسی‌های مختلف زمین، هر روز وسعت بیش‌تری یافته است و این به‌خاطر ویژگی‌هایی است که این تصاویر دارند. این ویژگی‌ها

عبارت‌اند از :

ــ چرخش منظم ماهواره‌های تصویربردار به دور زمین ؛

ــ امکان ثبت اطلاعات و تصویربرداری‌های مکرر ؛

ــ در اختیار گذاشتن اطلاعات جدید و آگاهی‌هایی از هرگونه تغییرات ؛

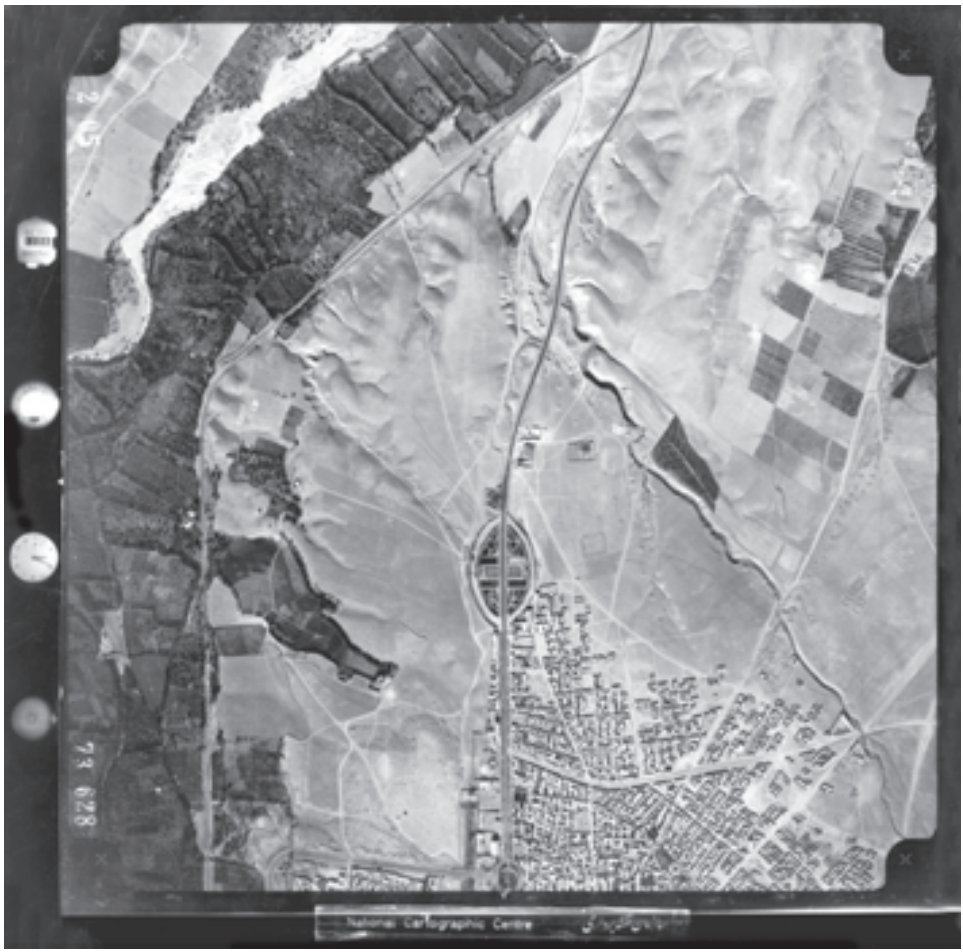
ــ اقتصادی بودن تهیه‌ی تصاویر مکرر و زیاد.

علاوه بر این در حال حاضر تهیه‌ی نقشه‌های بزرگ‌مقیاس نیز به کمک این تصاویر میسر شده است، نمونه‌ای از تصاویر بزرگ مقیاس را در اینجا می‌بینید.

شکل ۱۴ــ۱ــ نمونه‌ای از تصاویر ماهواره‌ای

۲ــ۱ــ اطلاعات موجود بر روی عکس هوایی

دوربین‌های هوایی به‌وسیله‌ای مجهزند که می‌تواند اطلاعاتی را بگیرد و آن‌ها را به‌طور خودکار در حاشیه‌ی عکس ثبت کند. این اطلاعات در هنگام استفاده از عکس بسیار مفید و ضروری است. شکل ۱۵ــ۱ نمونه‌ای از اطلاعات موجود بر روی عکس را نشان می‌دهد.

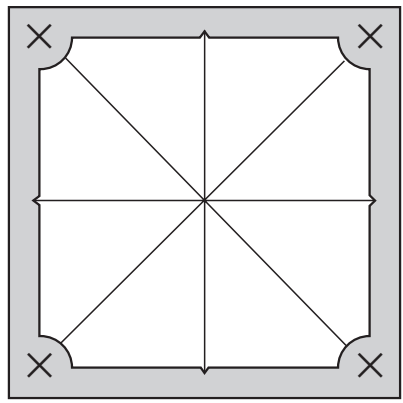


شکل ۱۵ــ۱

اطلاعات کنار عکس به شرح زیر است :

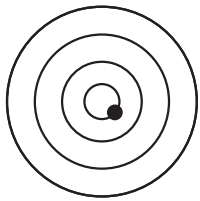
الف ــ علائم کناری: از علائم کناری (فیدوشل مارک Fiducial marks) می‌توان جهت

تعیین مرکز عکس استفاده کرد ؛ به این طریق که وقتی علائم متقابل را به هم وصل می‌کنند محل تقاطع آن‌ها مرکز عکس را مشخص می‌کند.



شکل ۱۶ــ۱

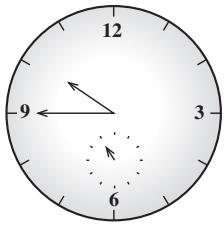
ب ــ حباب تراز: حباب تراز به‌صورت تقریبی وضعیت افقی بودن دوربین عکس‌برداری را نشان می‌دهد، به عبارت دیگر افقی بودن یا نبودن صفحه‌ی فیلم را، در موقع عکس‌برداری، از روی حباب تراز تشخیص می‌دهند. مسئول گرفتن عکس در هواپیما موظف است همیشه قائم بودن محور دوربین را در لحظه‌ی عکس‌برداری بررسی نماید. البته باید دانست که انحراف محور دوربین از امتداد قائم تا ۴ درجه مجاز است.



شکل ۱۷ــ۱ــ دوایر متحدالمرکز در تراز

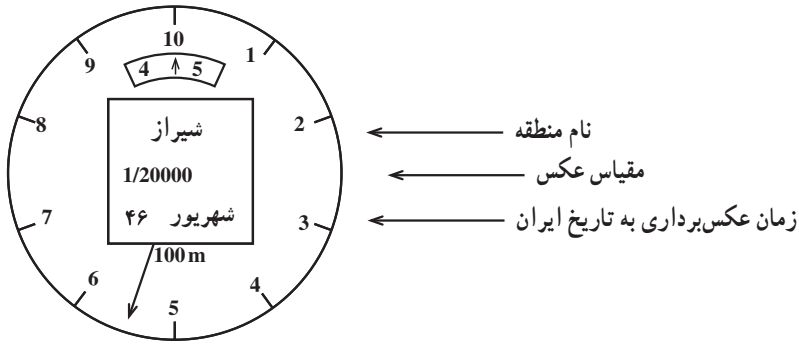
معمولاً در روی شیشه‌ی محفظه‌ی تراز تعدادی دوایر متحدالمرکز وجود دارد که می‌توان به کمک آن میزان تقریبی انحراف دوربین را برآورد کرد.

ج ــ ساعت: ساعت در کنار عکس، زمان عکس‌برداری را نشان می‌دهد. اهمیت زمان از آن نظر است که با توجه به آن می‌توان وضعیت سایه‌هایی را که بر روی عکس مشاهده می‌شوند تجزیه و تحلیل نمود و مثلاً جهت شمال عکس را، با توجه به ساعت و جهت سایه‌ها، تشخیص داد.



شکل ۱۸ــ۱

د ــ ارتفاع‌سنج: ارتفاع‌سنج میزان ارتفاع پرواز هواپیما را در موقع عکس‌برداری نشان می‌دهد. از این ارتفاع جهت تعیین مقیاس عکس هوایی استفاده می‌کنند[1]. ارتفاع در شکل ۴۵۵۰ متر است.

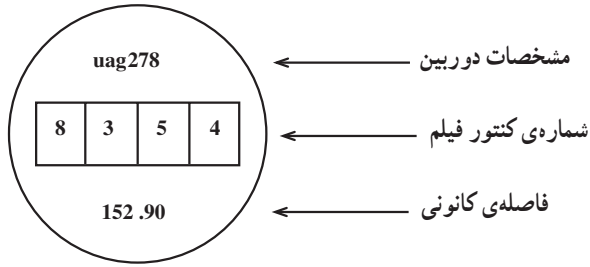


شکل ۱۹ــ۱

هـ ــ مشخصات دوربین عکس‌برداری؛

و ــ شماره‌ی کنتور عکس؛

ز ــ فاصله‌ی اصلی دوربین؛ یا فاصله‌ی کانونی، که برحسب میلی‌متر در حاشیه‌ی عکس چاپ می‌شود و از آن نیز برای تعیین مقیاس عکس هوایی استفاده می‌کنند.



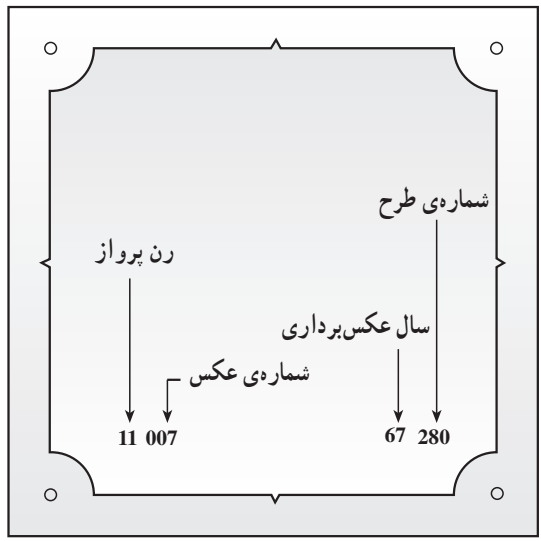
شکل ۲۰ــ۱

ح ــ نوار[2] پرواز و شماره‌ی عکس یا فیلم: در گوشه‌ی کنار چپ عکس هوایی دو عدد دنبال هم چاپ شده که به‌ترتیب، از چپ به راست، نشان‌دهنده‌ی رن پرواز و شماره‌ی عکس است.

۱ــ معمولاً در عکس‌های هوایی که در ایران تهیه می‌شود نام منطقه و مقیاس عکس و زمان عکس‌برداری به تاریخ ایران، داخل صفحه‌ی ارتفاع‌سنج، چاپ می‌گردد.

۲ــ Run

ط ــ سال عکس‌برداری و شماره‌ی طرح: در گوشه‌ی کنار راست عکس نیز دو عدد دنبال هم چاپ شده که به‌ترتیب، از چپ به راست، نشان‌دهنده‌ی سال عکس‌برداری و شماره‌ی طرح می‌باشد.

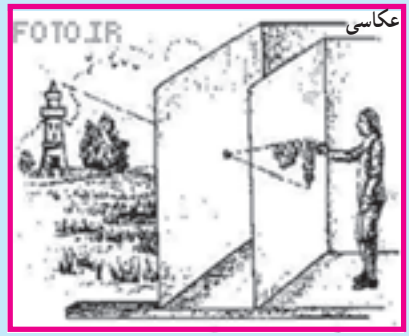


شکل ۲۱ــ۱

آیا می‌دانید

سال‌ها قبل از این‌که عکاسی اختراع شود اساس کار دوربین عکاسی وجود داشت. ابن هیثم در قرن پنجم هجری/ یازدهم میلادی وسیله‌ای را به‌نام جعبه‌ی تاریک (camera obscura) برای مطالعه‌ی خورشیدگرفتگی به‌کار برده بود. این وسیله، طی جنگ‌های صلیبی به اروپا راه یافت. اتاقک تاریک عبارت بود از جعبه یا اتاقکی که فقط بر روی یکی از سطوح آن روزنه‌ای ریز، وجود داشت. عبور نور از این روزنه باعث می‌شد که تصویری نسبتاً واضح اما به‌صورت وارونه در سطح مقابل آن تشکیل شود. جعبه‌ی تاریک به شدت مورد توجه نقاشان قرار گرفت و تمامی نقاشان به‌خصوص

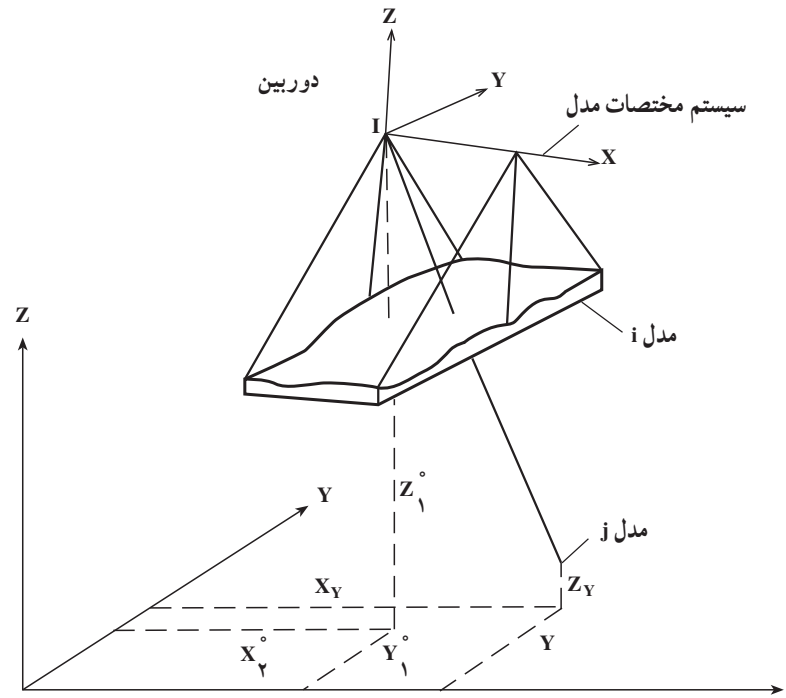
نقاشان ایتالیایی قرن شانزدهم از آن برای طراحی دقیق منظره‌ها و ملاحظه دورنمایی صحیح استفاده می‌کردند، به این ترتیب که کاغذی را بر روی سطح مقابل روزنه قرار می‌دادند و تصویر شکل گرفته را ترسیم می‌کردند. این تصاویر بسیار واقعی و از ژرفانمایی (پرسپکتیو) صحیحی برخوردار بود.



۳ــ۱ــ کاربرد عکس و تصویر

۱ــ۳ــ۱ــ کاربرد عکس هوایی: عکس هوایی دو کاربرد بسیار مهم دارد که در این‌جا ابتدا به توضیح این دو کاربرد می‌پردازیم سپس به دیگر کاربردها نیز اشاره خواهیم کرد.

الف ــ تعیین موقعیت جزئیات در عملیات تهیه‌ی نقشه (فتوگرامتری): چنانچه عکس‌های متوالی تهیه شده از یک منطقه را که دارای پوشش طولی و عرضی هستند در وضعیت زمان عکس‌برداری قرار دهیم (اشعه‌هایی که قبلاً تشکیل تصویر داده‌اند دوباره بازسازی خواهند شد) و از استرئوسکوپ (Stereoscope) استفاده نماییم مدل برجسته‌ای از زمین را مشاهده خواهیم کرد که می‌توان مختصات سه‌بعدی کلیه‌ی نقاطی را که در روی آن قرار دارند در یک سیستم مختصات عکس محاسبه کرد، آن‌گاه، با معلوم بودن مختصات سه‌بعدی تعدادی از این نقاط روی زمین و ایجاد روابط ریاضی بین دو سیستم مختصات زمینی و عکس، قادر به تعیین موقعیت کلیه‌ی جزئیات خواهیم بود. از آن‌جا که در فصول بعدی کتاب راجع به این کاربرد بحث خواهد شد در این‌جا از توضیح بیش‌تر در این مورد صرف‌نظر می‌کنیم.



شکل ۲۲ــ۱

ب ــ تفسیر عکس: در سال‌های اولیه‌ی پیدایش فتوگرامتری، از عکس هوایی صرفاً به‌منظور تهیه‌ی نقشه استفاده می‌شد، اما به‌تدریج، فتوگرامتری کاربردهای دیگری نیز پیدا کرد که مهم‌ترین آن‌ها تفسیر عکس است. چون عکس‌های هوایی حاوی اطلاعات زیادی از زمین هستند به کمک آن‌ها می‌توان، بدون تماس با زمین و مشاهده از نزدیک، به شناخت نسبتاً جامعی از منطقه‌ی مورد مطالعه دست یافت. از این‌روست که عکس‌ها در موارد زیادی کاربرد پیدا نموده‌اند. به منظور استفاده‌ی مطلوب از عکس‌ها در اموری چون شهرسازی، گیاه‌شناسی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، آب‌شناسی، جنگل‌شناسی، کشاورزی و غیره بایستی مکانیزم تفسیر عکس را آموخت که ما در این‌جا به ذکر جزئیاتی در این خصوص می‌پردازیم.

وقتی به یک عکس هوایی نگاه می‌کنیم تنها وضع ظاهری و سطحی اشیا و عوارض موجود در آن را می‌بینیم، لذا فقط موقعیت نسبی آن‌ها در ذهن ما نقش می‌بندد درحالی که دانستن پاره‌ای

اطلاعات دیگر نیز برای ما لازم است. مثلاً معمولاً با دیدن تصویری از یک ساختمان کوچک نمی‌توانیم نوع آن ساختمان را تشخیص بدهیم که آیا یک منبع آب است یا ترانسفورماتور یا ایستگاه پمپاژ آب و یا یک پست تقویت‌کننده‌ی تلویزیونی و مخابراتی و... بلکه مفسر است که با درنظر گرفتن معیارها و شاخص‌های ویژه‌ای می‌تواند نوع ساختمان را تشخیص دهد. مفسر می‌داند که مثلاً ساختمانی که در حاشیه‌ی یک جاده یا در گوشه‌ی یک کارخانه است قاعدتاً باید ترانسفورماتور باشد، یا اگر در ارتفاع یک کوهستان است احتمالاً یک ساختمان تقویت‌کننده‌ی تلویزیون است. اگر ساختمان در فواصل نسبتاً مساوی، در حاشیه‌ی جاده قرار دارد باید متعلق به تقویت‌کننده‌ی تلفن باشد و اگر در عمق یک دره، نزدیک جریان آب واقع است باید ایستگاه پمپاژ آب باشد پس تشخیص نوع ساختمان نیاز به داشتن اطلاعات قبلی مفسر و آشنایی او به محل از وجود عارضه‌ها دارد.

شکل ۲۳ــ۱

نمونه‌ی دیگر از این قبیل، وجود لکه‌های سبز در حاشیه‌ی تصاویر بعضی از عارضه‌های طبیعی است. این رنگ سبز که دلیل بر وجود جلبک است، در حقیقت نشانه‌ی این است که عارضه‌ی مزبور می‌تواند یک مرداب باشد. همچنین از روی رنگ غیرطبیعی پوشش‌های گیاهی می‌توان نوع آن‌ها را تشخیص داد.

ج ــ کاربردهای دیگر: از عکس هوایی برای کارهایی نظیر طراحی بزرگ‌راه‌ها، راه‌آهن، پل، خطوط لوله، خطوط انتقال برق، کانال‌کشی، سدهای هیدروالکتریک، کنترل سیل و پروژه‌های بازسازی مناطق شهری نیز بهره گرفته می‌شود.

شکل ۲۴ــ۱ــ این تصویر قبل از اجرای پروژه‌ی عمرانی از یک منطقه برداشته شده است.

شکل ۲۵ــ۱ــ این تصویر پس از اجرای پروژه‌ی عمرانی (احداث بزرگ‌راه و مسیرهای دسترسی به مناطق مسکونی و ساختمان‌های جدید) از منطقه‌ای که در تصویر قبل آمده بود برداشته شده است.

هم‌چنین از عکس‌های هوایی برای مشخص کردن حد و مرز زمین‌ها نیز استفاده می‌شود. اگر رئوس یک قطعه زمین روی عکس هوایی شناسایی و مشخص شود آن قطعه را با توجه به عوارض روی زمین و مدارک و اسناد موجود می‌توان به‌صورت کامل روی عکس شناسایی کرد.

عکس هوایی به غیر از کارهای مهندسی در سایر رشته‌ها مانند ترافیک، مسائل نظامی، اکتشافات فضایی، زمین‌شناسی و کارهای مالیاتی کاربرد دارد.

به‌وسیله‌ی عکس هوایی می‌توان موقعیت عوارض طبیعی زمین را به‌خوبی شناسایی کرد. مثلاً

می‌توان از روی مجاری آب و شیارهای روی سنگ‌ها به‌وجود یخچال‌های قدیمی پی برد و زمین‌های بایر را از زمین‌های زراعتی تشخیص داد یا مسیرهای قبلی و فعلی رودخانه‌ها را شناسایی کرد و به علل تغییر مسیر آن‌ها پی برد.

عوارض و نقاطی که از طریق زمین امکان دسترسی به آن‌ها نیست یا دسترسی به آن‌ها مشکل است مانند یخچال‌های قلل و مرداب‌ها و کویرهای غیرقابل عبور را نیز به کمک عکس شناسایی و از آن‌ها نقشه تهیه می‌کنند. از روی عکس می‌توان حدود جنگل‌ها و مزارع و مرداب‌ها را مشخص کرد و با توجه به سایه‌ی درخت‌ها و تیرهای برق و غیره و ساختمان‌های بلند ارتفاع آن‌ها را محاسبه کرد.

در عکس‌برداری‌های نظامی، برای تشخیص اشیایی مانند توپ‌ها و تانک‌ها که مثلاً در جنگل‌ها و زیر درختان و برگ‌ها استتار شده‌اند می‌توان از اثر چرخ‌های این ادوات بر روی زمین‌های اطراف، که در عکس نمایان است، به وجود آن‌ها پی برد.

در هنگام جنگ از مقایسه‌ی عکس یک منطقه با نقشه‌ی دقیق قدیمی آن منطقه پی به موقعیت دشمن می‌برند و حرکت افراد نظامی و قطار و غیره را با گرفتن عکس در آن زمان مشخص می‌نمایند. برای این نوع تحقیقات بایستی فیلم‌ها خیلی واضح باشند تا تشخیص دقیق سایه‌ها در آن‌ها عملی و میسر شود.

۲ــ۳ــ۱ــ کاربرد عکس‌های فتوگرامتری زمینی: عکس‌های زمینی فتوگرامتری نیز در جهان کاربردهای وسیعی پیدا نموده که در این‌جا به ذکر دو نمونه که اوّلی اخیراً در ایران مورد استفاده قرار گرفته می‌پردازیم :

الف ــ کاربرد عکس‌های زمینی فتوگرامتری در تهیه‌ی نقشه‌های رولوه ساختمانی، تهیه‌ی نقشه‌های رولوه از بناهای تاریخی و آثار هنری که احتیاج به مرمت و بازسازی دارند بخصوص در مناطقی که دارای نقش و نگار پیچیده و متراکم است به روش‌های قدیمی بسیار وقت‌گیر و کم‌دقت است چرا که در این روش‌ها که پس از طراحی عوارض و اندازه‌گیری تقریبی فواصل تعدادی از نقاط بر روی این عوارض انجام می‌گیرد در هیچ کدام از مراحل طراحی و اندازه‌گیری تقریبی نتیجه‌ی اطمینان‌بخش حاصل نمی‌شود درصورتی که با تهیه‌ی عکس‌های زمینی مناسب که کلیه‌ی جزئیات به‌وضوح در موقعیت واقعی در آن‌ها ظاهر می‌شود و سپس انتخاب نقاط کنترل و اندازه‌گیری کمیت‌های لازم با دستگاه‌های دقیق نقشه‌برداری این امکان فراهم شد، که علاوه بر این‌که می‌توان نقشه‌های رولوه‌ی بسیار دقیق از سطح بناهای فوق تهیه نمود، عکس‌های تهیه شده مزایای زیر را نیز داراست :

ــ عکس‌های پوشش‌دار امکان برجسته‌بینی از مناطق مشترک دو عکس را فراهم آورده و به‌این‌ترتیب کلیه‌ی تورفتگی‌ها و برآمدگی‌ها قابل تشخیص است.

شکل ۲۶ــ۱ــ عکس فتوگرامتری زمینی از یک بنا

از آن‌جا که به منظور تهیه‌ی نقشه، مختصات دقیق نقاط کنترل انتخاب شده به‌دست می‌آید مختصات هر نقطه‌ی انتخابی بر روی عکس و درنتیجه در روی بنا قابل دسترسی است. بنابراین به منظور ارائه‌ی طرح‌های مرمت و بازسازی می‌توان بسیار دقیق عمل نمود.

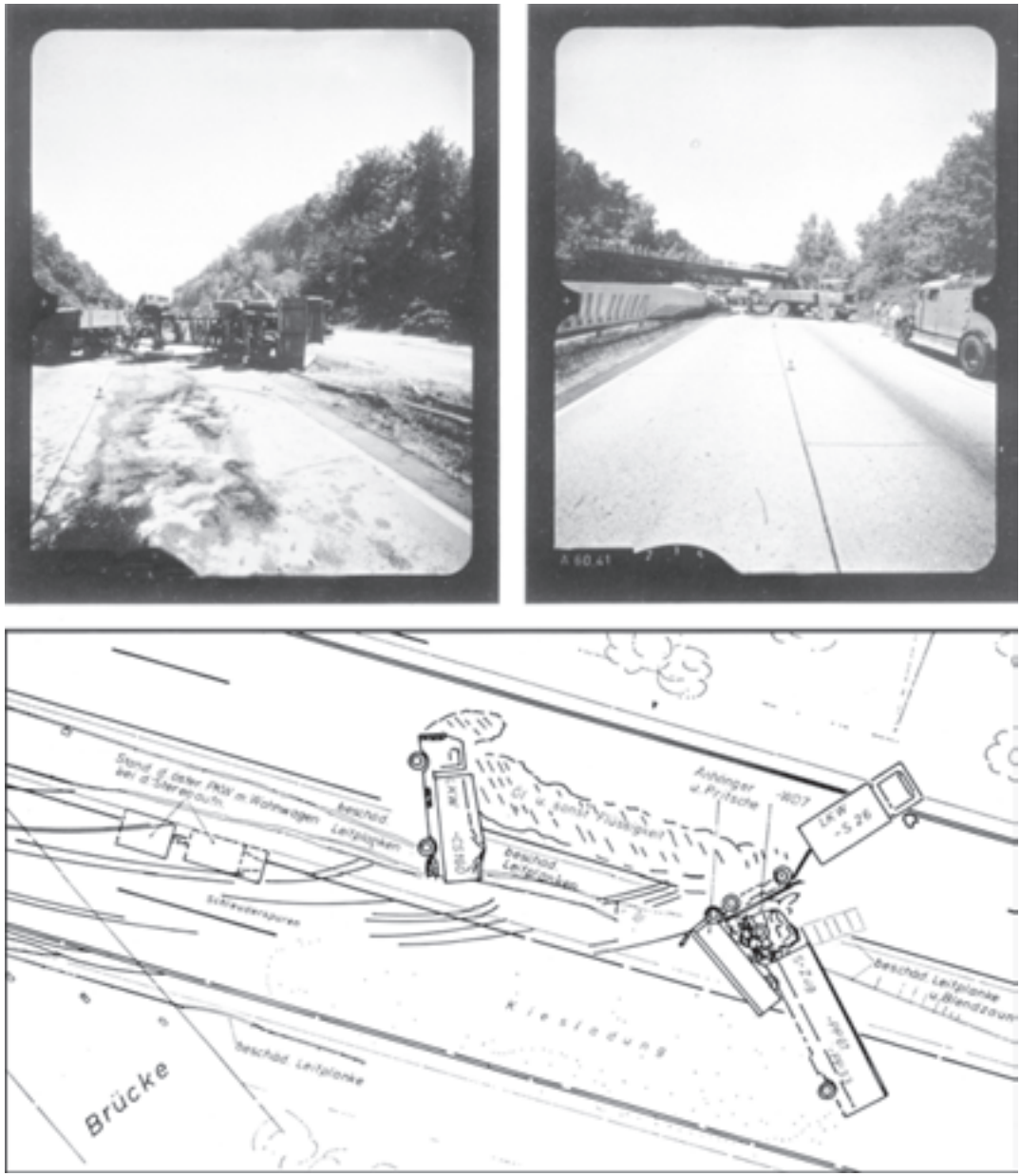
ــ با استفاده از عکس‌های پوشش‌دار تهیه شده از یک مجموعه، می‌توان یک بایگانی کامل برای ارائه‌ی سریع اطلاعات و ایجاد مدل برجسته از مناطق مختلف مجموعه تهیه کرد. به این‌ترتیب در هر زمان بدون نیاز به رفتن به محل بنا امکان بررسی وضعیت ظاهری بنا فراهم می‌گردد.

شکل ۲۷ــ۱ــ نقشه‌ی بنا

ــ به‌دلیل سرعت کار تهیه‌ی این نوع عکس‌ها (به‌خصوص با استفاده از دوربین‌های جدید دیجیتال که اطلاعات عددی آن‌ها قابل انتقال به رایانه و ذخیره در آن است) امکان به روز درآوردن نقشه‌های تهیه شده در فاصله‌ی زمانی مشخص میسر است و تغییرات انجام شده در هر زمان را می‌توان سریعاً در مجموعه‌ی اطلاعات و نقشه اصلاح نمود.

شکل ۲۸ــ۱ــ نمونه‌ی تصویری که توسط دوربین دیجیتال برداشته شده است.

ب ــ در امر تصادفات به منظور بازسازی سریع صحنه‌ی تصادفات سنگین و بررسی همه‌جانبه‌ی علل رخ‌داد آن با استفاده از عکس‌های فتوگرامتری، به یک نمونه که در تصویر نشان داده شده است توجه نمایید.



شکل ۲۹ــ۱

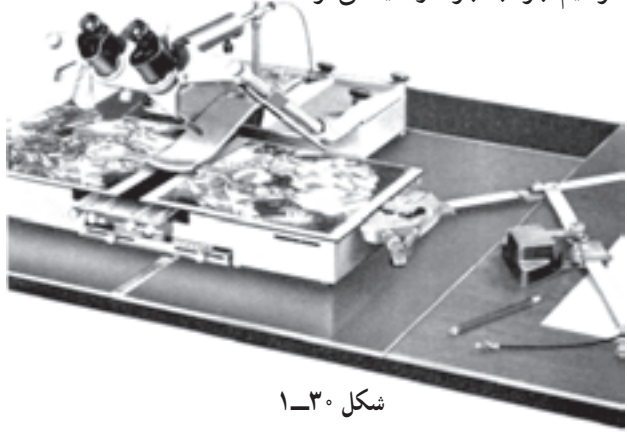
۳ــ۳ــ۱ــ نقشه‌های خطی و نقشه‌های عکسی: به‌طوری که در فصل ۵ این کتاب خواهید دید به منظور تهیه‌ی نقشه، عکس‌ها را به کمک دستگاه‌های مخصوص تبدیل به نقشه می‌نمایند و ضمن این عمل بر روی میز ترسیم که در کنار دستگاه تبدیل قرار دارد قلم رسام، عوارض را ترسیم می‌نماید و چون در این روش با رسم انواع خطوط، نقشه رسم می‌گردد. به نقشه‌هایی که به این ترتیب تهیه می‌شوند **نقشه‌های خطی** می‌گویند. تهیه‌ی نقشه‌های خطی مستلزم عملیاتی مفصل است که با جزئیات آن در آینده آشنا خواهید شد.

نقشه‌های عکسی را از اتصال چندین عکس هوایی تهیه می‌کنند، با این شرط که اولاً عکس‌های تهیه شده قائم باشند و ثانیاً اختلاف ارتفاعات منطقه کم‌تر از $\frac{۱}{۳۰}$ ارتفاع پرواز هواپیما باشد. نقاط ضعف نقشه‌های عکسی در مقایسه با نقشه‌های خطّی عبارت است از :

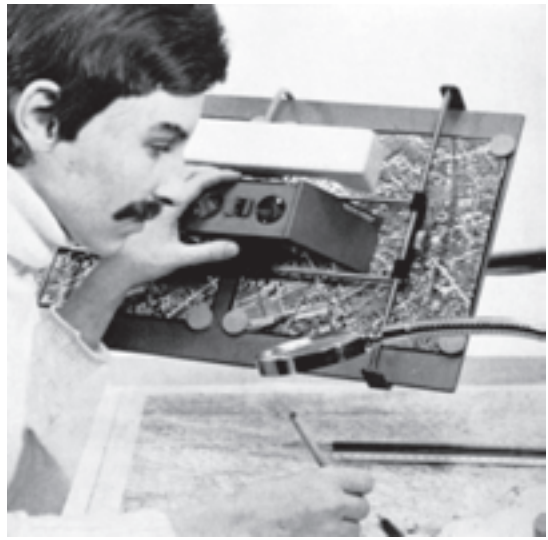
الف ــ عوارض همان‌طور که در عکس دیده می‌شوند روی نقشه ظاهر می‌گردند و مثلاً خیابان‌ها، ساختمان‌ها و غیره با نشانه‌های خاص خود نشان داده نمی‌شوند. علاوه بر این تعداد زیادی عوارض نامربوط نیز خواه ناخواه در تصویر داخل می‌شود ؛ مثل ماشین‌ها، توده‌های مواد ساختمانی و غیره. لذا استفاده‌کننده از نقشه مجبور است مقداری از تفسیر عکس هوایی را خود انجام دهد، درحالی که در نقشه‌ی خطی اپراتور فتوگرامتری، در هنگام تبدیل، عکس هوایی را تفسیر می‌کند. البته در عکس‌های بزرگ‌مقیاس تفسیر عکس، تجربه‌ی قبلی زیادی نمی‌خواهد و از این جهت مشکلی ندارد.

ب ــ عوارضی که بالاتر از سطح زمین هستند (مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از جاده‌ها و خانه‌ها) به‌طور شعاعی جابه‌جا می‌شوند (به نسبت فاصله‌ی آن‌ها از نقطه‌ی نادیر که تقریباً در مرکز عکس است) زیرا عکس تصویر مرکزی است درحالی که نقشه تصویر قائم می‌باشد.

یکی از مزیت‌های نقشه‌ی عکسی نسبت به نقشه‌ی خطی سرعت تهیه‌ی آن است در مواقعی که زمین مسطح نیست ترسیم جزء به جزء توصیه می‌گردد.



شکل ۳۰ــ۱



شکل ۳۱ــ۱

شکل ۳۲ــ۱

استفاده‌کنندگان از نقشه بایستی ترغیب شوند که به‌جای استفاده از نقشه‌ی خطی معمولی از نقشه‌ی عکسی استفاده کنند. تجربیات بعدی نشان داده است که استفاده‌کنندگان به این نوع نقشه علاقمند می‌گردند چون قادر خواهند بود اطلاعات بسیار زیادی استخراج کنند، در حالی که در نقشه‌ی خطی معمولی این همه اطلاعات وجود ندارد.

سرعت تولید نقشه‌ی عکسی حدود ۱۰ تا ۱۵ برابر سریع‌تر از تهیه‌ی نقشه‌ی خطی معمولی است.

برای تهیه‌ی نقشه‌ی عکسی در مقیاس‌های مختلف با بزرگ و کوچک کردن عکس‌های مربوطه می‌توان آن‌ها را در یک مقیاس مناسب درآورد و اطلاعاتی مانند اسامی که در نقشه‌ها وجود دارد به عکس هوایی اضافه نمود.

شناسایی و تفسیر عوارض روی این نوع نقشه‌های عکسی به‌راحتی صورت می‌گیرد، زیرا عوارض با تصویر واقعی دیده می‌شود و لذا کارشناسان آن را بهتر از نقشه می‌پسندند.

شکل ۳۳ــ۱

اخیراً نقشه‌های عکسی به کمک تصاویر ماهواره‌ای نیز تهیه شده است. در شکل ۳۳ــ۱ نقشه‌ی عکسی قسمتی از شهر تهران که به کمک تصاویر ماهواره‌ای اسپات توسط اداره‌ی کل نقشه‌برداری وزارت نفت آماده شده است را می‌بینید.

۴ــ۳ــ۱ــ کاربرد تصاویر ماهواره‌ای و مقایسه‌ی آن‌ها با عکس‌های هوایی: منظور از تصاویر ماهواره‌ای عکس‌هایی است که ماهواره‌ها ضمن عبور از روی مناطق موردنظر برمی‌دارند. با تجزیه و تحلیل اطلاعاتی که این تصاویر به‌دست می‌دهند می‌توان آن‌ها را در بسیاری از موارد مورد استفاده قرار داد.

تصاویر ماهواره‌ای گرچه در ابتدا برای مقاصد نظامی تهیه شدند ولی از سال ۱۹۶۰ به بعد برای مقاصد دیگری مانند امور مخابراتی و ارتباطات، شناخت محیط و زمینه‌های مختلف جغرافیایی، کشاورزی، جنگل‌شناسی، زمین‌شناسی، اقیانوس‌شناسی و نقشه‌برداری به‌کار گرفته شدند و روزبه‌روز بر کاربرد آن‌ها افزوده شد.

از خصوصیات مهم تصاویر ماهواره‌ای سطح پوشش زیاد آن‌هاست که امکان مطالعه‌ی بسیاری از موارد مانند پوشش گیاهی یک منطقه، اثرات خشک‌سالی، جابه‌جایی رسوبات آبی و غیره و هم‌چنین تهیه‌ی نقشه‌های کوچک‌مقیاس را میسّر می‌سازد. خصوصیت دیگر این تصاویر وجود باندهای مختلف تصویربرداری در آن‌هاست ؛ به این معنی که سنجش‌گرهای حساس نصب شده در ماهواره در باندهای مختلف بر روی آن‌ها ضبط می‌شود و وجود هفت باند به‌معنای امکان مشاهده‌ی هر منطقه (در یک لحظه) به هفت شکل مختلف است.

تصاویر ماهواره‌ای را می‌توان برای به روز درآوردن نقشه‌ها نیز مورد استفاده قرار داد. زیرا عوارضی نظیر مسیرهای انتقال آب، جاده و راه‌آهن در این تصاویر قابل تشخیص‌اند و از آن‌جا که ماهواره‌ها مرتباً مشغول تصویربرداری هستند می‌توانند با عکس‌برداری‌های مکرری که در تاریخ‌های مختلف انجام می‌دهند، عوارض جدید را نیز نشان دهند.

۴ــ۱ــ مقایسه‌ی عکس و نقشه

نقشه و عکس هریک کاربرد خاص خود را دارد و نمی‌توان یکی را جایگزین دیگری کرد. به‌عبارتی می‌توان گفت با وجود آن‌که بین نقشه و عکس شباهت‌هایی وجود دارد ولی تفاوت‌هایی نیز بین آن دو دیده می‌شود. در زیر به شرح این تفاوت‌ها می‌پردازیم :

الف ــ یکی از تفاوت‌های عکس با نقشه این است که نقشه همواره تصویر قائم عوارض موردنظر

است درصورتی که عکس، فقط در زمانی قائم است که تصویربرداری از یک تصویر مرکزی بر روی سطح افقی از زمین که کاملاً مسطح باشد انجام شده باشد. زمانی که زمین مسطح نباشد و در عوارض روی زمین اختلاف ارتفاع موجود باشد، مانند کوه‌ها و دره‌ها و ساختمان‌ها، جابه‌جایی[1] های تصویری ناشی از ناهمواری در عکس به‌وجود خواهد آمد.

ب ــ در روی نقشه ارتفاع نقاط زمین به فاصله‌های معین یادداشت شده و در ضمن منحنی میزان‌های مشخص رسم شده است که می‌توان همیشه ارتفاع‌های روی سطح نقشه را داشت، درصورتی که یک عکس هوایی ارتفاع نقاط را به‌صورت رقم ندارد.

ج ــ به کمک یک زوج عکس می‌توان عوارض موجود در روی عکس‌های هوایی را با دستگاه‌های ساده به‌صورت برجسته و سه‌بعدی مشاهده کرد و ارتفاعات مناطق را نسبت به هم‌دیگر محاسبه نمود که این مورد، احتیاج به استفاده از وسایل خاص و تجربه در این زمینه دارد. هرکس می‌تواند از روی نقشه ارتفاعات را بخواند و از آن استفاده کند اما امکان سه‌بعدی دیدن عوارض، در نقشه، وجود ندارد.

د ــ عوارض در روی نقشه با علائم و خط‌های خاصی که انتخاب می‌کنند مشخص می‌شود و به‌راحتی می‌توان تفاوت جاده‌ی خاکی، جاده‌ی اسفالته، شاه‌راه و راه‌آهن را از یکدیگر تشخیص داد.

اسامی، نوشته‌ها و اعداد باعث شناسایی عوارض روی نقشه است و ساختمان‌هایی نظیر مدارس و مساجد و بیمارستان‌ها و ساختمان‌های نیمه‌ساخته و چهاردیواری و کلیه‌ی عوارض دیگر، با اطلاعاتی که در کنار نقشه مشخص شده است، قابل شناخت می‌باشد امّا در عکس هوایی که اغلب هم مقیاس‌های کوچک در اختیار است شناسایی عوارض احتیاج به مطالعه و تفسیر دارد.

هـ ــ عکس هوایی شامل همه‌ی اطلاعات سطح زمین، که قابل مشاهده است، می‌باشد درصورتی که اطلاعات نقشه بستگی به مقیاس نقشه و کار موردنظر دارد.

و ــ عکس را در زمان کوتاه‌تری می‌توان فراهم کرد درصورتی که تهیه‌ی نقشه به زمان طولانی احتیاج دارد.

ز ــ عکس هوایی از یک ارتفاع معین از سطح زمین گرفته می‌شود، بنابراین کلیه‌ی عوارض موجود در یک عکس به یک اندازه کوچک شده‌اند و عوارض نسبت به هم دارای اندازه‌های واقعی

۱ــ جابه‌جایی ناشی از ناهمواری عبارت است از فاصله‌ی محل فرضی نقطه بر سطح هموار و مبنا نسبت به محل فعلی آن در عکس.

هستند ؛ ولی در نقشه، به علت بسیار کوچک بودن بعضی از عوارض و تشخیص ندادن عارضه این نسبت‌ها را رعایت نمی‌کنند و با علائم قراردادی بزرگ‌تر از مقدار واقعی خودش نشان می‌دهند ؛ مثلاً در نقشه‌های کوچک‌مقیاس، جاده‌ها را بزرگ‌تر از اندازه‌های واقعی ترسیم می‌کنند.

ح ــ بر روی نقشه عوارض را با رنگ‌های مشخص که نقشه‌کش انتخاب می‌کند و قراردادی است نشان می‌دهند که به این طریق اطلاعات نقشه از هم تفکیک می‌شود ؛ ولی در مورد عکس چنین نیست. تمام عکس‌های موجود سیاه و سفید است و اگر هم عکس رنگی از منطقه‌ای داشته باشیم چون تنوع رنگ بر روی زمین بسیار زیاد است تشخیص عوارض از روی رنگ آن‌ها بسیار مشکل است.

خودآزمایی

۱ــ چند نوع عکس در فتوگرامتری داریم؟

۲ــ عکس هوایی و ماهواره‌ای را تعریف کنید.

۳ــ عکس‌های زمینی را تعریف کنید.

۴ــ عکس‌های زمینی در چه نوع از کارها مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

۵ــ طریقه‌ی عکس‌برداری هوایی را توضیح دهید.

۶ــ اطلاعات موجود در حاشیه‌ی عکس را نام ببرید.

۷ــ از علائم کناری و فیدوشل مارک‌ها در عکس چه استفاده‌ای می‌شود؟

۸ــ داده‌های زیر را به روشی که در عکس‌های هوایی ثبت می‌شوند بنویسید :
سال عکس‌برداری ۹۸، شماره‌ی عکس ۲۲، شماره‌ی طرح ۱۲۵ و رن پرواز ۱ می‌باشد.

۹ــ برای برجسته‌بینی عوارض عکس از چه دستگاه‌هایی استفاده می‌شود؟

۱۰ــ پوشش طولی و عرضی عکس‌ها معمولاً چند درصد است؟

۱۱ــ تفسیر عکس هوایی در چه زمینه‌هایی کاربرد دارد؟

۱۲ــ نقشه‌ی عکس را چگونه تهیه می‌کنند؟

۱۳ــ پنج مورد از تفاوت‌های عکس با نقشه را ذکر کنید.

فعالیت عملی

فعالیت عملی (۱)

تهیه‌ی گزارش از خط تولید فتوگرامتری با مشاهده‌ی فیلم یا بازدید از سازمان‌ها یا شرکت‌های فعال در زمینه‌ی فتوگرامتری

فعالیت عملی (۲)

با در اختیار داشتن یک قطعه عکس هوایی قائم یا کپی لیزری هم اندازه آن موارد زیر را انجام دهید :

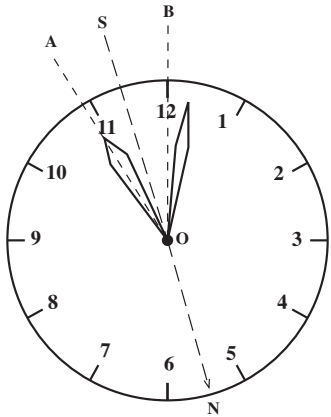
الف ــ از کلیه‌ی اطلاعات حاشیه‌ی عکس به شرح ذیل یادداشت‌برداری شود

۱ــ شماره‌ی رن، شماره‌ی عکس، سال عکس‌برداری و شماره‌ی طرح

۲ــ ساعت پرواز، جهت سایه‌ها و مشخص کردن امتداد شمال

۳ــ ارتفاع پرواز، فاصله‌ی کانونی و محاسبه‌ی مقیاس عکس

ب ــ از عکس کروکی‌برداری شود و یا به کمک پانتوگراف عوارض را با مقیاس بزرگ‌تر ترسیم نموده و عوارض را شناسایی و در آن نوشته شود.



راهنمایی ۱: جهت شمال را به‌صورت زیر می‌توانید تعیین نمایید :

مطابق شکل اگر ساعت عکس‌برداری ۱۱ و ۲ دقیقه باشد، جهت عقربه‌ی ساعت‌شمار را بر جهت سایه AO منطبق نموده و جهت ساعت ۱۲ را نیز درنظر می‌گیریم (امتداد OB) آن‌گاه نیمساز زاویه‌ی AOB جهت جنوب (امتداد OS) و درنتیجه جهت مقابل جهت شمال(امتداد ON) را نشان می‌دهد.

راهنمایی ۲: برای محاسبه‌ی مقیاس عکس ابتدا فاصله‌ی کانونی و ارتفاع پرواز را از حاشیه‌ی عکس استخراج کرده سپس نسبت فاصله‌ی کانونی به ارتفاع پرواز از زمین، مقیاس عکس خواهد شد.

مثال: اگر فاصله‌ی کانونی ۱۵۲/۴۸ میلی‌متر و ارتفاع پرواز از سطح زمین ۳۰۴۰ متر باشد مقیاس به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$S=\frac{۱۵۲/۴۸}{۳۰۴۰\times۱۰۰۰}=\frac{۱}{۱۹۹۳۷}=\frac{۱}{۲۰۰۰۰}$$

فصل دوم

هندسه‌ی عکس‌های هوایی

از آنجا که عکس هوایی یک منطقه، در واقع تصویر آن منطقه بر روی صفحه‌ی حساس فیلم است برای درک هندسی عکس باید تصویر را از نظر هندسی مورد بررسی قرار داد.

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، هنرجو باید بتواند :

۱ــ انواع تصاویر را نام برده و تفاوت آن‌ها را از نظر هندسی بیان نماید ؛

۲ــ «نقطه‌ی فرار» را، در عکس‌برداری، تعریف کند ؛

۳ــ این اصطلاحات را تعریف کند : نقطه‌ی اصلی، نقطه‌ی نادیر یا شاغولی، فاصله‌ی اصلی، نقطه‌ی همبار، محور اصلی، خط اصلی، صفحه‌ی اصلی.

۴ــ انواع عکس ازنظر سیستم تصویربردار را نام ببرد ؛

۵ــ مفهوم سیستم مختصات عکس را بداند.

۶ــ مفهوم سیستم مختصات شئ را شرح دهد.

۷ــ عکس قائم را تعریف کند و تفاوت آن را با عکس‌های مایل شرح دهد ؛

۸ــ انواع دوربین‌های هوایی را از نظر زاویه‌ی میدان دید آن‌ها نام ببرد ؛

۹ــ تفاوت عکس مایل وعکس با میل زیاد را شرح دهد ؛

۱۰ــ طرز استفاده از زوج عکس را توضیح دهد ؛

۱۱ــ رابطه‌ی عکس‌برداری و تشخیص عمق دید را بیان کند ؛

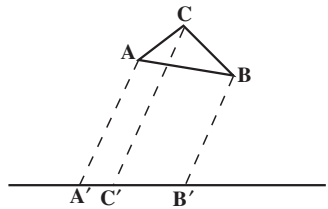
۱۲ــ تعریف و فرمول‌های مقیاس را شرح دهد ؛

۱۳ــ جابه‌جایی ناشی از ارتفاعات را با فرمول بیان کند.

۱۴ــ فعالیت عملی پایان فصل را طبق مراحل تعیین شده انجام دهد.

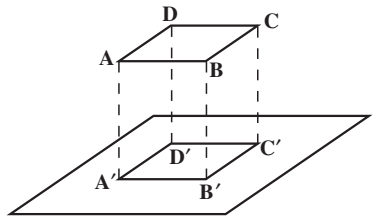
۱ــ۲ــ انواع تصاویر

۱ــ۱ــ۲ــ تصویر موازی: اولین نوع تصویر بدین ترتیب است که شعاع‌های تصویرکننده با هم موازی‌اند. برای مثال، در شکل ۱ــ۲ مثلث ABC بر روی خط L تصویر شده که $A'B'C'$ تصویر آن است و شعاع‌های تصویری AA' و BB' و CC' موازی یکدیگرند.



شکل ۱ــ۲ــ تصویر موازی

۲ــ۱ــ۲ــ تصویر قائم: دومین نوع تصویر، یعنی تصویر قائم، بدین ترتیب است که شعاع‌های تصویرکننده بر خط یا صفحه‌ی حاوی تصویر عمود می‌باشند. شکل ۲ــ۲ نشان‌دهنده‌ی تصویر در یک فضای سه‌بعدی است.

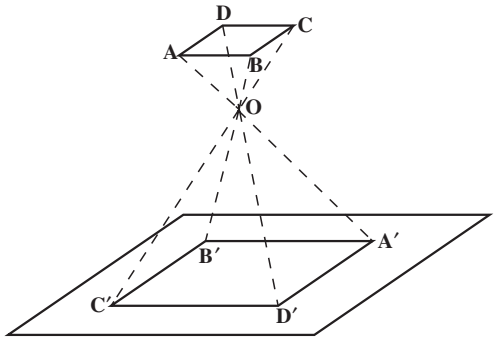


شکل ۲ــ۲ــ تصویر قائم

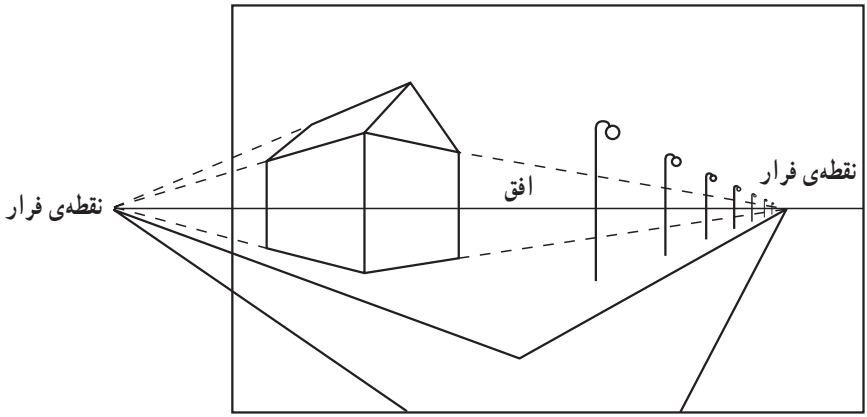
۳ــ۱ــ۲ــ تصویر مرکزی: تصویر مرکزی بدین‌گونه است که شعاع‌های تصویری همگی از نقطه‌ی O که مرکز تصویر است می‌گذرند. تصویر موازی و تصویر قائم را می‌توان حالت خاصی از تصویر مرکزی دانست که مرکز تصویر در بی‌نهایت قرار دارد. ما در این کتاب فرض می‌کنیم که عکس، یک تصویر مرکزی است اگرچه می‌دانیم که این فرض، از نظر ریاضی کاملاً صحیح نیست ؛ زیرا نمی‌توان در عدسی دوربین عکس‌برداری نقطه‌ای مانند O، مرکز تصویر، که یک نقطه‌ی هندسی است پیدا کرد.

در تصویر مرکزی و ناحیه‌ی نشان داده‌شده در شکل ۳ــ۲، ناحیه‌ی OABCD را فضای عکسی و ناحیه‌ی $OA'B'C'D'$ را فضای شئ‌ای گویند.

شکل ۴ــ۲ عکس یک ناحیه‌ی مسطح از زمین را که افق و دولبه‌ی جاده در آن است نشان می‌دهد.



شکل ۳ــ۲ــ تصویر مرکزی



شکل ۴ــ۲ــ عکس افقی

محل تقاطع تصویر خطوط موازی روی عکس که با صفحه‌ی عکس موازی نباشد را نقطه فرار گویند.

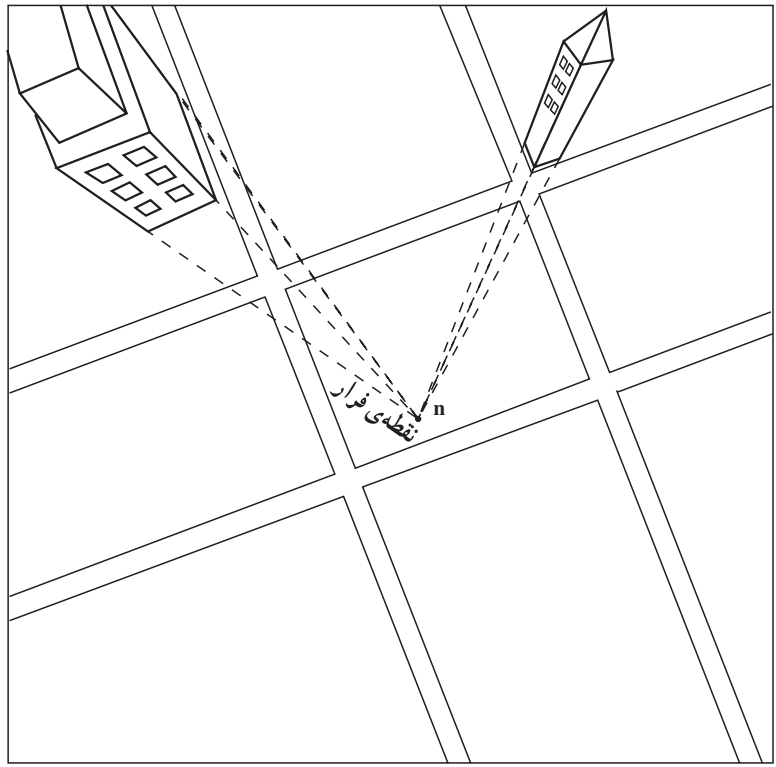
برای مثال دو لبه‌ی جاده در واقعیت کاملاً موازی هستند امّا در عکس، چنان که می‌بینید، یکدیگر را در **نقطه‌ی فرار** که در افق قرار دارد قطع کرده‌اند. به عبارت دیگر تصویر مرکزی خطوط موازی به‌صورت موازی تصویر نخواهند شد.

در عکس افقی دسته‌های خطوط موازی و افقی، چون خطی که از سر تیرهای چراغ‌برق می‌گذرد، دارای نقطه‌ی فراری در افق خواهند بود اما خود تیرهای چراغ‌برق در عکس به‌صورت موازی تصویر شده‌اند، بنابراین باید گفت، خطوطی که در طبیعت متوازی‌اند اگر موازی صفحه‌ی فیلم هم باشند در عکس به‌صورت موازی تصویر خواهند شد.

در شکل ۴ــ۲ محور دوربین عکاسی که از مرکز تصویر می‌گذرد و عمود بر صفحه‌ی فیلم است هنگام عکس‌برداری افقی بوده است. هم‌چنین در این عکس خط افق از مرکز عکس عبور کرده است.

اگر عکس کاملاً در حالت افقی گرفته نشود در این‌صورت خطوط قائم نظیر تیر چراغ‌برق، دیگر به‌صورت موازی تصویر نخواهند شد بلکه به‌صورت خطوط متقارب (همگرا) به‌سمت نقطه‌ی فرار میل خواهند کرد.

یک عکس نزدیک به قائم در شکل ۵ــ۲ نشان داده شده است که خطوط قائم به‌سمت نقطه‌ی فرار، یعنی n، متقارب شده‌اند.



شکل ۵ــ۲ــ عکس نزدیک به قائم

۲ــ۲ــ تعاریف هندسی مربوط به یک عکس منفرد

۱ــ۲ــ۲ــ نقطه‌ی اصلی (Principal Point): تصویر قائمِ مرکز تصویر را بر روی عکس،

نقطه‌ی اصلی می‌نامند و آن را بر روی عکس با حرف کوچک p و در روی زمین با حرف بزرگ P نشان می‌دهند.

۲ــ۲ــ۲ــ نقطه‌ی نادیر (Nadir Point) : خط قائمی که از مرکز تصویر می‌گذرد و صفحه‌ی تصویر را، در نقطه‌ای به نام نادیر قطع می‌کند. این نقطه در عکس با حرف n و در روی زمین با حرف N نشان داده می‌شود.

برای تعیین نقطه‌ی نادیر در روی عکس کافی است محل تقاطع خطوط قائم موازی (نقطه‌ی فرار) مانند لبه‌های عمودی ساختمان‌ها را پیدا نمود (شکل ۵ــ۲).

۳ــ۲ــ۲ــ فاصله‌ی اصلی (Principal distance) : فاصله‌ی اصلی عبارت است از فاصله‌ی بین مرکز تصویر تا صفحه‌ی عکس که معمولاً آن‌را با حرف C نشان می‌دهند. علت آن‌که این فاصله را با حرف f نشان نمی‌دهند آن است که فاصله‌ی اصلی همیشه برابر با فاصله‌ی کانونی نیست. تنها در حالتی که جسم در بی‌نهایت فرض شود این دو فاصله مساوی خواهند بود، دلیل آن را به‌آسانی می‌توان از رابطه‌ی نیوتن $\frac{۱}{f}=\frac{۱}{p}+\frac{۱}{p'}$ فهمید. در دوربین‌های هوایی که فاصله‌ی جسم تا عدسی (P) به مراتب زیادتر از فاصله‌ی تصویر تا عدسی ($P'=C$) است این دو فاصله را تقریباً مساوی فرض می‌کنند.

$$C=f$$

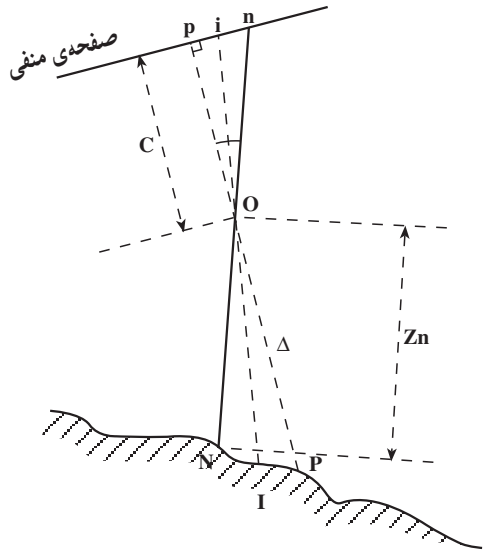
۴ــ۲ــ۲ــ نقطه‌ی همبار (Isocentre point) : محل تلاقی نیمساز زاویه‌ی $\hat{pon}$ با صفحه‌ی تصویر را نقطه‌ی همبار می‌نامند و آن‌را، بر روی عکس با حرف کوچک i و بر روی زمین با حرف بزرگ I نشان می‌دهند.

on خط نادیر و op خطی که از مرکز تصویر عمود بر صفحه‌ی منفی فیلم (عکس) است.

۵ــ۲ــ۲ــ محور اصلی (Principal Axis): خطی که از مرکز تصویر بر صفحه‌ی منفی فیلم عمود شود محور اصلی نامیده می‌شود. محور اصلی را با Δ نشان می‌دهند (شکل ۶ــ۲).

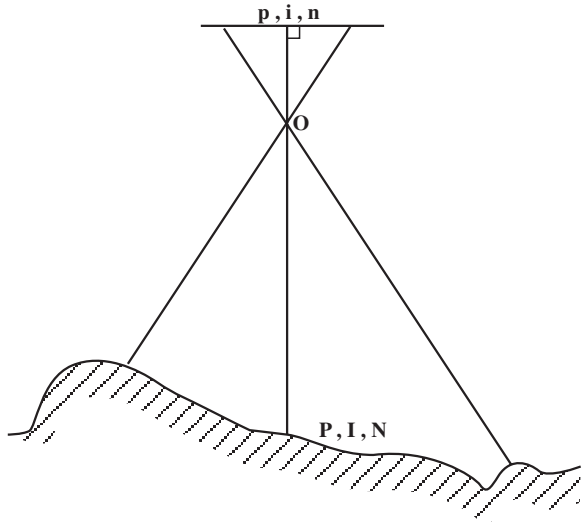
۶ــ۲ــ۲ــ خط اصلی (Principal Line): خطی که نقطه‌ی نادیر و نقطه‌ی اصلی را به هم وصل می‌کند، خط اصلی نامیده می‌شود که در شکل ۶ــ۲ pn خط اصلی است.

۷ــ۲ــ۲ــ صفحه‌ی اصلی (Principal Plane): صفحه‌ای که شامل مرکز تصویر، نقطه‌ی همبار، نقطه‌ی نادیر، نقطه‌ی اصلی، محور اصلی و خط اصلی می‌باشد، صفحه‌ی اصلی نامیده می‌شود ؛ مانند صفحه‌ی opin در شکل ۶ــ۲.



شکل ۶ــ۲ــ تعاریف هندسی یک عکس منفرد

توجّه: عکس‌هایی که کاملاً قائم گرفته شوند، نقاط اصلی، نادیر و همبار چه در روی عکس و چه در روی زمین بر هم منطبق هستند (شکل ۷ــ۲).



شکل ۷ــ۲ــ عکس قائم

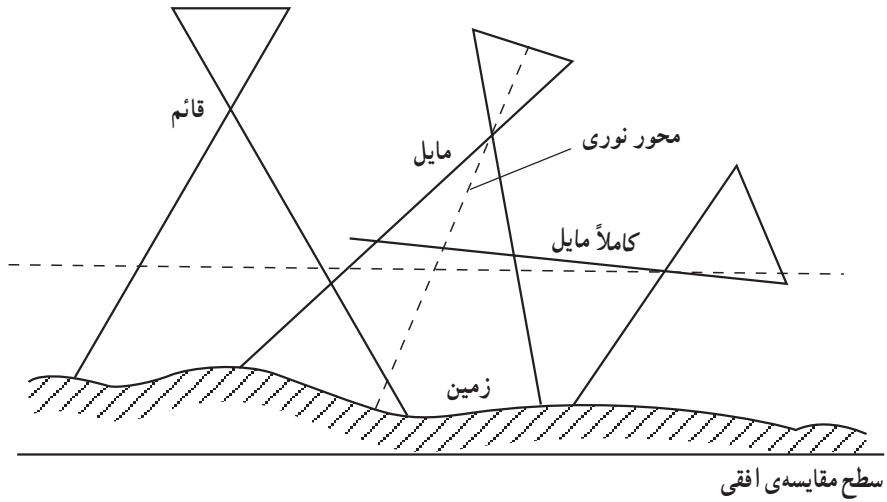
۳ــ۲ــ انواع عکس

عکس‌های هوایی را با توجه به وضعیت محور اصلی دوربین و یا زاویه‌ی میدان دید[۱] آن تقسیم‌بندی می‌کنند.

الف ــ انواع عکس‌های هوایی با توجه به وضعیت محور اصلی دوربین

شکل ۸ ــ۲ سه حالت عکس‌برداری را نسبت به سطح مبنای افقی نشان می‌دهد :

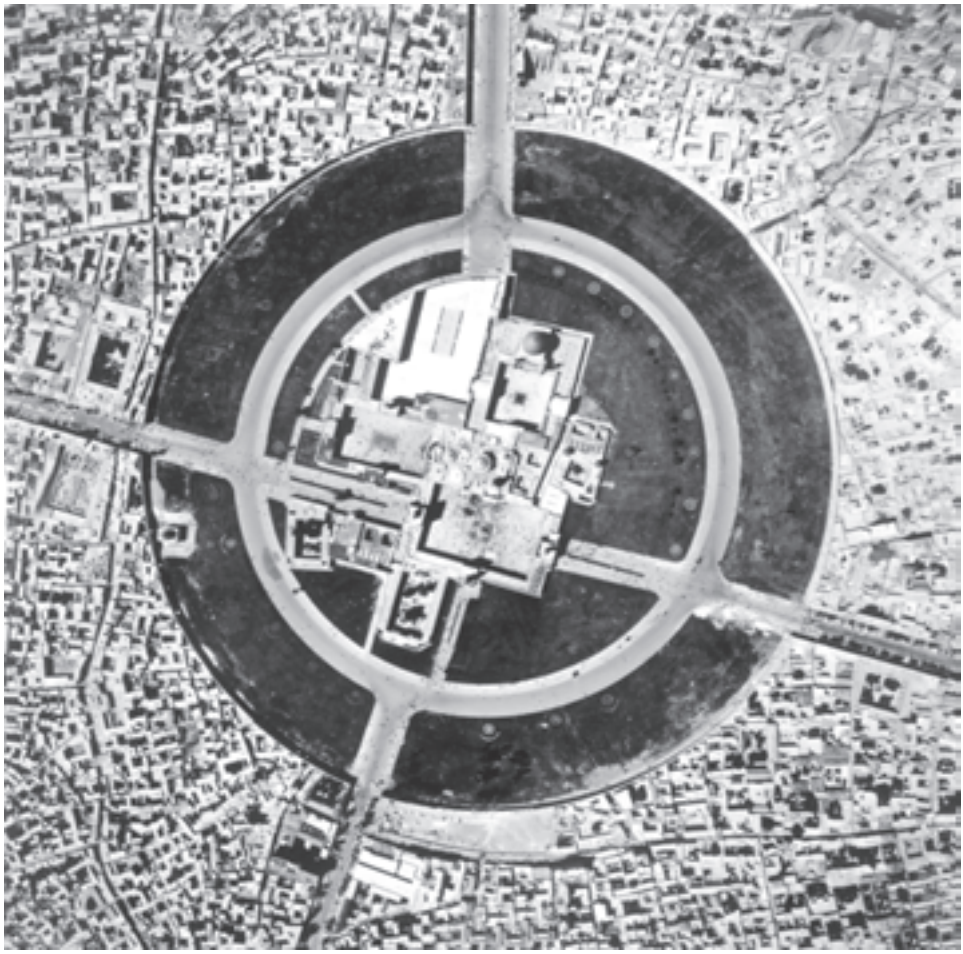
۱ــ عکس قائم ۲ــ عکس مایل ۳ــ عکس کاملاً مایل



شکل ۸ــ۲

۱ــ۳ــ۲ــ عکس قائم: عکس‌های قائم عکس‌هایی هستند که محور نوری دوربین در ضمن عکس‌برداری، کاملاً قائم باشد، که در این صورت صفحه‌ی فیلم کاملاً تراز و افقی خواهد بود. معمولاً اگر محور نوری با خط قائم زاویه‌ای تا ۴ درجه هم بسازد، آن عکس را همچنان قائم می‌دانیم. در عکس‌های قائم پستی‌ها و بلندی‌های زمین به‌آسانی قابل رؤیت نیست و منطقه‌ی عکس‌برداری شده به‌شکل مربع و نسبتاً کوچک می‌باشد و مقیاس عکس تقریباً در تمام منطقه یکسان است. عکس‌های قائمی که زاویه‌ی انحراف آن‌ها کم‌تر از ۴ درجه است برای کارهای فتوگرامتری مناسب‌اند. شکل ۹ــ۲ اطراف حرم مطهر امام رضا (ع) در مشهد را نشان می‌دهد.

۱ــ Field of View (FOV)



شکل ۹ــ۲ــ عکس قائم

۲ــ۳ــ۲ــ عکس مایل: اگر در عکس‌برداری مایل با میل کم، محور نوری (محور اصلی) دوربین با امتداد قائم زاویه‌ای بیش از ۴ درجه بسازد این نوع عکس را عکس مایل گویند. در عکس مایل با میل کم تصویر افق را نخواهیم داشت، ارتفاعات و ناهمواری‌های روی زمین تا اندازه‌ای قابل رؤیت است، منطقه‌ی عکس‌برداری شده حالتی مانند ذوزنقه دارد و مقیاس عکس در طول منطقه‌ی تصویرشده یکسان نیست. در عکس مایل طول‌ها و فاصله‌ها اندازه‌ی واقعی خود را ندارند و خطوط موازی به صورت موازی تصویر نمی‌شوند بلکه همدیگر را در نقطه‌ای قطع می‌کنند. عکس مایل برای فتوگرامتری مناسب نیست (شکل ۱۰ــ۲).

شکل ۱۰ــ۲

۳ــ۳ــ۲ــ عکس مایل با میل زیاد: در این نوع عکس، در لحظه‌ی عکس‌برداری، زاویه‌ی محور نوری دوربین را نسبت به خط قائم طوری در نظر می‌گیرند که افق در عکس تصویر شود. در عکس‌های مایل با میل زیاد پستی‌ها و بلندی‌ها به‌راحتی قابل تشخیص است و تصویر منطقه‌ی عکس‌برداری شده، مانند عکس مایل، حالتی مانند ذوزنقه دارد. همچنین مقیاس عکس در تمام نقاط عکس یکسان نیست، خطوط موازی، در تصویر، موازی نیستند و همدیگر را در افق قطع می‌کنند و بالاخره، در این تصویر عوارض نزدیک درشت‌تر و روشن‌تر از عوارض دور هستند. شکل ۱۱ــ۲

یک عکس کاملاً مایل را نشان می‌دهد.

شکل ۱۱ــ۲

خصوصیات و اختلافات کلی این سه نوع عکس‌برداری به صورت خلاصه در جدول ۱ــ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱ــ۲ــ مقایسه‌ی انواع عکس‌ها

	عکس مایل (با میل زیاد)	عکس مایل (با میل کم)	عکس قائم
خصوصیات	افق روی عکس دیده می‌شود	افق روی عکس مشهود نیست.	تیلت کم‌تر از ۴ درجه
پوشش	بیش‌ترین	کم	کم‌ترین
مساحت	ذوزنقه	ذوزنقه	مربع مستطیل
مقیاس	از جلو به عقب کاسته می‌شود.	نظیر عکس با میل زیاد است لیکن مقدار تغییر کم‌تر است	یک‌نواخت در یک ارتفاع
اختلاف با نقشه	بیش‌ترین	کم	کم‌ترین
مزایا	اقتصادی و نمایشی	تهیه عکس نقشه در مناطق مسطح	آسان برای تهیه‌ی نقشه

ب ــ انواع دوربین‌های هوایی برحسب زاویه‌ی میدان دید دوربین

انواع عکس‌های هوایی را براساس عدسی دوربینی که عکس‌ها توسط آن گرفته شده‌اند می‌توان طبقه‌بندی کرد. به‌طورکلی عکس‌های گرفته شده با دوربینی که عدسی آن تحدب کم دارد منطقه‌ی کوچک‌تری را شامل می‌شوند تا عکس‌های گرفته شده با دوربینی که عدسی آن تحدب زیاد دارد. هرچه زاویه‌ی میدان دید دوربین بزرگ‌تر باشد منطقه‌ی وسیع‌تری در عکس نمایش داده می‌شود. اما مشکل نواحی پنهان افزایش می‌یابد. زاویه‌ی میدان دید دوربین بستگی به ابعاد قاب دوربین و فاصله‌ی اصلی دوربین دارد. چون در دوربین‌های استاندارد فتوگرامتری ابعاد قاب دوربین ۲۳۰×۲۳۰ میلی‌متر است در عمل با تغییر فاصله‌ی اصلی، زاویه‌ی میدان دید دوربین تغییر می‌کند.

دوربین‌های هوایی را برحسب زاویه‌ی میدان دید در چهار گروه تقسیم‌بندی می‌کنند :

۱ــ دوربین‌هایی با زاویه‌ی باریک (Narrow angle): که دارای زاویه‌ی بین ۱۰ تا ۲۰ درجه‌اند و فاصله‌ی اصلی آن‌ها بین ۶۱۰ تا ۹۱۵ میلی‌متر است. کاربرد این دوربین‌ها در اخذ تصاویر جاسوسی، تفسیر عکس و تهیه‌ی موزائیک عکسی است.

۲ــ دوربین‌هایی با زاویه‌ی متوسط(Normal angle): که دارای زاویه‌ی بین ۵۰ تا ۷۵ درجه‌اند و فاصله‌ی اصلی آن‌ها بین ۲۱۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر است. کاربرد این دوربین‌ها در اخذ تصاویر رنگی، تفسیر عکس، تهیه‌ی موزائیک عکسی و ارتوفتو، و تهیه‌ی نقشه‌ی شهری بزرگ مقیاس است.

۳ــ دوربین‌هایی با زاویه‌ی باز (Wide angle): که دارای زاویه‌ی بین ۸۵ تا ۹۵ درجه‌اند و فاصله‌ی اصلی آن‌ها معمولاً ۱۵۳ میلی‌متر است. اکثراً از این نوع دوربین‌ها در فتوگرامتری برای

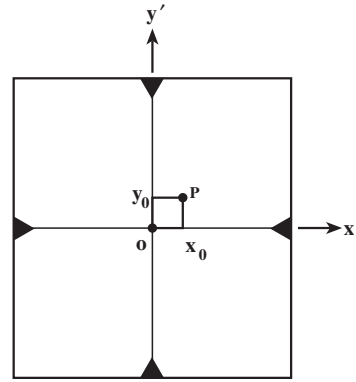
تهیه‌ی نقشه استفاده می‌شود.

۴ــ دوربین‌هایی با زاویه‌ی خیلی باز (Super wide angle): که دارای زاویه‌ی بین ۱۱۰ تا ۱۳۰ درجه‌اند و فاصله‌ی اصلی ۸۸ میلی‌متر است. کاربرد اصلی این دوربین‌ها در تهیه‌ی نقشه از مناطق تقریباً مسطح می‌باشد.

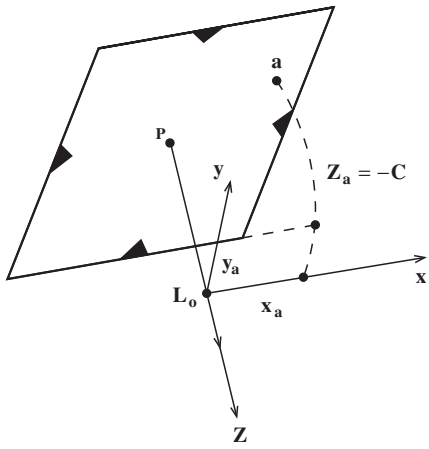
۴ــ۲ــ سیستم مختصات عکسی و توجیه داخلی

در هنگام عکسبرداری هر نقطه در فضای شی‌ای در راستای یک خط مستقیم روی یک نقطه در صفحه عکس تصویر می‌شود.

بنابراین برای تعیین موقعیت یک نقطه در روی عکس کافی است موقعیت دوبعدی آن نقطه در صفحه‌ی عکس اندازه‌گیری شود. اگرچه برای تعیین موقعیت دوبعدی نیاز به سیستم مختصات دوبعدی است اما در فتوگرامتری برای مقاصد محاسباتی، سیستم مختصات عکسی را به‌صورت سه‌بعدی تعریف می‌نمایند. مبدأ این سیستم روی نقطه مرکز تصویر، محور z آن در راستای محور دید دوربین در لحظه‌ی عکسبرداری، محور x در راستای پرواز و محور y در راستای عمود بر پرواز می‌باشد.



شکل ۱۲ــ۲



شکل ۱۳ــ۲

به این ترتیب مختصات عکس یک نقطه مانند a در روی عکس برابر ($x_a y_a z_a$) خواهد بود از آن‌جا که فاصله‌ی مبدأ تا صفحه‌ی عکس مقداری ثابت و برابر فاصله‌ی اصلی C می‌باشد همیشه $Z_a = -c \simeq f$ است.

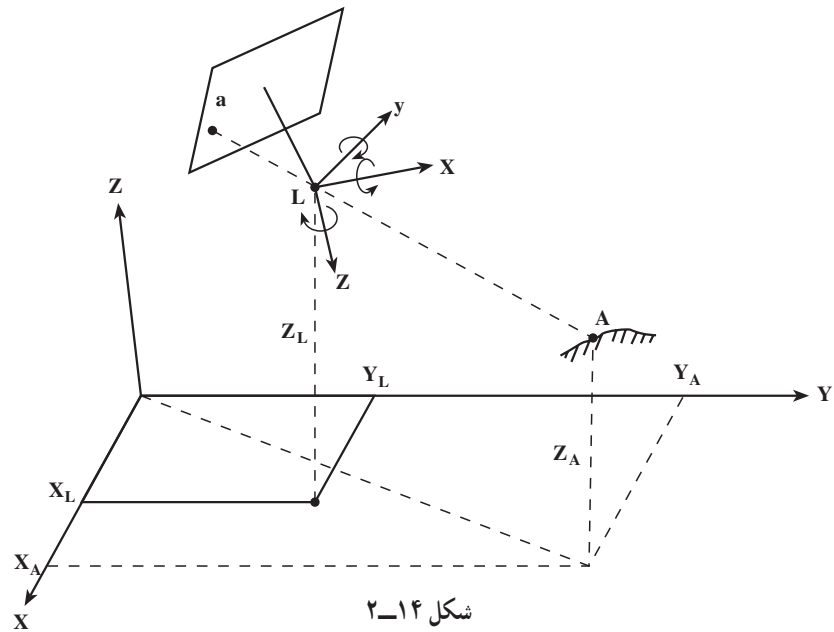
از آن جا که نقطه‌ی مرکز تصویر L در خارج است صفحه عکس تعریف می‌شود تصویر قائم آن

بر صفحه عکس را نقطه‌ی اصلی P می‌نامند. برای تعیین نقطه‌ی اصلی P از علائم حاشیه‌ای عکس استفاده می‌کنند. کافی است علائم حاشیه‌ای عکس را با دو خط عمود بر هم تقاطع داد تا نقطه‌ی مرکز عکس و محورهای عکس x' و y' روی آن مشخص شوند. محورهای عکس موازی محورهای x و y سیستم مختصات عکسی می‌باشند. در این حالت اگر نقطه‌ی مرکز عکس o را به‌اندازه ($x_o y_o$) جابجا نماییم (شکل ۱۲ــ۲) مختصات دوبعدی $x'y'$ تبدیل به مختصات دوبعدی xy خواهند شد در این روابط به ($x_o y_o C$) پارامترهای توجه داخلی گویند. به این ترتیب از طریق علائم حاشیه‌ای و با معلوم‌بودن پارامترهای توجیه داخلی می‌توان مختصات سه‌بعدی xyz عکسی را برای هر نقطه به‌دست آورد.

۵ــ۲ــ سیستم مختصات شئ‌ای و توجیه خارجی

هدف از فتوگرامتری تهیه‌ی نقشه یا تعیین موقعیت سه‌بعدی عوارض روی زمین از طریق عکسبرداری می‌باشد. برای تعیین موقعیت سه‌بعدی عوارض باید یک سیستم مختصات سه‌بعدی را تعریف نمود. در شکل ۱۴ــ۲ اگر فرض شود سیستم مختصات سه‌بعدی متعامد XYZ سیستم مختصات شی‌است آن‌گاه مختصات یک نقطه‌ی دلخواه A در این سیستم برابر ($X_A Y_A Z_A$) خواهد بود.

البته این نقطه اگر در عکسی ظاهر شود دارای مختصات عکسی ($x_a y_a - C$) در همان عکس خواهد بود. از آن‌جا که هدف از فتوگرامتری تعیین مختصات شئ‌ای از روی مختصات عکسی برای



شکل ۱۴ــ۲

هر نقطه روی سطح زمین می‌باشد باید رابطه‌ی بین سیستم مختصات شئ‌ای و سیستم مختصات عکسی تعیین شود. در واقع با این‌کار موقعیت و وضعیت دوربین در فضا در لحظه‌ی عکسبرداری مشخص می‌شود. برای این منظور سه پارامتر موقعیت مرکز تصویر L در سیستم مختصات شی‌ای و سه پارامتر دوران‌های سیستم مختصات عکسی در فضای سه‌بعدی باید مشخص شود. این سه پارامتر انتقالی و سه پارامتر دورانی، شش پارامتر توجیه خارجی برای هر عکس را تعریف می‌نمایند. با معلوم‌بودن شش پارامتر توجیه خارجی و سه پارامتر توجیه داخلی برای هر عکس می‌توان رابطه بین موقعیت دوبعدی یک نقطه در روی عکس با موقعیت سه‌بعدی همان نقطه در روی زمین را تعیین نمود. تعیین این روابط ریاضی از حوزه‌ی این کتاب خارج بوده و در دوره‌های تحصیلی بعد آن را خواهید آموخت.

۶ــ۲ــ مقیاس در فتوگرامتری و کاربرد آن

۱ــ۶ــ۲ــ تعریف و محاسبه‌ی مقیاس: مقیاس عکس قائم عبارت از کسری است که صورت آن فاصله‌ی اصلی دوربین عکس‌برداری و مخرج آن ارتفاع پرواز نسبت به سطح متوسط ارتفاعات زمین در لحظه‌ی عکس‌برداری می‌باشد و معمولاً مقیاس را با حرف S (Scale) نشان می‌دهند.

$$\text{مقیاس} = S_{ph} = \frac{C}{H'} = \frac{f}{H'} = \frac{\text{فاصله‌ی کانونی دوربین}}{\text{ارتفاع پرواز}} \qquad (۱)$$

در فتوگرامتری هوایی چون $f \simeq C$ است می‌توان به جای فاصله‌ی اصلی، فاصله‌ی کانونی دوربین یعنی f را قرار داد. منظور از ارتفاع پرواز H'، ارتفاع هواپیما از سطح زمین است نه از سطح مبنا.

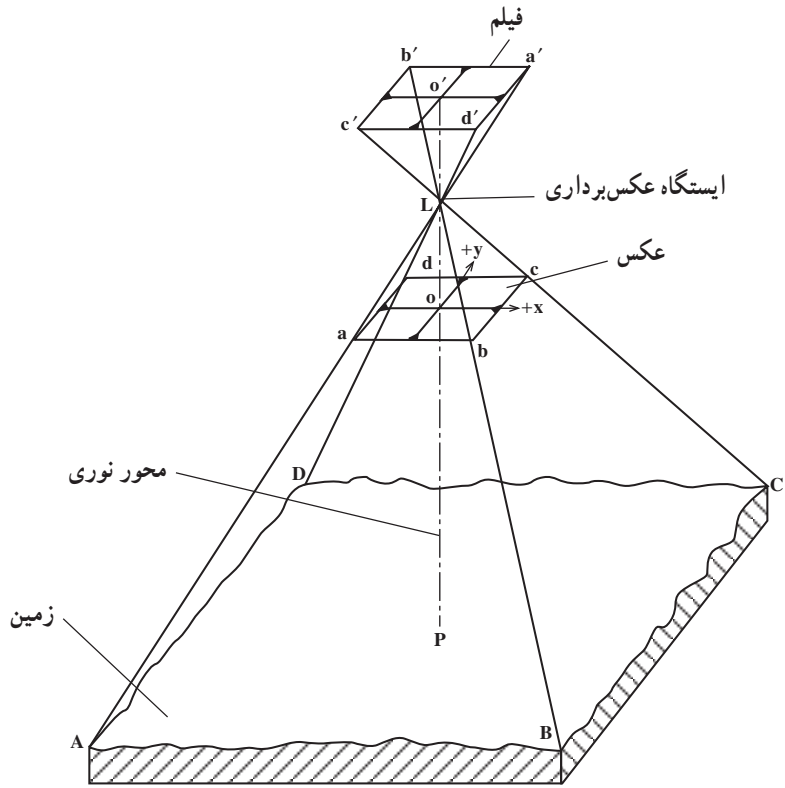
باید توجه داشت که فاصله‌ی کانونی عدسی دوربین و نیز ارتفاع پرواز در یک واحد بیان شوند، چه مقیاس مشخص‌کننده‌ی یک عدد بدون بعد است.

مقیاس عددی است کسری که صورت آن یک است لذا هرچه مخرج کسر بزرگتر باشد آن کسر نشان‌دهنده‌ی مقیاس کوچک‌تری است. مثلاً مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ بزرگ‌تر از مقیاس ۱:۱۲۰۰۰ است.

در نقشه، مقیاس در تمام نقاط یکسان است، زیرا نقشه یک تصویر قائم است. امّا در عکس، به‌علت ناهمواری زمین، و تیلت عکس مقیاس‌های متعدد خواهیم داشت. از این رو معمولاً یک مقیاس متوسط را برای عکس حساب می‌کنند.

تعیین مقیاس عکس را می‌توانیم برحسب مقایسه‌ی طول‌ها مانند رابطه‌ی (۲) و یا از نسبت

فاصله‌ی کانونی به ارتفاع پرواز مانند رابطه‌ی (۱) به‌دست آوریم.



شکل ۱۵ــ۲

رابطه‌ی (۱) نشان می‌دهد که در ارتفاع پرواز ثابت هرگاه دوربین هواپیما دارای فاصله‌ی کانونی بزرگتری باشد مقیاس عکس گرفته شده بزرگتر خواهد بود. و نیز هرگاه با یک دوربین عکس‌برداری مشخص در ارتفاعات مختلف پرواز شود، ارتفاع بیش‌تر، عکس با مقیاس کوچکتر را خواهد داشت.

ارتفاع پرواز H می‌تواند تا یک درصد قابل کنترل باشد لذا مقیاس عکس‌برداری از عکس به عکس دیگر و از نوار پروازی به نوار دیگر تغییرات مختصری خواهد داشت. مقیاس عکس‌های قائم را می‌توان از رابطه‌ی (۱) و یا از مقایسه‌ی طول بین دو نقطه روی عکس و طول مشابه آن روی زمین به‌دست آورد.

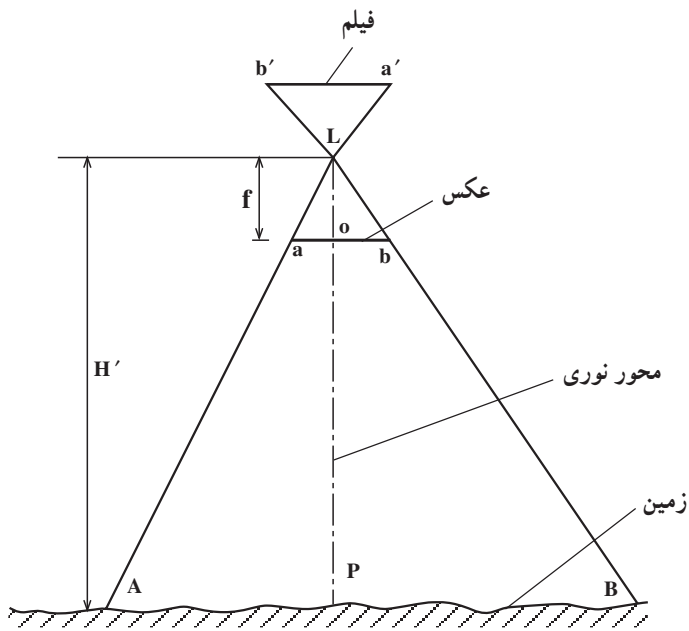
$$S = \frac{ab}{AB} = \frac{\text{طول روی عکس}}{\text{همان طول روی زمین}} \qquad (۲)$$

مطابق رابطه‌ی (۲) مقیاس عکس برابر است با طول ab در روی عکس به همان طول افقی AB که در روی زمین اندازه‌گیری شده است.

۲ــ۶ــ۲ــ مقیاس عکس برای مناطق مسطح: با توجه به شکل ۱۶ــ۲، برای تعیین مقیاس مناطق مسطح از تشابه دو مثلث Lab و LAB نتیجه خواهد شد :

$$S = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H'} \qquad (۳)$$

از رابطه‌ی (۳) معلوم می‌شود که مقیاس یک منطقه‌ی مسطح عبارت است از : «فاصله‌ی ab روی عکس به فاصله‌ی AB روی زمین» این شیوه برای مناطق مسطح و زمین‌هایی که اختلاف ارتفاع بلندترین و پست‌ترین نقطه‌ی آن‌ها از $\frac{۱}{۱۰۰}$ ارتفاع پرواز کم‌تر باشد مناسب است.

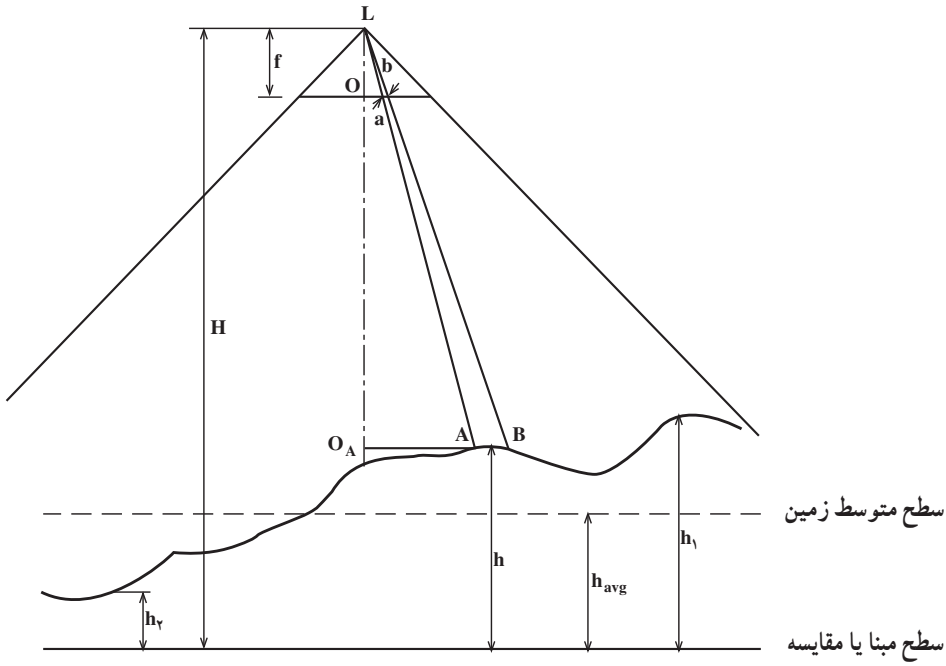


شکل ۱۶ــ۲ــ تصویر ۲بعدی عکس قائم از یک منطقه‌ی مسطح

۳ــ۶ــ۲ــ مقیاس عکس برای مناطق ناهموار: مقیاس برای مناطقی که دارای اختلاف ارتفاع زیاد می‌باشند، در تمام سطح منطقه، یکسان نیست. به‌طور مثال اگر دو عارضه‌ی مشابه در دو نقطه داشته باشیم و آن دو نقطه اختلاف ارتفاع فاحشی داشته باشند (اختلاف ارتفاع بیش از حد مجاز است) آن عارضه‌ای که ارتفاع بیش‌تری دارد به دوربین نزدیک‌تر است، لذا در عکس بزرگ‌تر از عارضه‌ای که در ارتفاع کم‌تری است تصویر می‌شود. مطابق رابطه‌ی (۳)، یعنی فرمول $S = \frac{f}{H'}$، مقدار f ثابت است امّا اگر H'، یعنی ارتفاع پرواز، بیش‌تر شود مقیاس کوچک‌تری خواهیم داشت و اگر H' کوچک‌تر شود کسر $\frac{f}{H'}$ بزرگ‌تر می‌شود که درنتیجه مقیاس بزرگ‌تری خواهیم داشت.

در شکل ۱۷ــ۲ از نقطه‌ی L که یکی از ایستگاه‌های عکس‌برداری است عکس قائمی در دست داریم. دو نقطه‌ی A و B واقع بر روی زمین و a و b تصاویر این دو نقطه بر روی عکس می‌باشد. مقیاس عکس، در ارتفاع H از سطح مبنا، برای طول ab از تشابه دو مثلث Lab و LAB محاسبه خواهد شد.

$$S_{AB} = \frac{ab}{AB} = \frac{La}{LA} \qquad (۴)$$



شکل ۱۷ــ۲ــ عکس قائم مناطق ناهموار

هم‌چنین از تشابه دو مثلث Loa و LOA به رابطه‌ی (۵) خواهیم رسید :

$$\frac{La}{LA}=\frac{f}{H-h} \qquad (۵)$$

با مقایسه و جای‌گذاری دو رابطه‌ی ۴ و ۵ خواهیم داشت :

$$S_{AB}=\frac{ab}{AB}=\frac{f}{H-h}$$

سرانجام، رابطه‌ی زیر برای یافتن مقیاس دو نقطه‌ای که ارتفاع آن‌ها از سطح مبنا h باشد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

$$S=\frac{f}{H-h} \qquad (۶)$$

در رابطه‌ی (۶) ارتفاع پرواز برای منطقه‌ی مورد نظر است و بدین معنی است که مقیاس برای قسمت‌های مختلف عکس متفاوت خواهد بود. بدین خاطر ما به‌جای مقیاس‌های متفاوت در سطح یک عکس باید از یک مقیاس متوسط استفاده کنیم که برای این کار باید ارتفاع متوسط منطقه‌ای را که از آن عکس‌برداری شده است در رابطه‌ی (۶) قرار دهیم. بدین ترتیب مقیاس متوسط (S_{avg}) به‌دست خواهد آمد :

$$S_{avg}=\frac{f}{H-h_{avg}} \qquad (۷)$$

این مقیاس برای مناطقی که ارتفاع آن‌ها برابر ارتفاع متوسط است دقت کافی را دارد ولی برای مناطق با ارتفاعات دیگر تقریبی خواهد بود.

مثال ۱: با دوربینی به فاصله‌ی کانونی ۲۱۰ میلی‌متر و ارتفاع پرواز از سطح مبنا ۴۲۰۰ متر عکس‌برداری شده است. مقیاس عکس را محاسبه کنید.

مطابق رابطه‌ی (۳) داریم $S_{ph}=\frac{f}{H}$

مقیاس عکس $S_{ph}=\frac{۲۱۰/۱۰۰۰}{۴۲۰۰}=\frac{۱}{۲۰۰۰۰}$

مثال ۲: در یک عکس برداری هوایی فاصله‌ی کانونی دوربین ۱۵۲ میلی‌متر و ارتفاع پرواز از سطح مبنا ۱۴۵۰ متر و ارتفاع متوسط منطقه ۱۲۰ است. متر مقیاس متوسط عکس را محاسبه کنید.

$$S_{avg}=\frac{f}{H-h_{avg}}$$

مقیاس متوسط عکس $S_{avg}=\frac{(۱۵۲/۱۰۰۰)m}{(۱۴۵۰-۱۲۰)m}=\frac{۱۵۲}{۱۳۳۰\times۱۰۰۰}=\frac{۱}{۸۷۵۰}$

مثال ۳: در یک عکس‌برداری هوایی فاصله‌ی کانونی دوربین ۱۵۲ میلی‌متر و ارتفاع پرواز از سطح مبنا ۱۴۵۰ متر و ارتفاع سه نقطه از این منطقه به ترتیب ۹۰ و ۱۳۰ و ۱۴۰ متر می‌باشد. ارتفاع متوسط و مقیاس متوسط عکس را محاسبه کنید.

ارتفاع متوسط $h_{avg} = (۹۰+۱۳۰+۱۴۰)/۳ = ۱۲۰$ متر

مقیاس متوسط عکس $S_{avg} = \frac{f}{H - h_{avg}} = \frac{۱۵۲/۱۰۰۰m}{(۱۴۵۰-۱۲۰)m} = \frac{۱}{۸۷۵۰}$

مقیاس نقشه: مقیاس نقشه را می‌توانیم از فاصله‌ی دو نقطه‌ی طول روی نقشه به همان طول افقی روی زمین در رابطه‌ی (۸) داشته باشیم

$$S_{map} = \frac{\text{طول روی نقشه}}{\text{همان طول روی زمین}} \qquad (۸)$$

در ضمن می‌توانیم با درنظرداشتن یک طول مشخص روی زمین رابطه‌ای بین مقیاس نقشه و مقیاس عکس داشته باشیم

$$S_{ph} = \frac{\text{طول روی عکس}}{\text{همان طول روی زمین}} \qquad S_{map} = \frac{\text{طول روی نقشه}}{\text{همان طول روی زمین}}$$

$$\frac{S_{ph}}{S_{map}} = \frac{\dfrac{\text{طول روی عکس}}{\cancel{\text{همان طول روی زمین}}}}{\dfrac{\text{طول روی نقشه}}{\cancel{\text{همان طول روی زمین}}}} = \frac{\text{طول روی عکس}}{\text{طول روی نقشه}}$$

$$S_{ph} = \frac{\text{طول روی عکس}}{\text{طول روی نقشه}} \times S_{map} \qquad (۹)$$

مثال ۱: قطعه زمینی به شکل مربع در روی زمین به ضلع ۱۳۰۰ متر و در روی عکس ۲۰ سانتی‌متر است. مقیاس عکس را محاسبه نمایید.

روی زمین متر $AB = ۱۳۰۰$ روی عکس $ab = ۲۰$

مقیاس عکس $S_{ph} = \frac{ab}{AB} = \frac{۲۰/۱۰۰}{۱۳۰۰} = \frac{۱}{۶۵۰۰}$

مثال ۲: فاصله‌ی افقی طول AB در روی زمین ۹۰۰ متر و فاصله‌ی همان طول در روی نقشه ۴۵ سانتی‌متر است. مقیاس نقشه را محاسبه کنید.

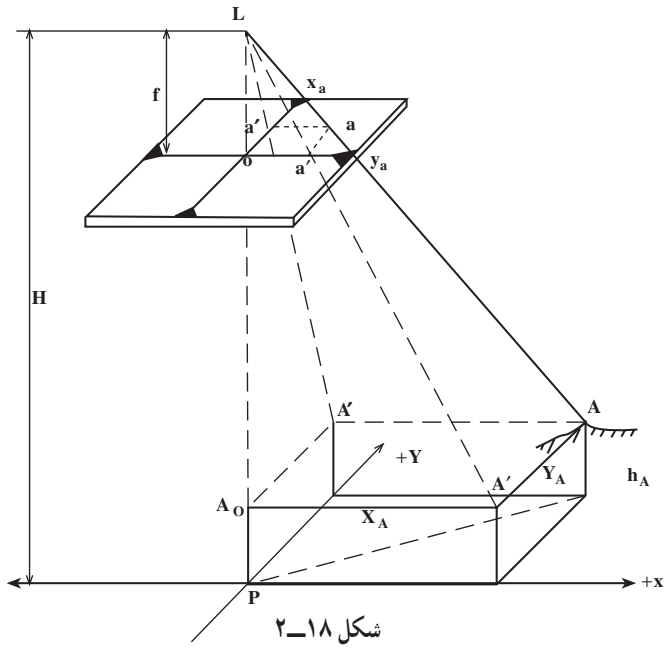
روی زمین متر $AB = ۹۰۰$ روی نقشه $ab = ۴۵cm$

مقیاس نقشه $S_{map} = \frac{ab}{AB} = \frac{۴۵/۱۰۰}{۹۰۰} = \frac{۱}{۲۰۰۰}$

۷ــ۲ــ محاسبه‌ی مختصات زمینی به‌کمک مختصات عکسی که روی عکس قائم اندازه‌گیری شده است

می‌توان مختصات زمینی نقاطی را که در روی عکس قائم واقع‌اند در یک سیستم مختصات زمینی اختیاری تعیین نمود. محورهای زمینی اختیاری x و y در همان صفحات قائمی که محورهای x و y عکس قرار دارند واقع می‌شود و مبدأ مختصات سیستم بر نقطه‌ی اصلی واقع می‌گردد.

در شکل ۱۸ــ۲، H ارتفاع پرواز از سطح مبنا، در عکس قائمی که گرفته شده، A و B نقاط زمین، a و b تصویر همان نقاط روی عکس، x_a ، y_a ، x_b و y_b مختصات عکسی اندازه‌گیری شده‌ی این دو نقطه است. محورهای سیستم مختصات زمینی اختیاری XPY است و مختصات زمینی نقاط A و B در آن X_A ، Y_A ، X_B و Y_B هستند. برای به‌دست‌آوردن مختصات زمینی (طول و عرض) نقاط، می‌توان از روابط ساده زیر استفاده کرد :



شکل ۱۸ــ۲

$$X_A = x_a(\frac{H - h_A}{f}) = x_a(\frac{۱}{s})$$

$$Y_A = y_a(\frac{H - h_A}{f}) = y_a(\frac{۱}{s})$$

بنابراین می‌توان گفت مختصات زمینی هر نقطه عبارت است از حاصل‌ضرب مختصات عکسی آن نقطه در معکوس مقیاس آن نقطه.

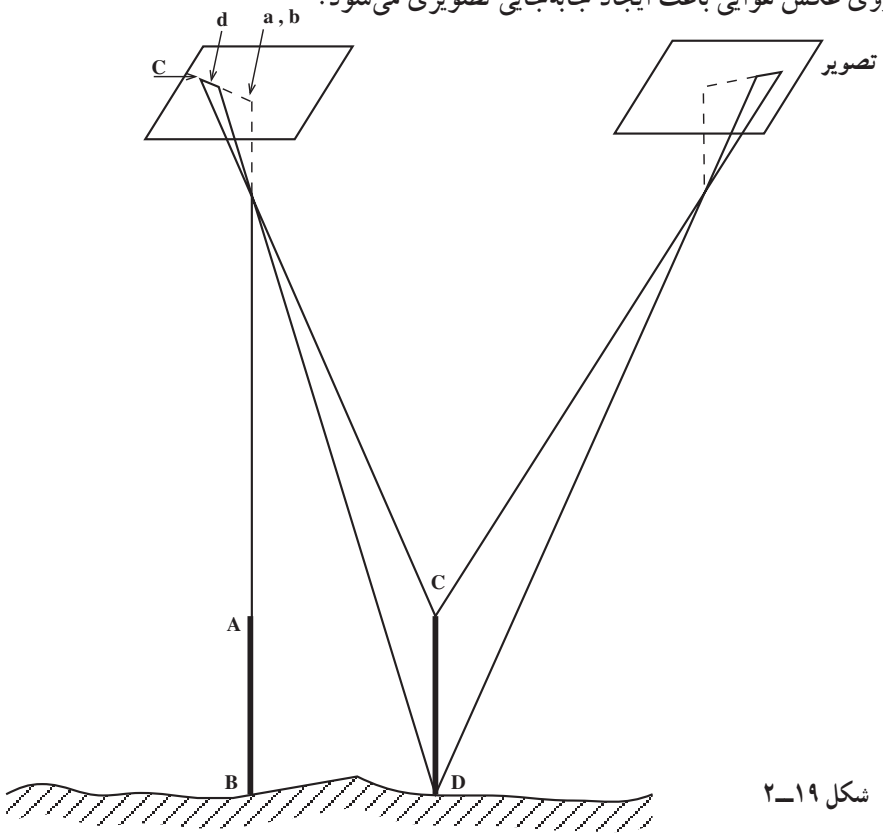
۸ــ۲ــ خطاهای هندسی در عکس هوایی

علت عدم انطباق عکس و نقشه وجود دو خطای هندسی زیر درعکس می‌باشد :

الف ــ اثر مربوط به جابه‌جایی‌های تصویری ناشی از ارتفاع

ب ــ اثر مربوط به تیلت عکس

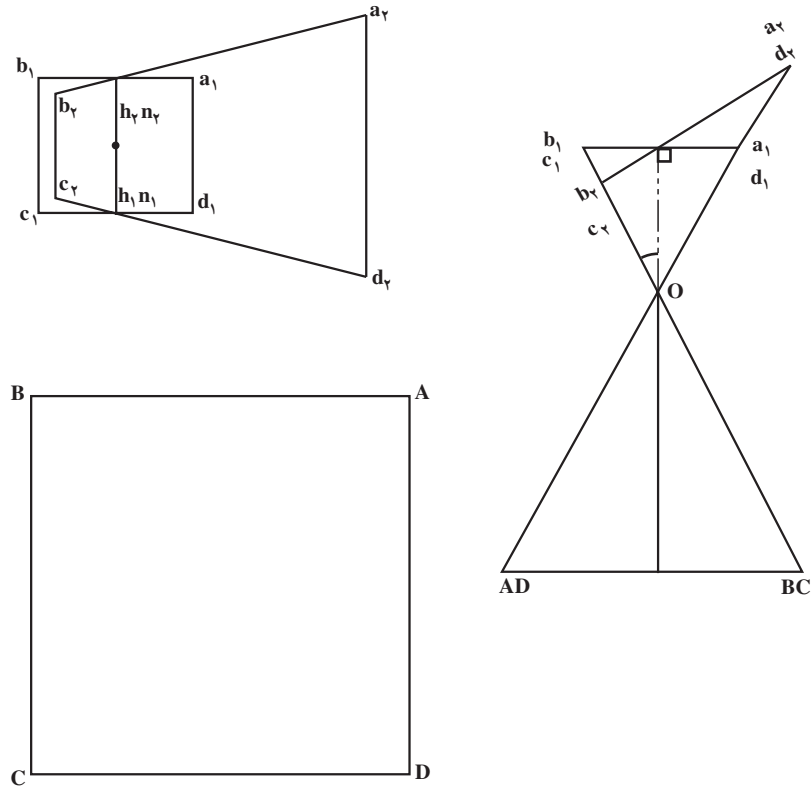
الف ــ اثر مربوط به جابه‌جایی‌های تصویر ناشی از ارتفاع: عوارض با ارتفاعات متفاوت در روی عکس هوایی باعث ایجاد جابه‌جایی تصویری می‌شود.



شکل ۱۹ــ۲

اگر عکس قائم از محل مورد نظر داشته باشیم و با توجه به شکل **۱۹ــ۲** جسم AB در امتداد محور قائم نوری دوربین باشد ابتدا و انتهای آن روی یک نقطه تصویر می‌شود و جابه‌جایی تصویر ناشی از ارتفاع صفر خواهد بود. امّا در همان شکل می‌بینیم که اگر شیئ CD موازی با AB با همان مقدار ارتفاع در مکان دیگری غیر از امتداد محور نوری دوربین باشد، تصویر ابتدا و انتهای جسم CD در دو نقطه به‌نام d و c خواهیم داشت که cd مقدار جابه‌جایی تصویر ناشی از اختلاف ارتفاع است.

ب ــ اثر مربوط به تیلت عکس: اگر در زمان عکس‌برداری هواپیما کاملاً افقی نباشد، صفحه‌ی تصویر، افقی نخواهد بود و زاویه‌ای نسبت به صفحه‌ی افق پیدا می‌کند که این زاویه را تیلت گویند. به عبارت دیگر کجی محور نوری دوربین عکس‌برداری باعث می‌شود که عکس کاملاً قائم نداشته باشیم و ایجاد زاویه‌ی تیلت گردد. در شکل **۲۰ــ۲** می‌بینیم که سطح ABCD در روی زمین به‌صورت مربع و تصویر آن در عکس کاملاً قائم $a_1b_1c_1d_1$ نیز به صورت مربع می‌باشد. در همان شکل اگر عکس با زاویه‌ی تیلت t داشته باشیم تصویر مربع ABCD به‌صورت ذوزنقه‌ی $a_2b_2c_2d_2$ خواهد بود.

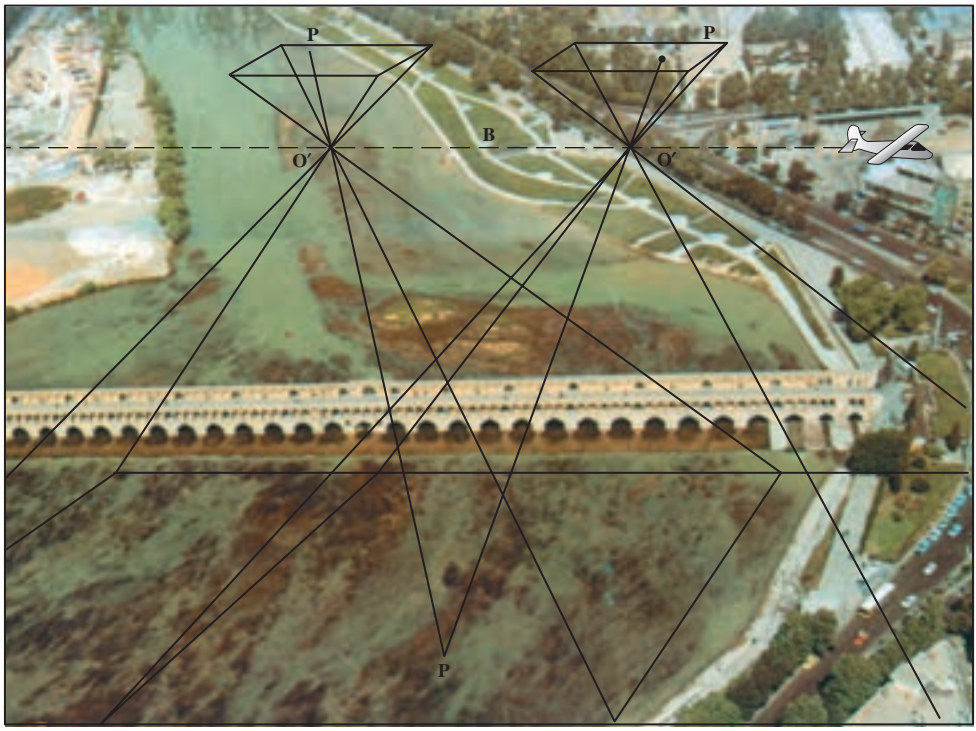


شکل ۲۰ــ۲

اگر تنها اثر مربوط به جابه‌جایی ناشی از تیلت در روی عکس حذف شود به عکس حاصل عکس معادل قائم یا عکس ترمیم‌یافته گویند. اگر هر دو اثر مربوط به جابجایی ناشی از تیلت و ارتفاع در روی عکس حذف شود، عکس حاصل ارتوفتو نامیده می‌شود. ارتوفتو عکسی است تصحیح هندسی شده که انطباق کامل با نقشه دارد.

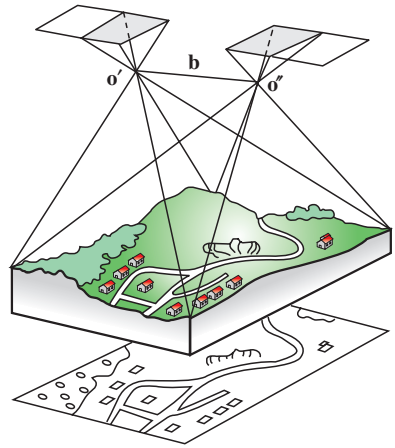
۹ــ۲ــ استفاده از زوج عکس

شکل ۲۱ــ۲ عکس‌برداری یک منطقه را نشان می‌دهد که در آن $O'O''$ فاصله‌ی دو ایستگاه عکس‌برداری است که آن را باز هوایی گویند و با حرف B مشخص شده است.



شکل ۲۱ــ۲

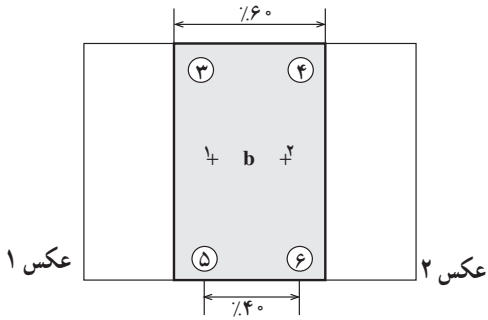
شکل ۲۲ــ۲ دو عکس متوالی از یک نوارِ عکس‌برداری را که به آن یک زوج عکس می‌گویند نشان می‌دهد. این زوج عکس تشکیل یک مدل را می‌دهند که در این‌جا $O'O''$ را باز مدل گویند و با حرف b مشخص شده است.



شکل ۲۲ــ۲

این زوج عکس به‌سبب پوشش مشترکی که دارند به‌وسیله‌ی دستگاه‌های مخصوصی تبدیل عکس به نقشه به‌صورت برجسته درمی‌آید و حالت واقعی زمین را در آن لحظه عکس‌برداری ایجاد می‌کند و سپس از آن مدل نقشه تهیه می‌گردد.

در شکل ۲۳ــ۲ یک زوج عکس را که ۶۰٪ پوشش طولی دارند مشاهده می‌کنیم. قسمتی که پوشش دارند یک مدل نامیده می‌شود که ۶ نقطه‌ی مشخص روی آن می‌بینیم. نقاط ۱ و ۲ که مراکز دو عکس متوالی است و نقاط ۳ و ۴ بالای مراکز است که بین منطقه‌ی مشترک این مدل با مدل رن بالا گرفته شده است و نقاط ۵ و ۶ زیر مراکز دو عکس است که بین منطقه‌ی مشترک این مدل با مدل رن پایین است.

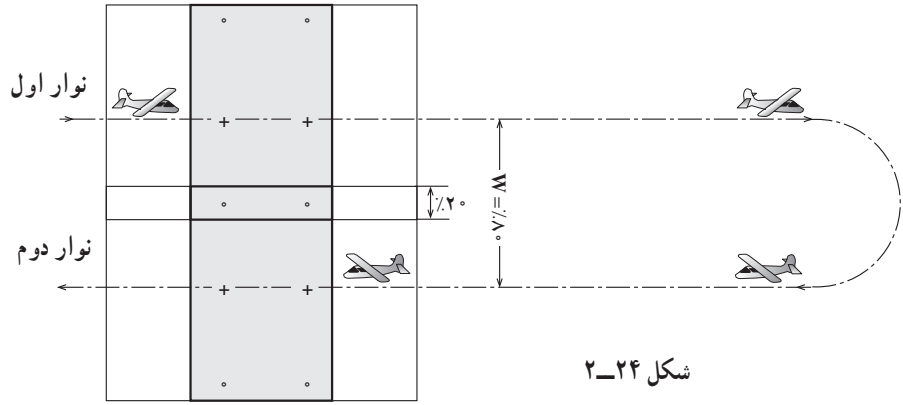


شکل ۲۳ــ۲

فاصله‌ی بین نقاط ۱ و ۲ برابر b است.

و فاصله‌ی بین نقاط ۳ و ۵ برابر w است و سطح مفید یک زوج عکس یا مدل برابر $b \times w$ است و $w = ۲b$ می‌باشد.

در شکل ۲۴ــ۲ دو نوار پرواز را مشاهده می‌کنیم که عکس‌های هر نوار پرواز با عکس‌های نوار بعدی پوشش مشترکی دارند که در این‌جا ۲۰٪ می‌باشد و فاصله‌ی بین دو نوار پرواز را برابر می‌گیرند $w = ۸۰٪$ خواهد بود.



شکل ۲۴ــ۲

اگر هر چشم به‌طور جداگانه به تصویر یک عارضه‌ی عکس‌برداری شده در یک زوج عکس نگاه کند می‌تواند آن را برجسته ببیند.

هرچه باز عکس‌برداری نسبت به فاصله‌ی عارضه‌ی عکس‌برداری شده، یعنی ارتفاع پرواز از سطح زمین، بزرگ‌تر انتخاب شود به‌همان نسبت تشخیص عمق دید بهتر است.

مثال: طول و عرض زمین ۲۰ و ۱۰ کیلومتر است. اگر مقیاس عکس‌برداری ۱:۱۰۰۰۰ و فاصله‌ی کانونی $f = ۱۵۰mm$ و اندازه‌ی عکس‌ها ۲۳۰×۲۳۰ میلی‌متر باشد و باز عکس ۱۰ سانتی‌متر.

۱ــ تعداد مدل‌های مورد نیاز در این منطقه جهت تبدیل عکس به نقشه

۲ــ طول کل عکس‌برداری

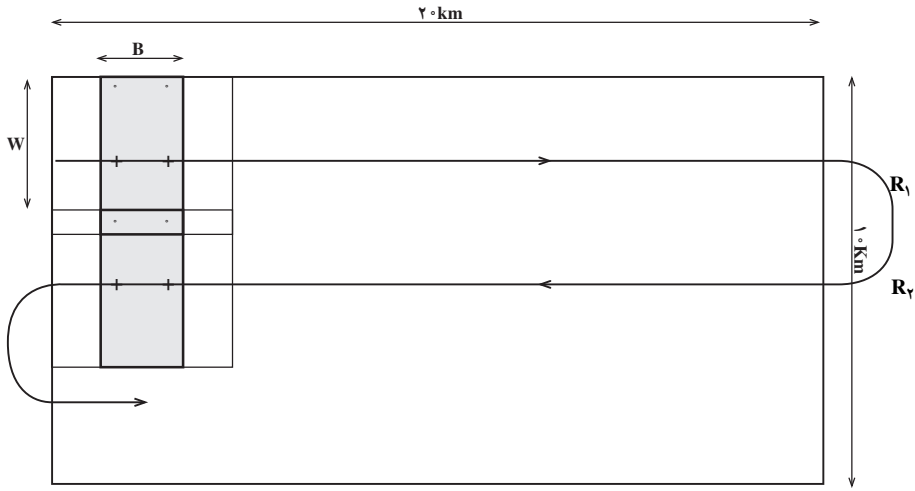
۳ــ ارتفاع پرواز.

$$S_{ph} = \frac{ab}{AB} = \frac{b}{B} = \frac{f}{H}$$

$$\frac{۱}{۱۰۰۰۰} = \frac{۰/۱۰m}{B} \qquad B = ۱۰۰۰ \text{ متر} \quad \text{باز عکس‌برداری}$$

$$\text{طول زمین} = ۲۰km \qquad \text{طول زمین} = ۲۰\times۱۰۰۰ = ۲۰۰۰۰ \text{ متر}$$

$$\text{تعداد مدل‌ها در طول زمین} = \frac{\text{طول منطقه}}{\text{باز}} = \frac{۲۰۰۰۰}{۱۰۰۰} = ۲۰ \text{ مدل}$$



شکل ۲۵ــ۲

$w = 2b$ $\quad w = 2 \times 10 = 20$ سانتی‌متر

$W = 2B$ $\quad W = 2 \times 1000 = 2000$ متر

تعداد رن‌های پرواز = تعداد مدل‌ها در عرض

عرض زمین = ۱۰ کیلومتر $\quad$ عرض زمین $= 10 \times 1000 = 10000$ متر

تعداد مدل‌ها در عرض $= 10000 \div 2000 = 5$ مدل در عرض

تعداد رن‌های پرواز = ۵

تعداد کل مدل‌های منطقه = تعداد مدل‌های هر رن × تعداد رن‌ها

تعداد کل مدل‌های منطقه $= 20 \times 5 = 100$ مدل

طول عکس‌برداری = طول عکس‌برداری هر رن × تعداد رن‌های پرواز

طول عکس‌برداری $= 20 \times 5 = 100$ کیلومتر

ارتفاع پرواز $\quad H = 1500$ متر. $\quad \frac{1}{10000} = \frac{150/1000}{H} \quad S_{ph} = \frac{f}{H}$

خودآزمایی

۱ــ انواع تصاویر را نام ببرید.

۲ــ دو خاصیت عمده‌ی تصویر مرکزی را بنویسید.

۳ــ منظور از نقطه‌ی فرار چیست؟

۴ــ تعریف نقطه‌ی اصلی، نقطه‌ی نادیر و نقطه‌ی همبار را بنویسید.

۵ــ تعریف فاصله‌ی اصلی، محور اصلی، خط اصلی و صفحه‌ی اصلی را بنویسید.

۶ــ انواع عکس را از نظر سیستم تصویربردار نام ببرید و شکل هریک را بکشید.

۷ــ انواع عکس‌های هوایی را برحسب زاویه‌ی میدان دید دوربین نام ببرید.

۸ــ طبق جدول کتاب چهار خصوصیت عکس‌های مایل (با میل زیاد) و عکس مایل (با میل کم) و عکس قائم را به اختصار بنویسید.

۹ــ دوربین‌های با زاویه‌ی باریک در عکس‌برداری چه نوع مناطقی به‌کار گرفته می‌شود؟

۱۰ــ دوربین‌های با زاویه‌ی باز در عکس‌برداری چه نوع مناطقی به‌کار گرفته می‌شود؟

۱۱ــ متداول‌ترین سیستم مختصات عکس‌برداری دوربین‌هایی که علائم حاشیه‌ی عکس در وسط اضلاع است چیست و مرکز مختصات را بر چه نقطه‌ای منطبق می‌گیرند؟

۱۲ــ تعریف مقیاس عکس قائم را با ذکر فرمول مقیاس بنویسید.

۱۳ــ طول عارضه‌ای بر روی عکس یک سانتی‌متر و همان طول در روی نقشه ۲۰ سانتی‌متر و مقیاس نقشه ۱/۵۰۰ است. مقیاس عکس را به‌دست آورید.

۱۴ــ فاصله‌ی کانونی دوربین عکس‌برداری ۱۵۲ میلی‌متر است. اگر ارتفاع پرواز هواپیما ۱۵۰۰ متر باشد مقیاس عکس را حساب کنید.

۱۵ــ فرمول مقیاس متوسط را بنویسید.

۱۶ــ با دوربینی به فاصله‌ی کانونی ۱۵۰ میلی‌متر و ارتفاع پرواز از سطح متوسط زمین ۴۵۰۰ متر عکس‌برداری کرده‌ایم. مقیاس عکس را محاسبه کنید.

۱۷ــ اگر ارتفاع بلندترین و پست‌ترین نقاط منطقه کمتر از ۵۰ متر باشد ارتفاع پرواز مورد قبول چه مقدار است؟

۱۸ــ با دوربینی به فاصله‌ی کانونی ۲۱۰ میلی‌متر و ارتفاع پرواز از سطح مبنا ۳۰۰۰ متر عکس‌برداری شده است اگر ارتفاع متوسط منطقه ۹۰۰ متر باشد، مقیاس متوسط عکس را محاسبه کنید.

۱۹ــ طول و عرض زمینی ۱۰ و ۵ کیلومتر است. فاصله‌ی کانونی دوربین ۱۵۰ میلی‌متر و ارتفاع پرواز ۱۵۰۰ متر است. اگر ابعاد عکس‌ها ۲۳×۲۳ سانتی‌متر باشد و پوشش طولی۶۰٪ و پوشش عرضی ۴۰٪ ۱ــ مطلوب است مساحت یک مدل برحسب کیلومتر مربع، ۲ــ تعداد رن‌های پرواز و ۳ــ تعداد مدل‌ها در هر رن پرواز.

راهنمایی: مدل یعنی محدوده‌ی پوشش زوج عکس

فعالیت عملی

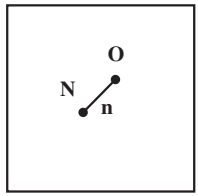
به کمک یک زوج عکس فعالیت‌های زیر را انجام دهید.

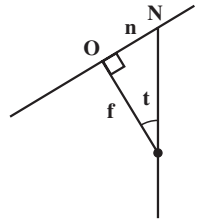
۱ــ مراکز عکس‌ها را به کمک فیدوشال مارک‌ها مشخص کنید. (برای خط‌کشی روی عکس از مداد شمعی و به آرامی و بدون فشار و برای پاک کردن آن‌ها از پنبه استفاده شود).

۲ــ نقطه فرار یا نادیر را با استفاده از جهت امتدادهای قائم ساختمان‌ها مشخص کنید.

۳ــ تیلت عکس (زاویه محور اپتیکی عکس با خط شاقولی) را محاسبه کنید. برای این منظور ابتدا فاصله‌ی نقطه‌ی نادیر تا مرکز عکس را اندازه‌گیری کنید (برحسب میلی‌متر). سپس آن را به فاصله‌ی کانونی تقسیم کنید مقدار حاصل، برابر tg زاویه تیلت خواهد بود.

$$\text{tg } t = \frac{n}{f}$$





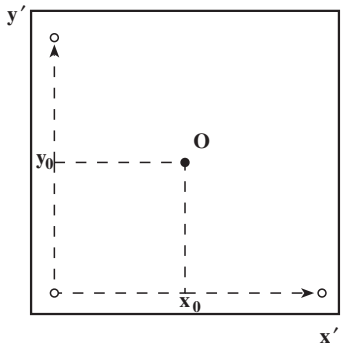
۴ــ مختصات عکسی تعدادی نقطه را در عکس محاسبه کنید. برای این منظور ابتدا ۴ فاصله‌ی d_1, d_2, d_3, d_4 را اندازه‌گیری کنید سپس مختصات مرکز عکس را به صورت زیر محاسبه کنید :

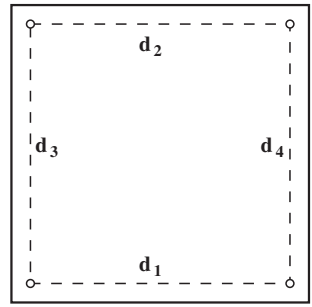
$$y_\circ = \frac{d_2 + d_4}{4} \quad x_\circ = \frac{d_1 + d_3}{4}$$

سپس مختصات هر نقطه را در سیستم $x'oy'$ اندازه‌گیری کنید $(x'.y')$. در انتها مختصات عکسی را به صورت زیر محاسبه کنید.

$$x = x' - x_\circ$$

$$y = y' - y_\circ$$





۵ــ زاویه‌ی پرتو هر نقطه نسبت به محور اپتیکی را محاسبه کنید. برای این منظور ابتدا فاصله‌ی نقطه تا مبدأ را از طریق مختصات عکسی آن به صورت $\bar{r} = \sqrt{x^2 + y^2}$ محاسبه کنید. سپس نسبت $\frac{r}{f}$ برابر tg زاویه فوق خواهد شد. پرتوها را به صورت سه بعدی با زوایای مربوطه ترسیم کنید.

۶ــ زاویه‌ی میدان دید دوربین را محاسبه کنید. برای این منظور ابتدا فاصله‌ی d گوشه عکس تا مبدأ را اندازه‌گیری کنید. نسبت $\frac{d}{f}$ برابر tg نصف زاویه میدان دید خواهد شد. نوع دوربین زاویه باز، خیلی باز، متوسط یا باریک است.

۷ــ با فرض مسطح بودن زمین، مساحت و ابعاد قطعات یک چندضلعی را که رئوس آن منطبق بر نقاط اندازه‌گیری شده است محاسبه کنید. برای این منظور مختصات عکس را در مقیاس عکس ضرب کنید تا مختصات زمینی بدست آید. سپس از روی مختصات زمینی طول اضلاع و مساحت چندضلعی را از طریق روابط هندسی محاسبه کنید.

۸ــ مرکز هر عکس را روی عکس دیگر مشخص نمایید و بازعکس را روی هریک از آن‌ها اندازه‌گیری نموده و میانگین آن‌ها را محاسبه کنید و با توجه به مقیاس عکس، بازهوایی را به‌دست آورید.

۹ــ پوشش مشترک عکس‌ها را در روی هر عکس معین کنید.

فصل سوم

برجسته‌بینی

مهمترین وجه تمایز عکس‌های مورد استفاده در فتوگرامتری پوشش داشتن آن‌هاست که ما را قادر می‌سازد با چشم و یا وسایل مخصوص برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌های زمین را تشخیص دهیم. به عبارت دیگر با این روش می‌توانیم سه بعد عوارض یک منطقه از زمین را مورد مطالعه قرار دهیم. از آنجا که عمل برجسته‌بینی با چشم انجام می‌شود در این فصل ابتدا با اصول و مبانی برجسته‌بینی و سپس ساختمان چشم انسان به‌طور مختصر آشنا می‌شویم، سپس راجع به امور فوق سخن خواهیم گفت.

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، هنرجو باید بتواند :

۱ــ اصول برجسته‌بینی را شرح دهد ؛

۲ــ زاویه‌ی تقارب و فاصله‌ی تقارب را تعریف کند ؛

۳ــ تشخیص عمق به کمک دید یک چشمی را توضیح دهد ؛

۴ــ قسمت‌های مختلف چشم را نام ببرد ؛

۵ــ عدسی، مردمک و عنبیّه را تعریف کند ؛

۶ــ قدرت تفکیک را تعریف کند ؛

۷ــ دید دو چشمی را توضیح دهد ؛

۸ــ تطابق و تقارب را شرح دهد ؛

۹ــ خصوصیات یک زوج عکس را برای برجسته‌بینی ذکر کند ؛

۱۰ــ روش‌های ایجاد مدل برجسته را نام ببرد ؛

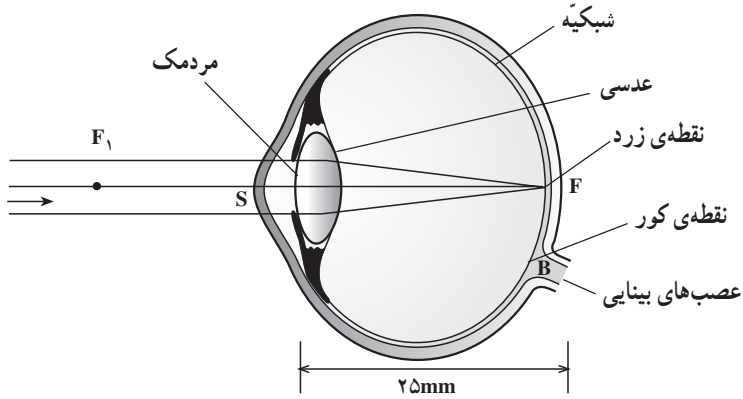
۱۱ــ مشاهده با محورهای دید متقاطع و متقارب و موازی را تعریف کند و شکل آن‌ها را را رسم کند ؛

۱۲ــ از عهده‌ی توضیح درباره‌ی چگونگی مقدار Δx و Δy برآید ؛

۱۳ــ فعالیت عملی پایان فصل سوم را طبق مراحل تعیین شده انجام دهد.

۱ــ۳ــ اصول برجسته بینی

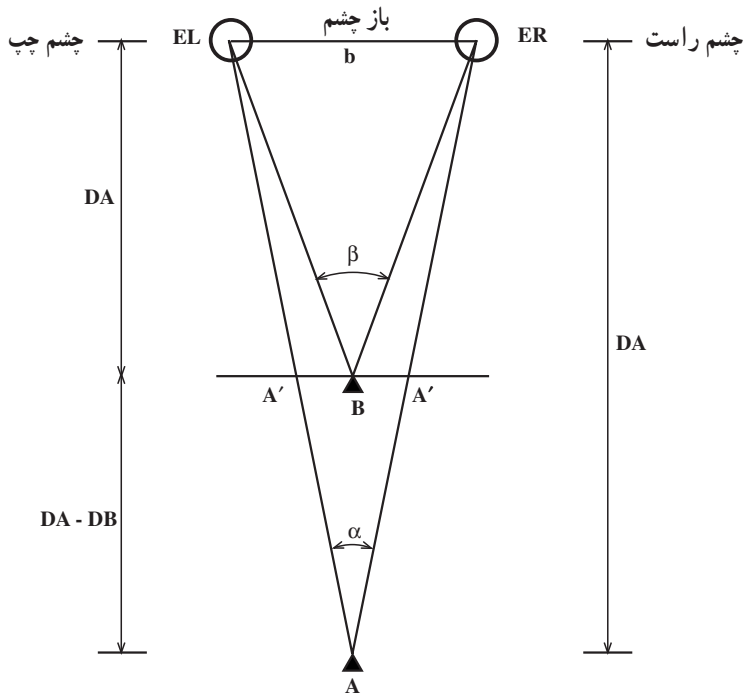
برجسته‌بینی براین اصل قرار گرفته است که «دو تصویری که از یک جسم بر روی شبکیه‌های دو چشم تشکیل می‌شود کاملاً مشابه نیستند.» این دو تصویر، قسمتی یا به‌طور کامل، از نظر فیزیولوژیکی به‌وسیله‌ی مغز انسان رؤیت می‌گردند و تجسمی از واقعیت آن جسم در ذهن ما به‌وجود می‌آورند. از این پدیده برای ایجاد دید برجسته‌بینی در فتوگرامتری استفاده شده است. اگر چشم خود را به نقطه‌ای مانند A خیره کنیم این‌طور به‌نظر می‌رسد که تصویر نقطه‌ی A بر روی شبکیه حرکت می‌کند و نقطه‌ی زرد نزدیک برآن منطبق می‌شود. یادآوری می‌کنیم که نقطه‌ی زرد جایی است که اعصاب باصره‌ی چشم در آن قرار دارند و تصاویر اجسام را قابل رؤیت می‌سازند (شکل ۱ ــ۳).



شکل ۱ــ۳

۲ــ۳ــ تشخیص عمق

انسان‌ها به علت دارابودن دو دسته شعاع‌های دیدگانی مجزا، از دو چشم، فواصل یا نزدیکی و دوری اجسام را تشخیص می‌دهند و قادر به دید سه بعدی یا برجسته بینی می‌شوند. فاصله‌ی بین مراکز دو چشم را باز چشم (b) گویند و این فاصله را در امتداد افقی در نظر می‌گیرند مثلاً باز چشم افراد معمولی بزرگسال ۶۵ میلی‌متر است. در شکل ۲ــ۳ وقتی با دو چشم به نقطه‌ای مانند B نگاه کنیم محورهای دیدگانی دو چشم در آن نقطه همدیگر را قطع می‌کنند که این عمل به نام تقارب خوانده می‌شود. زاویه‌ی محورهای دیدگانی متقارب را در هر نقطه زاویه‌ی تقارب آن نقطه گویند. فاصله‌ی نقطه تا محور باز چشم‌ها را فاصله‌ی تقارب نقطه گویند. همچنین اگر نقطه‌ی A را با دو چشم نگاه کنیم زاویه‌ی تقارب دیگری داریم که کوچک‌تر از زاویه‌ی تقارب برای نقطه‌ی B است. تغییر عمق دو



شکل ۲ــ۳

نقطه‌ی B و A با تغییر زاویه‌ی تقارب محورهای دیدگانی قابل تشخیص است، در نتیجه نقطه‌ی B در عمق کم‌تری نسبت به نقطه‌ی A از دو چشم قرار دارد $\hat{B} > \hat{\alpha}$.

برای درک عمیق‌تر مطلب فوق به مثال زیر توجه کنید.

اگر انگشت خود را به‌طرف جسمی که در دوردست قرار دارد بگیریم به‌طوری که هم‌زمان جسم و انگشت خود را ببینیم و به جسم خیره شویم، انگشت خود را دو تا خواهیم دید ؛ برعکس، اگر توجه به انگشت باشد جسم دور را دو تا خواهیم دید. بنابراین دو چشم مانند یک فاصله‌یاب عمل کرده موقعیت جسم را، نسبت به خودشان با یکدیگر مقایسه می‌کنند ؛ بر اثر همین خاصیت است که چشم، جسمی را که از نقاط نسبتاً نزدیک به‌هم تشکیل شده باشد برجسته و حجیم می‌بینند.

در شکل ۲ــ۳ اگر با چشم چپ نقطه‌ی B را نگاه کنیم، نقطه‌ی A را در A' خواهیم دید، و با نگاه کردن با چشم راست به نقطه‌ی B، نقطه‌ی A را در A' خواهیم دید و نقطه‌ی A هر چه از چشم‌ها دور شود فاصله‌ی $A'A'$ نیز بزرگ‌تر می‌گردد و هرچه نقطه‌ی A به چشم‌ها نزدیک شود فاصله‌ی $A'A'$ کم‌تر می‌گردد. پس اندازه‌ی $A'A'$ با عمق نقطه یعنی DA بستگی دارد. افرادی که

با دو چشم اجسام را می‌بینند و عمق دید اجسام را تشخیص می‌دهند دارای برجسته‌بینی و دید دو چشمی می‌باشند چنین افرادی با بستن یک چشم دارای دید یک چشمی خواهند شد.

از جمله عواملی که می‌توانند در تشخیص عمق، در دید یک چشمی مؤثر باشند، چنین خواهند بود :

الف ــ اشیای نزدیک تقریباً اشیای دور را می‌پوشانند.

ب ــ هرگاه دو جسم مشابه هم، یکی دورتر و دیگری نزدیکتر را در نظر بگیریم جسم نزدیک‌تر بزرگ‌تر از جسم دورتر به نظر می‌رسد.

ج ــ به نظر نمی‌رسد که عمل تطابق مستقیماً بتواند در تشخیص فواصل مؤثر باشد بلکه درتشخیص تغییرات فواصل بیشتر مؤثر می‌افتد.

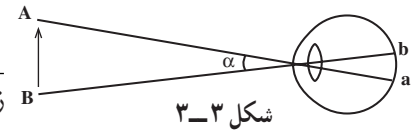
د ــ مه، تیرگی و غبار را نیز نمی‌توان در تشخیص فواصل اجسام نادیده گرفت، چه اگر جو کاملاً صاف و عاری از گرد و غبار باشد، اجسام نزدیک‌تر به نظر می‌رسند.

اهمیت عوامل فوق درفواصل دور و نزدیک متفاوت است. این عوامل در دید دو چشمی نیز بسیار مؤثرند.

قدرت تفکیک: زاویه‌ای را که تحت آن چشم، جسمی را می‌بیند قطر ظاهری دید می‌گویند و کوچک‌ترین زاویه‌ی دیدی که چشم می‌تواند دو سر جسمی را به‌طور متمایز تشخیص دهد «قدرت تفکیک چشم» می‌نامند.

این زاویه در حدود یک دقیقه است. یعنی اگر قطر ظاهری دید دو نقطه بیش از یک دقیقه باشد می‌توان دو نقطه را از یکدیگر به‌طور تفکیک شده تمیز داد[1] قدرت تفکیک هرچشم تابع ساختمان پرده‌ی حساس و فاصله‌ی سلول‌های آن از یک‌دیگر است و به سن اشخاص نیز مربوط می‌باشد. اندازه‌ی قدرت تفکیک چشم، معکوس زاویه‌ی فوق خواهد بود. یعنی برای زاویه‌ی یک دقیقه، قدرت تفکیک $\frac{۱}{۱}$ یا یک خواهد بود. می‌توان قدرت تشخیص چشم‌های مختلف را مطابق رابطه‌ی زیر داشت.

$$\text{قدرت تشخیص چشم} = \frac{۱}{\alpha} = \frac{\text{زاویه‌ی یک دقیقه}}{\text{زاویه‌ی حقیقی هنگام دید}}$$



شکل ۳ــ۳

۱ــ چشم طبیعی دو نقطه را در صورتی که زاویه‌ای معادل یک دقیقه تشکیل دهند از هم جدا خواهد دید. این مقدار در چشم‌های قوی‌تر و یا تحت شرایط بهتر (مثل خطوط سیاه و باریک و تقریباً بلندی که اساس ورنیه را تشکیل می‌دهد و در اکثر تئودولیت‌ها مورد استفاده دارد) تا کمتر از یک دقیقه نیز می‌تواند باشد.

۳ــ۳ــ دید دو چشمی

تشخیص عمق در فضای اطراف ما به دلیل آن‌که می‌توان فضا را از دو نقطه‌ی مختلف (یعنی چشم‌ها) به‌طور هم‌زمان دید به‌وجود می‌آید. یعنی تأثیری که از این دو تصویر در مغز ما حاصل می‌شود یک درک سه بعدی از فضای اطراف خواهد بود که اصطلاحاً به آن دید دو چشمی می‌گویند. دید دو چشمی و برجسته بینی حاصل را می‌شود به طریق مصنوعی نیز ایجاد کرد. به این ترتیب که در مقابل چشمان خود به‌جای طبیعت، دو عکس را که در دو ایستگاه مختلف عکس‌برداری شده است قرار دهیم. این دو عکس باید دارای خصوصیات زیر باشند تا یک زوج عکس بتوانند جهت دید برجسته تشکیل دهند.

۱ــ محورهای دوربین عکس‌برداری در موقع گرفتن عکس‌ها بایستی تقریباً در یک سطح قرار گیرند.

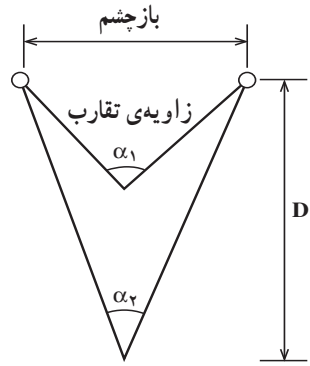
۲ــ مقیاس عکس‌های گرفته شده تقریباً بایستی یکسان باشد. هر چند تا ۱۵٪ تغییر مقیاس قابل تحمل بوده و چشم می‌تواند عمل ترکیب تصاویر را انجام دهد، لیکن ترجیح داده می‌شود که اندازه‌گیری‌هایی که روی مدل برجسته انجام می‌گیرد تغییر مقیاس بیش از پنج درصد نباشد.

۳ــ باز یا فاصله‌ی بین دو ایستگاه عکس‌برداری باید نسبت به فاصله‌ی بین دوربین عکس‌برداری تا زمین خیلی زیاد نباشد.

آشنایی با تطابق و تقارب، جهت استفاده از روش‌های مختلف مشاهده‌ی یک زوج عکس، لازم به نظر می‌رسد.

۱ــ۳ــ۳ــ تطابق: تغییر تحدّب عدسی چشم را تطابق گویند. در نتیجه‌ی عمل تطابق است که ما می‌توانیم فواصل بین ۱۵۰ میلی‌متر تا بی‌نهایت را به‌راحتی مشاهده کنیم. فاصله‌ی معمولی تطابق برای خواندن و نوشتن حدود ۲۵۰ میلی‌متر است.

۲ــ۳ــ۳ــ تقارب: تلاقی شعاع‌های دید دو چشم در نقطه‌ی مشاهده را تقارب گویند. فاصله‌ی این عمل از ۱۵۰ میلی‌متر تا بی‌نهایت امکان‌پذیر است. معمولاً تطابق و تقارب به یکدیگر وابسته‌اند. برای مثال، هرگاه عمل تطابق برای نقطه و فاصله‌ی معین انجام گیرد عمل تقارب نیز خودبه‌خود در همان نقطه و در همان فاصله انجام خواهد گرفت. اگرچه این به هم پیوستگی را می‌توان از بین برد ولی از بین بردن آن هنگام دید سبب فشارهایی بر روی چشم خواهد شد. زاویه‌ی تقارب برای اجسام دور، حدود صفر بوده و برای اجسام نزدیک حدود ۲۵ درجه خواهد بود.



شکل ۴ــ۳ ــ تقارب

چنانچه از این شکل پیداست هر چه دید مربوط به اشیا نزدیک‌تر باشد زاویه‌ی تقارب بزرگ‌تر است.

$\alpha_1 > \alpha_2$

میزان اختلاف تقارب می‌تواند وضع دوری و نزدیکی جسم را مشخص کند و آن‌را زاویه‌ی اختلاف پارالاکس (β) می‌نامند. $\alpha_1 - \alpha_2 = \beta$

بین تقارب و تطابق رابطه‌ی $2\text{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{E}{D}$ برقرار است که در آن α زاویه‌ی تقارب برحسب رادیان و E فاصله‌ی دو چشم و D فاصله‌ی تطابق است. معمولاً عمل تطابق و تقارب توأماً و به طور خودکار انجام می‌گیرد.

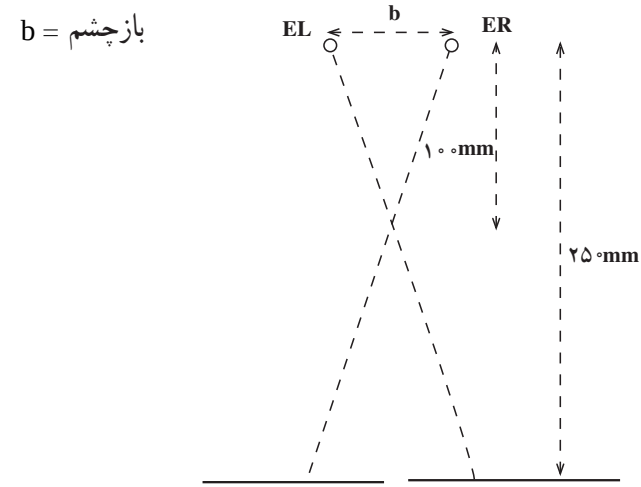
روش‌های ایجاد مدل برجسته

۱ــ محورهای دید متقاطع

۲ــ محورهای دید متقارب

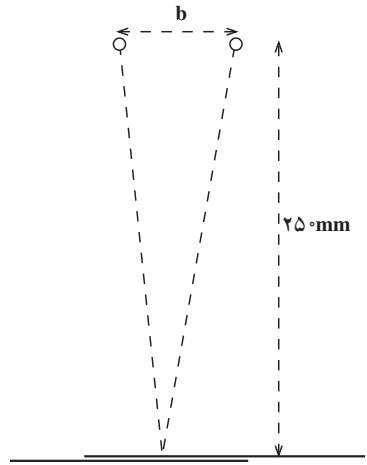
۳ــ محورهای دید موازی

۱ــ محورهای دید متقاطع: همان‌گونه که از شکل ۵ ــ۳ پیداست محورهای دید در فاصله‌ای کم‌تر از فاصله‌ی تطابق چشم که ۲۵۰ میلی‌متر است متقاطع شده‌اند. این نوع دید مستلزم آن‌است که عمل تطابق و تقارب در دو فاصله‌ی متفاوت انجام گیرد. لذا تقارب در فاصله‌ی ۱۰۰ میلی‌متر و تطابق در فاصله‌ی ۲۵۰ میلی‌متر انجام می‌گیرد. این شیوه در عمل کم‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا برای چشم خسته‌کننده است. مقدار b در شکل ۵ــ۳ برابر باز چشم می‌باشد.



شکل ۵ــ۳ــ دید متقاطع

۲ــ محورهای دید متقارب: همان‌گونه که از شکل ۵ ــ۳ پیداست فاصله‌ی تطابق و تقارب مساوی و برابر ۲۵۰ میلی‌متر است. این نوع برجسته‌بینی را دید متقارب گویند. اشکالی که در این نوع دید وجود دارد آن‌است که باید دو عکس بر یکدیگر منطبق شوند. برای حل این مشکل باید یا عکس‌ها را بر روی هم چاپ کرد و یا به‌وسیله‌ای، آن‌ها را روی یکدیگر تصویر نمود.

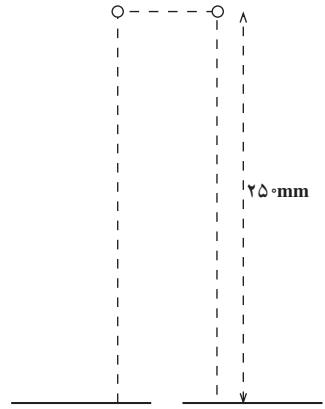


شکل ۶ــ۳ــ دید متقارب

۳ــ محورهای دید موازی: مشاهده با محورهای دید موازی با استفاده و یا بدون استفاده از لوازم اپتیکی امکان‌پذیر است که در زیر هریک را شرح می‌دهیم.

الف ــ بدون استفاده از لوازم اپتیکی: شکل ۷ــ۳ دید محورهای موازی را نشان می‌دهد.

بدون استفاده از لوازم اپتیکی تقارب در بی‌نهایت و تطابق در فاصله‌ی ۲۵۰ میلی‌متری صورت می‌گیرد. در این روش جداشدگی نقاط مشابه دو عکس باید در حدود باز چشم باشد. باز چشم به‌طور معمول حدود ۶۵ میلی‌متر است. همان‌گونه که از شکل می‌توان دریافت این روش در مورد عکس‌هایی با ابعاد بزرگ ایجاد اشکال می‌کند.

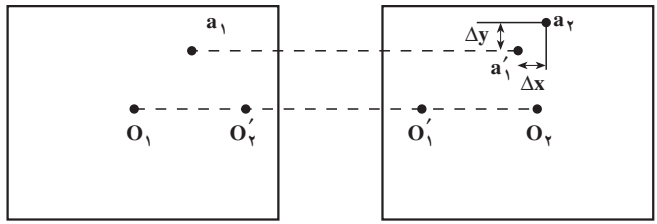


شکل ۷ــ۳ــ دید موازی

ب ــ با استفاده از لوازم اپتیکی: در فتوگرامتری معمولاً از روش برجسته‌بینی با دید موازی استفاده می‌شود. لذا نیاز به وسایل و دستگاه‌هایی جهت موازی نمودن محورهای دیدگانی برای مشاهده‌ی برجسته‌بینی می‌باشد. ساده‌ترین وسیله‌ی ساخته شده برای این روش دستگاه استرئوسکوپ است که در آن از اصل برجسته‌بینی با دید موازی استفاده می‌شود. این مطلب در فصل‌های آینده بررسی و تشریح خواهد شد.

۴ ــ۳ــ برجسته‌بینی عکس‌ها

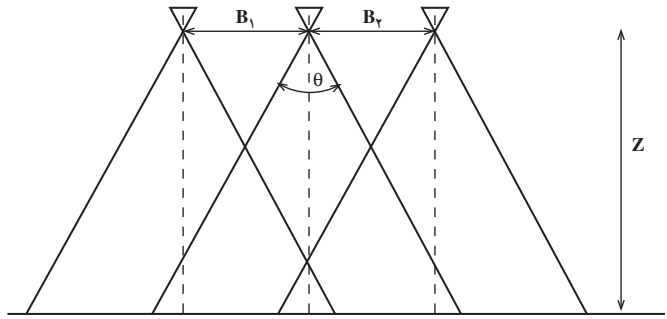
اگر به‌جای مشاهده‌ی یک منظره‌ی طبیعی به عکس‌هایی که از دو ایستگاه با باز B از آن منظره گرفته شده است نگاه کنیم، به‌طور قابل قبولی از عکس دوبعدی، دید سه بعدی خواهیم داشت. برای این‌که تصویر بر روی شبکیه قابل رؤیت باشد، باید با توجه به شکل ۸ــ۳، شرایط زیر برقرار شود :



شکل ۸ــ۳

۱ــ مقدار ΔY برای بخش وسیعی از تصویر باید خیلی کوچک باشد. به عبارت دیگر محور دوربین در موقع عکس‌برداری از هر دو ایستگاه باید در یک سطح قرار گیرد.

۲ــ مقدار ΔX در همان ناحیه‌ی تصویر شده‌ی فوق در حد قابل قبول باشد به عبارت دیگر نسبت $\frac{B}{Z}$ باید مقدار مناسبی باشد در این نسبت B فاصله‌ی بین دو ایستگاه عکس‌برداری و Z فاصله‌ی شیء و خط حاصل از اتصال دو ایستگاه عکس‌برداری است. نسبت $\frac{B}{Z}$ در عکس هوایی را نسبت باز هوایی به ارتفاع پرواز گویند. کوچکی $\frac{B}{Z}$ باعث می‌شود که ΔX عدد بسیار کوچکی گردد و در نتیجه ایجاد عدم دید برجسته‌بینی خواهد کرد.



شکل ۹ــ۳

۳ــ برای برجسته‌بینی باید مقیاس دو عکس تقریباً یکی باشد. البته اختلاف مقیاس تا ۱۵٪ دید برجسته‌بینی را از بین نخواهد برد امّا برای یک کار فتوگرامتری که به مشاهده‌ی مدام تصویر نیاز است اختلاف مقیاس بیش از ۵٪ باعث خستگی چشم شده و پس از مدتی ضرر جبران ناپذیری متوجه شخص فتوگرامتریست می‌گردد.

بایستی متذکر شد که در بعضی موارد می‌توان با مشاهده‌ی یک عکس نیز تصویر برجسته در مغز ایجاد کرد، در این گونه موارد رنگ‌ها و سایه‌ها رل مهمی را ایفا می‌کنند. مثلاً اگر عکس طوری

در دست نگه داشته شود که سایه‌های تصویر اشیا در عکس به سمت ناظر عکس قرار گیرد، به ناظر کمک می‌شود که عکس به صورت برجسته دیده شود. لیکن اگر سایه‌ها به سمت مخالف ناظر باشد، یک وضع برجسته‌بینی وارونه در مغز ایجاد خواهد شد (برجستگی‌ها به صورت فرو رفتگی و فرورفتگی‌ها به صورت برجسته دیده خواهند شد).

خودآزمایی

۱ــ بازچشم را تعریف کنید و بگویید مقدار باز برای افراد معمولی چه مقدار است؟

۲ــ زاویه‌ی تقارب را تعریف کنید.

۳ــ فاصله‌ی هر نقطه تا محور بازچشم را چه می‌نامند؟

۴ــ اگر زاویه‌ی تقارب نقطه‌ی B برابر $\hat{\beta}$ و زاویه‌ی تقارب نقطه‌ی A برابر $\hat{\alpha}$ باشد، به طوری که $\hat{\alpha} > \hat{\beta}$، کدام یک از دو نقطه‌ی A یا B در عمق کم‌تری نسبت به چشم‌ها واقع است؟

۵ــ قدرت تفکیک را تعریف کنید.

۶ــ دید دو چشمی و برجسته بینی از عکس‌ها چگونه است؟

۷ــ برای برجسته دیدن یک زوج عکس احتیاج به چه خصوصیاتی است؟ چهار مورد را بگویید.

۸ــ تطابق را تعریف کنید و بگویید بین چه فواصلی انجام می‌شود.

۹ــ تقارب را تعریف کنید.

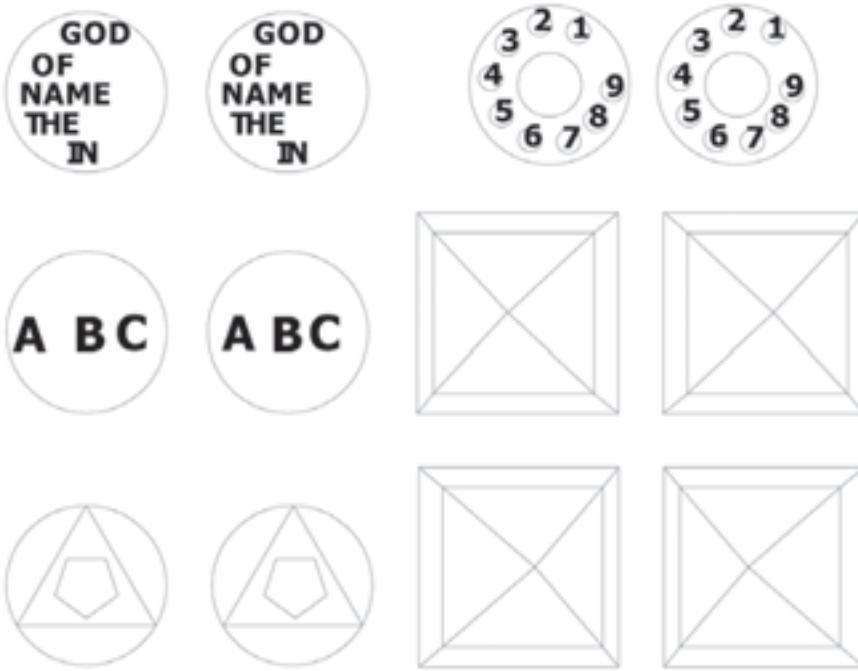
۱۰ــ روش‌های ایجاد مدل برجسته را نام ببرید.

۱۱ــ برای برجسته‌بینی اختلاف مقیاس عکس‌ها از چند درصد نباید بیش‌تر باشد که چشم خسته نشود؟

فعالیت عملی

۱ــ هر هنرجو به کمک خط‌کش و آینه باز چشم خود را اندازه‌گیری نماید. (در مقابل آینه ایستاده و با قرار دادن خط‌کش در مقابل چشم، فاصله بین دو مردمک را اندازه‌گیری کنید.)

۲ــ تمرین برجسته‌بینی با ایجاد دید موازی بدون استفاده از استرئوسکوپ.

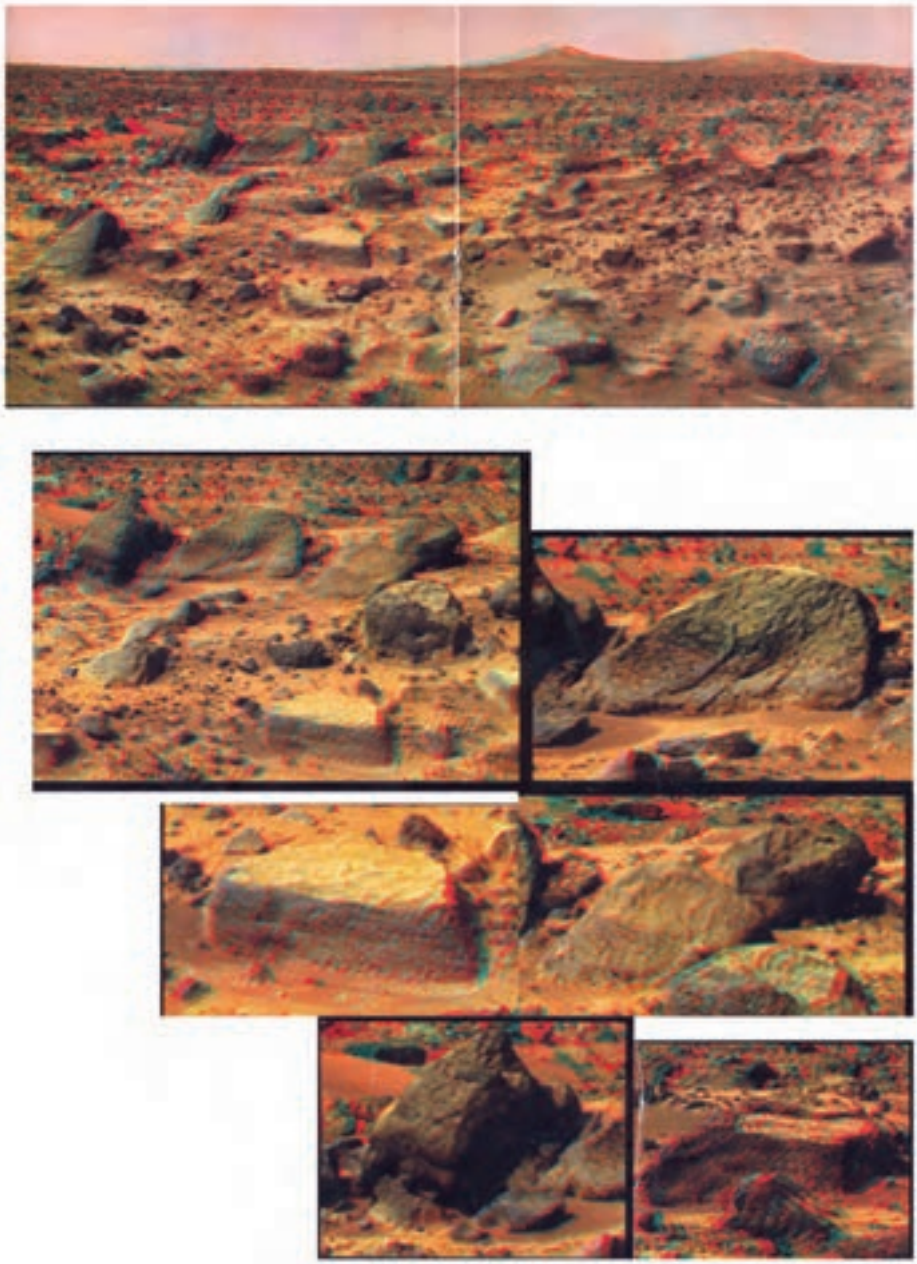


برای برجسته‌بینی تصاویر کتاب یا مانع دیگری بین دو تصویر مشابه قرار داده سپس از بالای مانع طوری به تصویر نگاه کنید که شکل سمت چپ با چشم چپ و شکل سمت راست با چشم راست دیده شود و با انطباق دو تصویر برجسته‌بینی ممکن می‌شود و عمق تصاویر نسبت به هم معین می‌گردد.

۳ــ برجسته‌بینی متقارب با استفاده از تصاویر دو رنگ (آناگلیف) و عینک مخصوص :

این تصاویر در اصل دو تصویر با دو رنگ مکمل (قرمز و سبزآبی) روی یک برگه چاپ شده است و با قرار دادن عینکی که یک شیشه آن سبزآبی و شیشه

دیگر قرمز می‌باشد می‌توان تصویر قرمز را با شیشه قرمز و تصویر سبزآبی را با شیشه سبزآبی مشاهده نمود. به این صورت دو تصویر به صورت مجزا توسط دو چشم مشاهده شده و سه بعدی دیده می‌شود.



فصل چهارم

اصول پارالاکس و دید سه بعدی

در فصل‌های قبل پس از شناختن عکس‌های مورد استفاده در نقشه‌برداری و بررسی آن‌ها از نظر هندسی، از پدیده‌ی مهم «برجسته‌بینی» گفتیم و این که از آن می‌توان بسیار استفاده نمود. بدین منظور وسایلی ساخته شده است که در این فصل، پس از آشنایی با آن‌ها، راجع به چگونگی به‌کارگیری آن‌ها نیز سخن خواهیم گفت.

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، هنرجو باید بتواند :

۱ــ انواع استرئوسکوپ را نام ببرد ؛

۲ــ باز چشم را تعریف کند ؛

۳ــ قسمت‌های مختلف انواع استرئوسکوپ را نام ببرد ؛

۴ ــ طرز کار استرئوسکوپ آینه‌دار را شرح دهد ؛

۵ــ اختلاف منظر (پارالاکس) را تعریف کند ؛

۶ــ طرز اندازه‌گیری اختلاف پارالاکس دو نقطه را شرح دهد ؛

۷ــ قسمت‌های مختلف «پارالاکس‌بار» را نام ببرد ؛

۸ــ طرز کار پارالاکس بار را شرح دهد ؛

۹ــ طرز به‌وجود آمدن «نقطه‌ی شناور» را توضیح دهد ؛

۱۰ــ قسمت‌های مختلف پارالاکسبار را ذکر کند ؛

۱۱ــ طرز کار پارالاکسبار همراه با استرئوسکوپ را شرح دهد ؛

۱۲ــ فرمول‌های نهایی مربوط به اختلاف منظر را بنویسد ؛

۱۳ــ فرمول تعیین ارتفاع به کمک اختلاف منظر را بنویسد ؛

۱۴ــ رسم منحنی میزان به کمک استرئوسکوپ و پارالاکسبار را شرح دهد.

۱۵ــ فعالیت عملی مربوط به پایان فصل چهارم را به کمک معلم مربوطه انجام دهد.

آیا می‌دانید

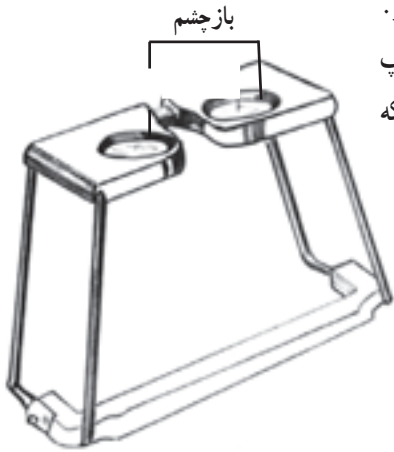
ابن هیثم رساله‌ای در نور نوشت و ذره‌بین را کشف کرد. به نسبت زاویه تابش و زاویه انکسار پی برد و اصول تاریکخانه را شرح داد و در مورد قسمت‌های مختلف چشم بحث کرد. رساله نور ابن‌هیثم نفوذ زیادی در اروپا گذاشت. کارهای وی توسط کمال‌الدین فارسی پیگیری شد.

۱ــ۴ــ استرئوسکوپ و انواع آن

همان‌گونه که در فصل سوم خواندید یکی از روش‌های برجسته‌بینی، برجسته‌بینی با دید موازی است. برای برجسته‌دیدن یک زوج عکس، اگر فاصله‌ی تصاویر مشابه در عکس‌ها از باز چشم مشاهده کننده بیش‌تر باشد، برای مشاهده‌ی عوارض روی عکس‌ها به دستگاه‌هایی نیاز داریم که بتواند محورهای دیدگانی را موازی کند. چنین دستگاهی استرئوسکوپ است که برای کارهای خاصی ساخته شده است. استرئوسکوپ انواع مختلف دارد ولی همه‌ی آن‌ها ساختمانی ساده دارند و اساس کار آن‌ها مشترک است. در این‌جا دو نوع استرئوسکوپ را مورد مطالعه قرار می‌دهیم.

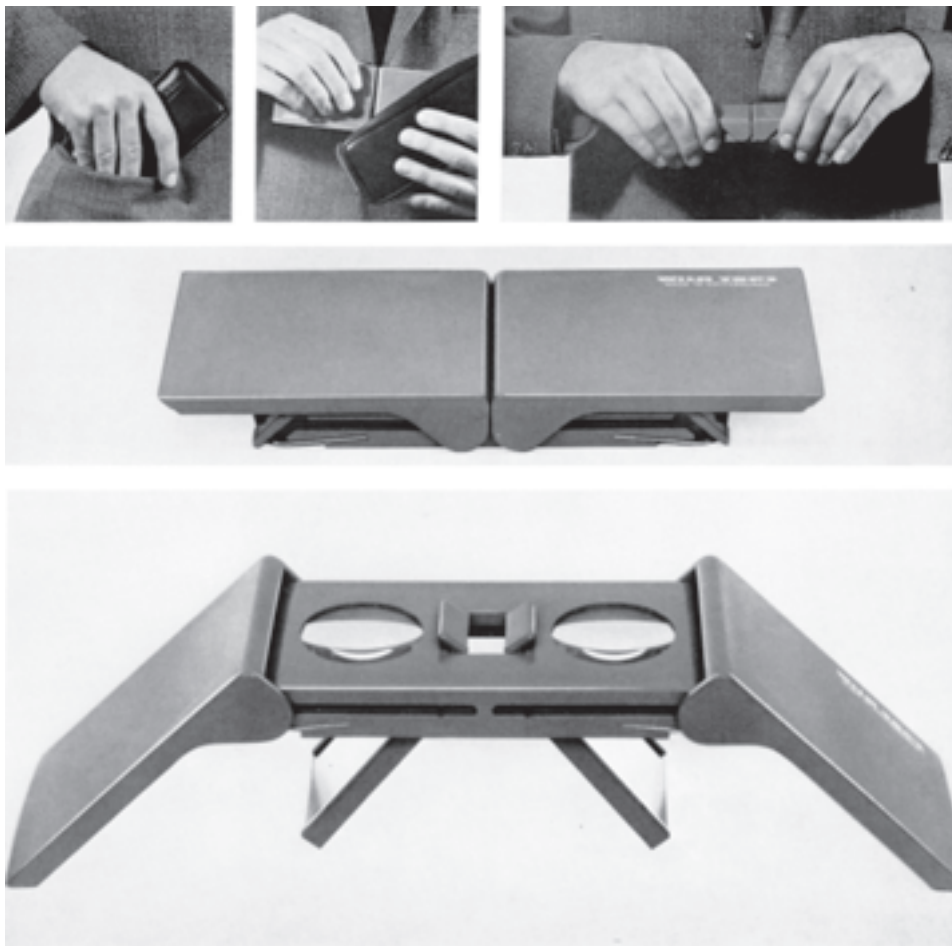
۱ــ استرئوسکوپ جیبی، ۲ــ استرئوسکوپ آینه‌دار.

۱ــ۱ــ۴ــ استرئوسکوپ جیبی: استرئوسکوپ جیبی تشکیل شده است از چهار پایه و دو عدسی محدب که در داخل قابی قرار دارند.



شکل ۱ــ۴ــ استرئوسکوپ جیبی

پایه‌ها تا می‌شوند و به راحتی در یک کیسه‌ی کوچک یا محفظه قرار می‌گیرند به طوری که می‌شود استرئوسکوپ را داخل جیب گذاشت و آن را حمل کرد. این استرئوسکوپ ساده‌ترین و ارزان‌ترین استرئوسکوپ از نوع بدون آینه است. البته مشاهده با این استرئوسکوپ‌ها معایبی دارد که مهم‌ترین آن‌ها این است که فواصل بین نقاط مشابه از دو عکس نمی‌تواند بیش‌تر از فاصله‌ی باز چشم باشد. در این صورت فاصله‌های بیش‌تر از باز دو چشم یا به سختی دیده می‌شود و یا دیدن آن به کلی امکان‌پذیر نیست.



ادامه‌ی شکل ۱ــ۴ــ استرئوسکوپ جیبی

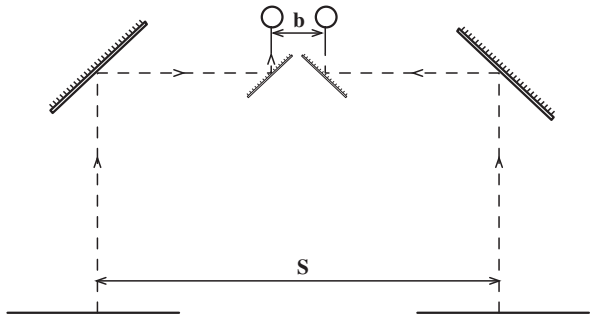
بزرگ‌نمایی عدسی‌هایی که در این استرئوسکوپ‌ها به کار می‌رود حدود ۲/۵ برابر است. اگر فاصله‌ی کانونی عدسی ۱۰۰ میلی‌متر باشد، فاصله‌ی بین دو نقطه‌ی مشابه در این روش ۲۵۰ میلی‌متر است.

$$\text{بزرگ‌نمایی} = \frac{۲۵۰}{f} = \frac{۲۵۰}{۱۰۰} = ۲/۵$$

شکل ۱ــ۴ــ یک نمونه استرئوسکوپ جیبی را نشان می‌دهد.

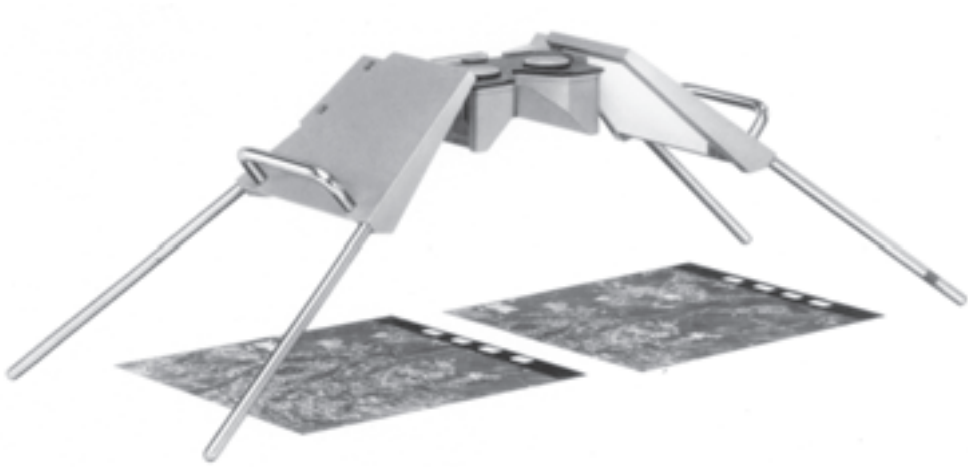
۲ــ۱ــ۴ــ استرئوسکوپ آینه‌دار: این نوع استرئوسکوپ علاوه بر دو عدسی، چهار آینه نیز دارد که دوتای آن بزرگ و دوتای آن کوچک است و آینه‌ها دو به‌دو (یکی بزرگ و دیگری کوچک) با هم موازی‌اند و آینه‌های هم اندازه عمود بر یکدیگر واقع شده‌اند. شکل ۲ــ۴ اساس

ساختمان استرئوسکوپ و مسیر شعاع‌های نوری از عکس‌ها به آینه‌ها و سپس به عدسی‌ها و در انتها رسیدن به چشم‌ها را نشان می‌دهد و همان‌طور که مشخص است عکس‌ها می‌توانند کاملاً از هم جدا زیر استرئوسکوپ قرار گیرند، لذا اشکالی که برای استرئوسکوپ جیبی بود برای استرئوسکوپ آینه‌دار وجود نخواهد داشت.



شکل ۲ــ۴

استرئوسکوپ آینه‌دار ۴ پایه دارد که به بدنه پیچ می‌شوند و به‌طوری که چهار عدد پایه و بدنه را می‌توان در محفظه‌ی مخصوص قرار داد و حمل کرد تا از شکستن و آسیب‌دیدن محفوظ بماند. شکل ۳ــ۴ استرئوسکوپ آینه‌دار را نشان می‌دهد.



شکل ۳ــ۴

با استفاده از آینه، فاصله‌ی بین دو نقطه‌ی مشابه از دو عکس افزایش یافته و از ۲۵۰ تا ۳۵۰ میلی‌متر تغییر خواهد کرد. هرگاه فاصله‌ی کانونی عدسی f باشد، بزرگ‌نمایی عدسی طبق تعریف برابر با $\frac{۲۵۰}{f}$ خواهد بود. در این نوع استرئوسکوپ طول مسیر اشعه از عکس تا عدسی حدود ۳۰۰ میلی‌متر است. این فاصله همان فاصله‌ی کانونی عدسی‌های به‌کار رفته است.

$$\text{بزرگ‌نمایی} = \frac{۲۵۰}{f} = \frac{۲۵۰}{۳۰۰} = ۰/۸$$

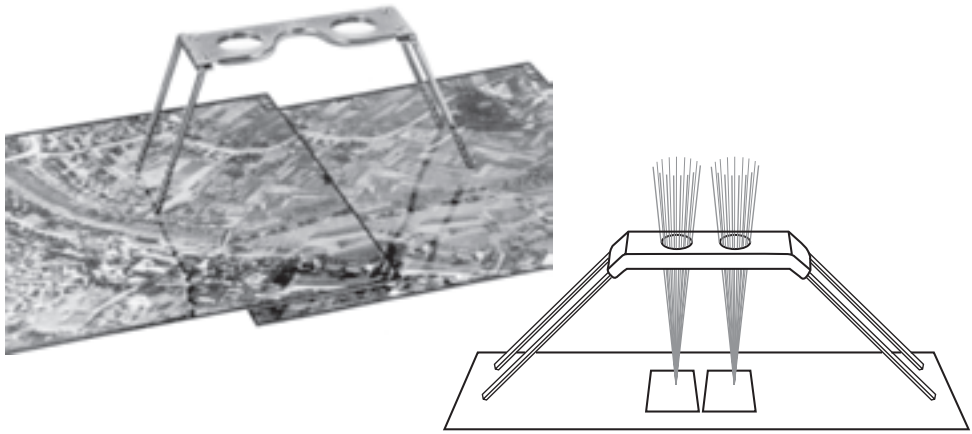
در این‌جا بزرگ‌نمایی ۰/۸ است و تصویر نه تنها بزرگ نمی‌شود بلکه به اندازه‌ی ۰/۸ نیز کوچک می‌گردد و این باعث می‌شود که بتوان مدل را یک‌جا مشاهده کرد. برای بزرگ‌نمایی تصویر از دوربین‌های چشمی که تصویر را از سه تا هشت برابر بزرگ می‌کنند استفاده می‌شود (شکل ۴ــ۴). دوربین‌های چشمی برای بزرگ‌نمایی روی استرئوسکوپ‌ها سوار می‌شود.

شکل ۴ــ۴

۲ــ۴ــ نحوه‌ی استفاده از استرئوسکوپ

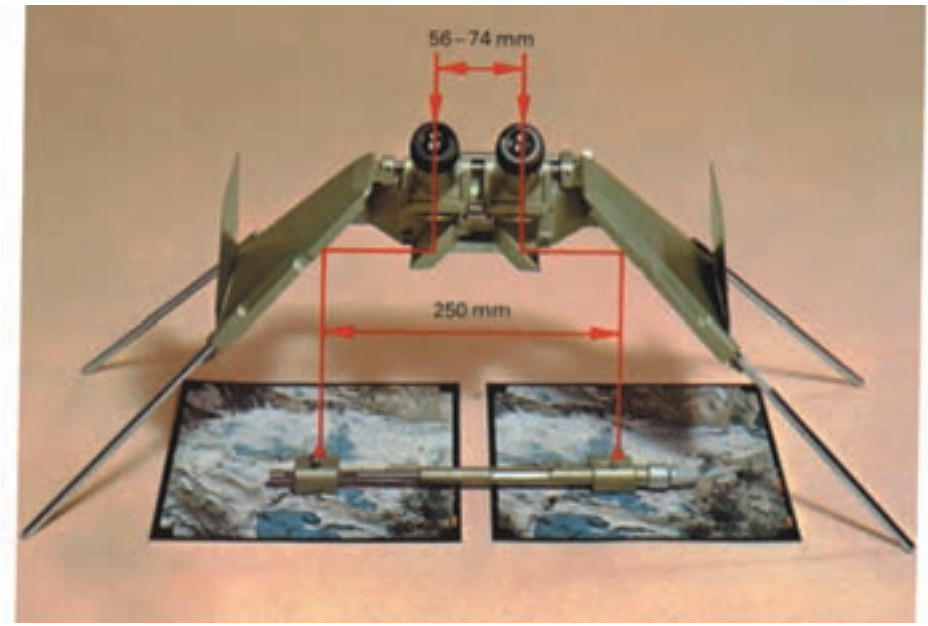
۱ــ۲ــ۴ــ طرز کار با استرئوسکوپ جیبی: در استرئوسکوپ جیبی فاصله‌ی مرکز عدسی‌ها از یک‌دیگر متغیر و از ۵۵ الی ۷۵ میلی‌متر می‌باشد، یعنی معادل فاصله‌ی بین دو مردمک چشم که برای افراد مختلف متفاوت است. چنان که می‌دانید فاصله‌ی متوسط بین دو چشم یا باز چشم حدود ۶۵ میلی‌متر است.

برای کار با استرئوسکوپ آن را روی میز مستقر می‌کنیم و دو عکس را به‌گونه‌ای روی میز و زیر استرئوسکوپ قرار می‌دهیم که امتداد خط پرواز یا خطی که از مراکز عکس‌ها می‌گذرد با خط فاصله‌ی دو چشم موازی باشد. برای برجسته کردن عوارض مشابه به‌طور تجربی به این صورت عمل می‌کنیم که عارضه‌ی مشخصی، مثلاً تقاطع دو جاده، را با انگشت اشاره روی کناره‌ی عارضه قرار می‌دهیم و استرئوسکوپ را روی منطقه‌ای که می‌خواهیم برجسته ببینیم می‌گذاریم و با گذاشتن چشم‌ها روی عدسی‌ها فاصله‌ی عدسی‌ها را که قابل تغییر است با حرکت دادن و جابه‌جا کردن با بازچشم خود یکی می‌کنیم و با نگاه کردن در عدسی‌ها، و در اصل به تصویر، در هر یک از چشمی‌ها سرانگشت خود را به‌طور جداگانه می‌بینیم. سپس سعی می‌کنیم این دو انگشت را همراه با عکس‌ها حرکت دهیم تا آن‌که هر دو را روی هم بیندازیم یا در اصل آن دو تصویر را یکی ببینیم. اگر هنوز عکس کاملاً برجسته به‌نظر نمی‌آید با چرخاندن ملایم عکس‌ها در جهت مناسب آن را به وضعی درآوریم تا برجسته دیده شود در شکل ۵ــ۴ استرئوسکوپ جیبی و یک طرح از آن را مشاهده می‌کنید.



شکل ۵ــ۴

۲ــ۲ــ۴ــ طرز کار با استرئوسکوپ آینه‌دار: مراکز عکس‌ها را به‌طریقی که قبلاً اشاره شد با کمک فیدوشل مارک‌ها به‌دست می‌آوریم و مرکز هر عکس را بر روی عکس دیگر منتقل می‌کنیم، به‌طوری که هر عکس علاوه بر مرکز خود مراکز عکس‌های ما قبل و ما بعد خود را نیز داشته باشد. از وصل کردن مرکزها در روی عکس‌ها خط پرواز مشخص می‌شود (فاصله‌ی دو مرکز عکس از همدیگر به طور معمول حدود ۹۰ میلی‌متر است). سپس عکس‌ها را به گونه‌ای روی میز قرار می‌دهیم که خط پرواز تقریباً موازی لبه‌ی میز باشد و دستگاه استرئوسکوپ را روی عکس‌ها به‌حالتی که باز چشم موازی خط پرواز باشد قرار می‌دهیم. دو عدسی چشم استرئوسکوپ با چشم و باز چشم قابل تنظیم است. با قراردادن چشم‌ها روی عدسی‌های چشمی فاصله‌ی عدسی‌ها را با بازچشم خود هم اندازه می‌کنیم و چشمی‌ها را به‌گونه‌ای می‌چرخانیم که عدسی‌ها مناسب دید چشم ناظر شود. در حالی که در عدسی‌ها نگاه می‌کنیم دو عکس، زیر استرئوسکوپ را ملایم به سمتی حرکت و دوران می‌دهیم که دو عارضه‌ی مشخص از منطقه‌ی مورد نظر به همدیگر نزدیک شده و تصاویر روی هم قرار گیرند و یکی شوند و منطقه به طرز صحیح برجسته دیده شود که در آن زمان می‌شود عکس‌ها را با نوار چسب روی میز چسباند و کار مورد نظر را انجام داد (شکل ۶ــ۴).

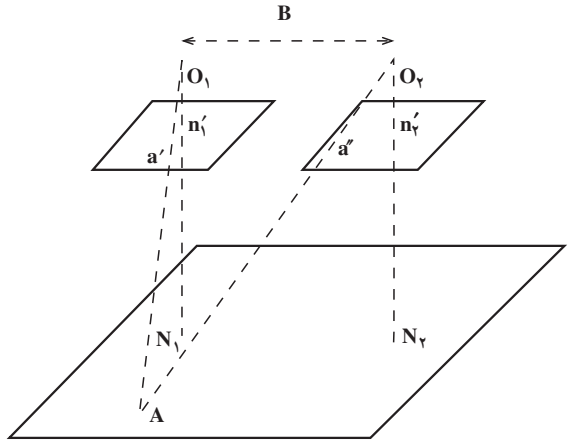


شکل ۶ــ۴

۳ــ۴ــ اختلاف منظر (پارالاکس)

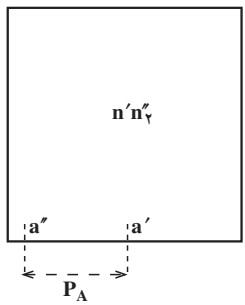
۱ــ۳ــ۴ــ تعریف پارالاکس: تغییر مکان تصویر یک نقطه را بر روی دو عکس متوالی، به‌منظور تغییر ایستگاه دوربین عکس‌برداری، پارالاکس گویند.

زمانی که از دو ایستگاه با فاصله‌ی B (باز عکس‌برداری) به‌طور متوالی عکس‌برداری شود هر نقطه‌ای از زمین که در پوشش مشترک واقع است دارای تصویری روی عکس‌ها خواهد بود. فاصله‌ی بین این دو تصویر را پارالاکس برجسته‌ی آن نقطه گویند. برای مثال، در شکل ۷ــ۴ شیء A دارای تصویر a' در عکس سمت چپ و تصویر a'' در عکس سمت راست می‌باشد.



شکل ۷ــ۴

طبق شکل ۸ــ۴ اگر دو عکس چپ و راست را طوری روی یکدیگر قرار دهیم که دو نقطه‌ی نادیر n'_1 و n'_2 [1] برهم منطبق باشند، فاصله‌ی $a'a''$ را پارالاکس استرئوسکوپی نقطه‌ی A گویند که معمولاً آن را با حروف اختصاری P_A مشخص می‌کنند.

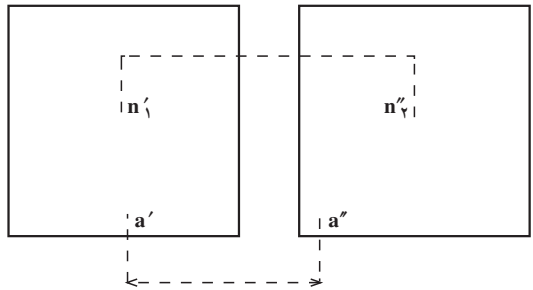


شکل ۸ــ۴

۱ــ در کارهای فتوگرامتری نقاط واقع در عکس یا صفحه، تصویر چپ را با علامت پریم (′) و راست را با علامت زگوند (″) نشان می‌دهند.

اکنون دو عکس چپ و راست را همان‌گونه که بایست با استرئوسکوپ مشاهده کرد، از یکدیگر دور می‌نماییم. در شکل ۹ــ۴ به وضوح دیده می‌شود که پارالاکس استرئوسکوپی نقطه‌ی A عبارت‌است از $P_A = a'a'' - n'_1n''_2$

مقدار P_A از نظر قدرمطلق (بدون توجه به علامت آن) مورد نظر است.



شکل ۹ــ۴

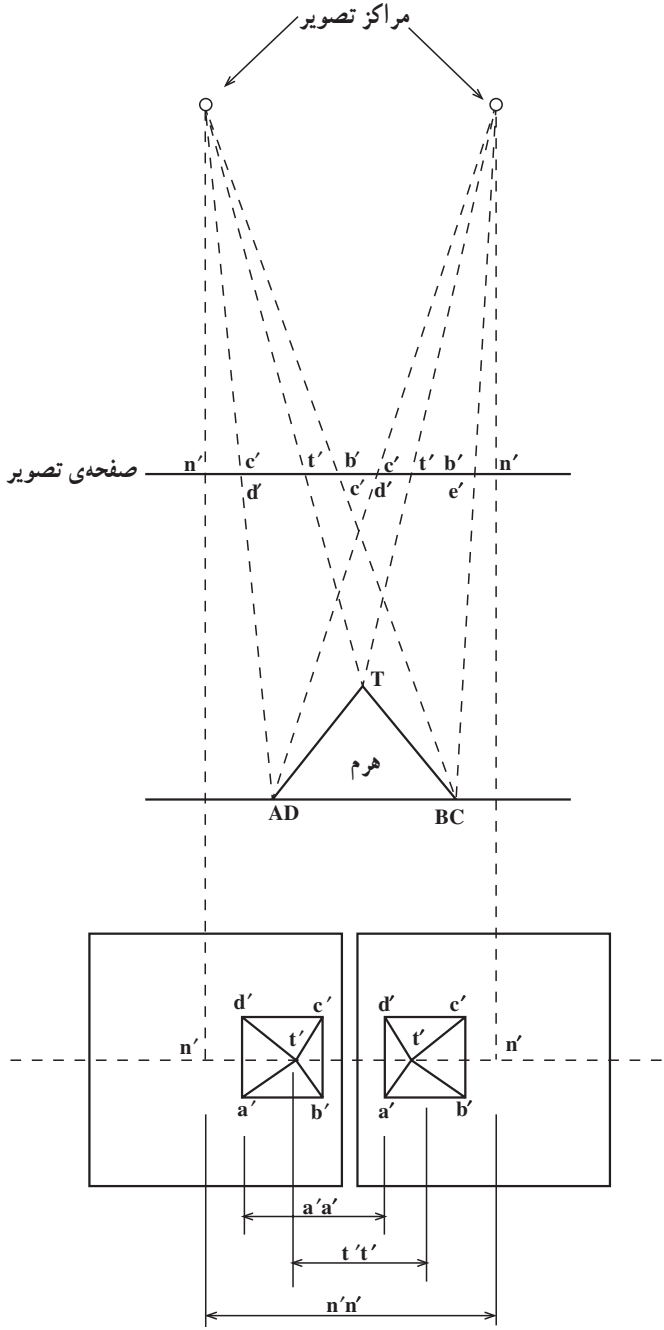
۲ــ۳ــ۴ــ اختلاف پارالاکس دو نقطه: در شکل ۱۰ــ۴ دو تصویر از یک هرم نشان داده شده است. هرگاه دو عکس را بر روی یکدیگر قرار دهیم پارالاکس نقطه‌ی T برابر $t't''$ و پارالاکس نقطه‌ی A برابر $a'a''$ بوده و مسلم است که $a'a''$ برابر $t't''$ نمی‌باشد.

$P_T = t't''$ $\quad$ $P_A = a'a''$

امّا پارالاکس نقاط A، B ، C و D همگی با یکدیگر برابرند :

$P_A = P_B = P_C = P_D$

اکنون اختلاف پارالاکس نقطه‌ی T را با سایر نقاط یعنی A و B و C و D می‌توان به این شرح بیان کرد. چون نقطه‌ی T رأس هرم است از این‌رو اختلاف ارتفاعی نسبت به سایر نقاط خواهد داشت که باعث ایجاد جابه‌جایی در تصویرش می‌گردد. ولی نقاط A و B و C و D که در قاعده‌ی هرم هستند دارای ارتفاع برابر می‌باشند و جابه‌جایی تصویری نخواهند داشت. در نتیجه، پارالاکس این نقاط با هم مساوی و با پارالاکس نقطه‌ی T(P_T) متفاوت است. برای به‌دست آوردن اختلاف پارالاکس دو نقطه مانند نقاط A و T، که در شکل داریم و یکی قاعده‌ی هرم و دیگری رأس هرم است، باید فاصله‌ی نقاط شاقولی دو عکس یا مراکز عکس‌ها یعنی $n'n''$ و فواصل تصاویر مشابه A و T یعنی $a'a''$ و $t't''$ را در دو عکس، مطابق شکل ۱۰ــ۴، اندازه‌گیری



شکل ۱۰ــ۴ــ اختلاف پارالاکس x

کرده، سپس در فرمول زیر قرار داد.

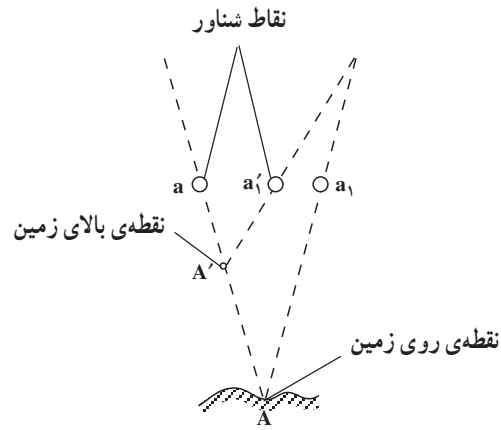
$$P_A - P_T = \Delta P_{AT} = (\overline{a'a'} - \overline{n'n'}) - (\overline{t't'} - \overline{n'n'}) = \overline{a'a'} - \overline{t't'}$$

چنان‌که در رابطه‌ی صفحه‌ی قبل دیده می‌شود فاصله‌ی مراکز دو عکس یعنی n′n′ حذف شده و کافی است برای به‌دست آوردن اختلاف پارالاکس استرئوسکوپی دو نقطه، فقط فواصل تصاویر این دو نقطه را از یکدیگر کم کنیم. اگر با خط کش a′a′ و t′t′ را اندازه‌گیری نماییم داریم : a′a′ = ۱۸ میلی‌متر و t′t′ = ۱۶ میلی‌متر، امّا اندازه‌گیری با خط کش دقت کافی را ندارد.

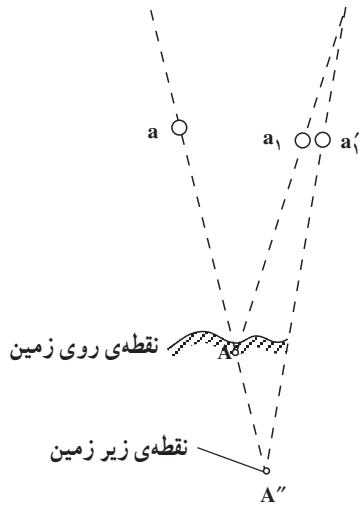
از اختلاف پارالاکس دو نقطه می‌توان اختلاف ارتفاع را محاسبه کرد که این موضوع در مباحث بعد عنوان خواهد شد.

۴ ــ۴ــ اساس نقطه‌ی شناور (Floating Mark)

همان‌گونه که در مبحث قبل گفتیم پارالاکس هر نقطه را می‌توان به کمک یک خط‌کش معمولی اندازه‌گیری کرد. با این حال به دلیل آن که در این اندازه‌گیری به دقت زیادی باید برسیم از وسیله‌ای به نام **پارالاکسبار** استفاده می‌کنیم. در پارالاکسبار استفاده از فلوتینگ مارک یا نقطه‌ی شناور برای اندازه‌گیری دقیق مورد نیاز است. به‌وجود آمدن نقطه‌ی شناور از آزمایش زیر نتیجه‌گیری می‌شود : شکل ۱۱ــ۴ نقطه‌ی شناور را به صورت (۰) و یا (+) نمایش می‌دهد. اگر شعاع‌های دید خود را برروی نقطه‌ی A متمرکز کنیم در این صورت دو مارک (نقطه‌ی شناور) a و a_1 که در مسیر نوری نقطه‌ی A قرار گرفته‌اند به‌صورت یک نقطه بر روی نقطه‌ی A دیده می‌شوند.



شکل ۱۱ــ۴



شکل ۱۲ــ۴

حال اگر یکی از نقطه شناورها، مطابق شکل ۱۱ــ۴، مثلاً نقطه‌ی a_1 به طرف نقطه‌ی a حرکت کند و در جایی متوقف شود که نقطه‌ی a' را داشته باشیم، از منطبق شدن دو نقطه‌ی a و a'_1، نقطه‌ی A' حاصل خواهد شد که بالاتر از نقطه‌ی A دیده می‌شود. بدین ترتیب می‌توان ارتفاع نقاط مختلف روی عکس را اندازه‌گیری نمود. هرگاه دو نقطه‌ی a و a_1 بر روی تصاویر مشابه یک نقطه در دو عکس قرار گیرند، این دو نقطه را می‌توان به‌صورت یک نقطه‌ی واحد و منطبق بر زمین مشاهده کرد. هرگاه یکی از این نقاط را به سمت نقطه‌ی دیگر یا به سمت مخالف آن حرکت دهیم نقطه‌ی شناور بالای زمین و یا زیرزمین دیده خواهد شد. در شکل ۱۲ــ۴ نقطه‌ی شناور، زیرزمین به‌نظر می‌رسد. معمولاً چشم انسان، از نظر فیزیولوژیکی، نسبت به این‌که نقطه‌ی شناور روی زمین قرار دارد یا نه دارای حساسیت فراوانی می‌باشد. بنابراین اندازه‌گیری‌هایی که با دید سه بعدی انجام می‌گیرد به مراتب دقیق‌تر از دید دو بعدی است.

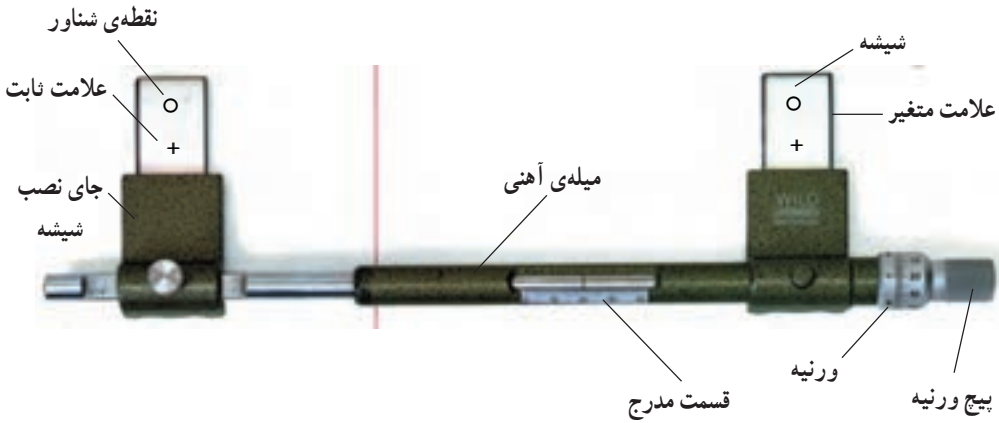
۵ ــ۴ــ اندازه‌گیری اختلاف منظر

اندازه‌گیری اختلاف منظر اساساً با پارالاکسبار Parallax-bar و استرئوسکوپ انجام می‌گیرد.

۱ــ۵ــ۴ــ ساختمان پارالاکسبار و اندازه‌گیری اختلاف منظر: پارالاکسبار شامل دو قطعه شیشه‌ی مستطیل شکل است که روی هرکدام از شیشه‌ها یک نقطه‌ی اندازه‌گیر یا نقطه‌ی شناور مانند شکل ۱۳ــ۴ حک شده است.

شکل ۱۳ــ۴

تذکر: با استفاده از پارالاکسبار و استرئوسکوپ می‌توان دو نقطه‌ی اندازه‌گیر را به‌صورت یک نقطه‌ی شناور مشاهده کرد. شکل ۱۴ــ۴ پارالاکسبار را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴ــ۴ــ ساختمان پارالاکسبار

این دو قطعه شیشه که حامل نقطه‌ی شناور است به یک میله‌ی فلزی متصل می‌باشند. طول این میله به‌وسیله‌ی یک پیچ میکرومتری قابل تغییر است که با پیچاندن آن فاصله‌ی نقطه‌ی شناور سمت راست نسبت به نقطه‌ی شناور سمت چپ تغییر می‌کند. فاصله‌ی بین این دو با دقتی در حدّ میکرون قرائت می‌شود. میکرومتر بدین گونه شماره‌گذاری شده است که، وقتی فاصله‌ی دو نقطه‌ی متناظر کم می‌شود اعداد قرائت شده بر روی پارالاکسبار بیش‌تر است و این قرائتِ بیش‌تر نشان دهنده‌ی ارتفاعِ بیش‌تر است. آن‌چه را که از میکرومتر خوانده می‌شود با حرف M نشان می‌دهند. به‌طور مثال M_T یعنی قرائت پارالاکسبار مربوط به نقطه‌ی T رأس هرم است. همچنین M_A قرائت پارالاکسبار مربوط به یکی از نقاط قاعده‌ی هرم شکل ۱۰ــ۴ را نشان می‌دهد. با توجه به مطالب گفته شده اختلاف پارالاکس A و T چنین خواهد بود :

$$M_A = P_A \quad , \quad M_T = P_T$$

$$P_A - P_T = \Delta P_{AT} = M_A - M_T$$

$$\Delta P_{AT} = M_A - M_T \qquad (۱)$$

۲ــ۵ــ۴ــ کار با پارالاکسبار همراه با استرئوسکوپ: مطابق شکل ۱۵ــ۴ ابتدا دو عکس موردنظر را که پوشش مناسب دارند روی میز قرار داده به‌گونه‌ای که خط اتصال مراکز عکس‌ها که در امتداد خطوط پرواز است، موازی لبه‌ی میز باشد سپس استرئوسکوپ را روی آن‌ها مستقر می‌کنیم و به‌وسیله‌ی این دستگاه عکس‌ها را با جابه‌جا کردن به‌صورت مدل برجسته درمی‌آوریم و سپس آن‌ها را با چسب نواری به میز متصل می‌کنیم، آن‌گاه پارالاکسبار را که درجات تقسیم‌بندی

آن روی حد متوسط است روی عکس‌ها قرار می‌دهیم.

پارالاکسبار اغلب دو پیچ تنظیم دارد که یکی از آن‌ها پیچ تنظیم کلی و دیگری پیچ تنظیم جزئی است که از یک ورنیه تشکیل شده است. پیچ تنظیم کلی با دقت میلی‌متر و پیچ تنظیم جزئی با دقت ۰/۱ تا ۰/۰۰۱ میلی‌متر کار می‌کند. اکنون شیشه‌ی چپ پارالاکسبار را روی عکس سمت چپ و شیشه‌ی سمت راست را روی عکس سمت راست قرار می‌دهیم. شیشه‌ها باید روی عوارض شبیه هم که منظور تعیین پارالاکس آن‌است به‌طور تقریبی قرار گیرند. مثلاً کناره‌ی پشت بام یک ساختمان که

شکل ۱۵ــ۴

شیشه‌ی سمت چپ را روی کناره‌ی ساختمان عکس چپ و شیشه‌ی سمت راست را روی ساختمان سمت راست می‌گذاریم و پیچ علامت ثابت سمت چپ را محکم می‌کنیم که این علامت تا انتهای کار اندازه‌گیری ثابت خواهد ماند. سپس با پیچاندن پیچ میکرومتر علامت سمت راست نسبت به علامت سمت چپ حرکت می‌کند. از ابتدا تاکنون باید از پیچ تنظیم کلی استفاده و پارالاکسبار را مستقر کنیم، سپس با استفاده از چشمی‌های استرئوسکوپ نقطه‌ی شناور روی یکی از شیشه‌های پارالاکسبار را با گوشه‌ی ساختمان ثابت کنیم و سپس نقطه‌ی شناور شیشه‌ی پارالاکسبار سمت دیگر را با استفاده از پیچ میکرومتر جزئی، روی کناره‌ی ساختمان قرار دهیم. اکنون دو نقطه‌ی شناور را یکی می‌بینیم که روی کناره‌ی ساختمان و سطح عارضه مماس است و لذا پستی‌ها و بلندی‌های مدل را به وضوح

مشاهده می‌کنیم. اکنون می‌توان پارالاکسبار را قرائت کرد. افراد باتجربه و دقیق تا دقت ۰/۰۳± میلی‌متر این قرائت را انجام می‌دهند. به همین گونه سایر نقاط را می‌توان تنظیم و قرائت کرد و اختلاف پارالاکس را طبق رابطه‌ی (۱) به دست آورد.

مسئله‌ی ۱: بوسیله‌ی پارالاکسبار قرائت نقاط A و T برابر ۲۲mm و ۱۸mm است اختلاف پارالاکس A و T را محاسبه کنید.

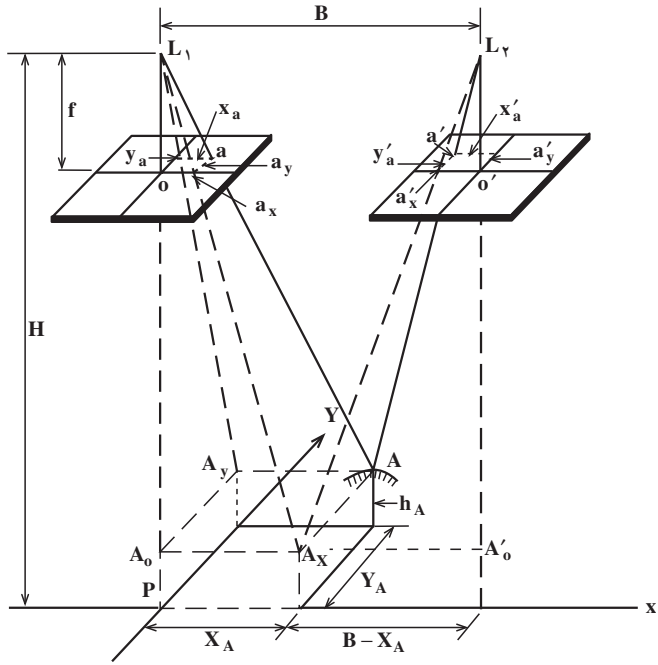
$M_A = ۲۲mm \; M_T = ۱۸mm$

طبق رابطه‌ی (۱) داریم :

$\Delta P_{AT} = M_A - M_T$

$\Delta P_{AT} = ۲۲ - ۱۸ = ۴mm$

۶ــ۴ــ معادلات مربوط به اختلاف منظر



شکل ۱۶ــ۴

موقعیت مسطحاتی نقطه‌ی A روی زمین به‌وسیله‌ی مختصات زمین X_A و Y_A مشخص شده است. مبدأ محورهای مختصات زمین XY روی سطح مبنا و بر نقطه‌ی اصلی P واقع شده است و محور X در صفحه‌ی قائم محور پرواز عکس‌ها قرار دارد و محور Y از نقطه‌ی اصلی واقع بر سطح

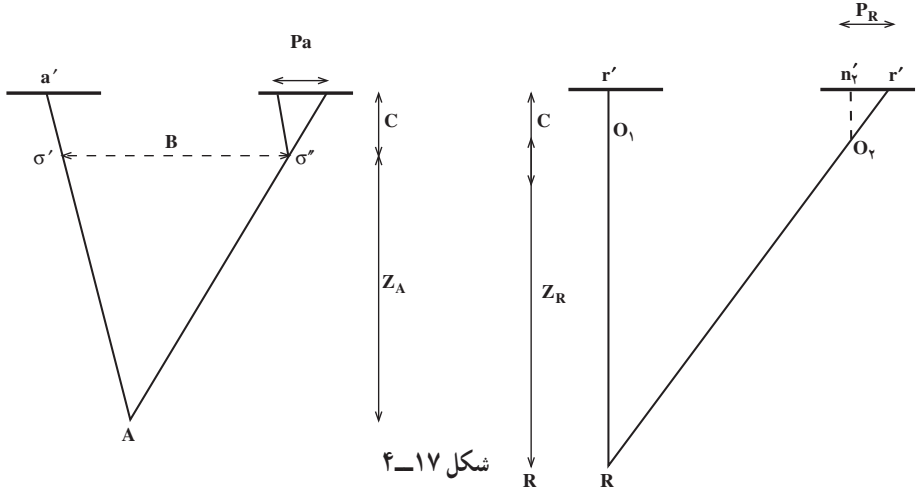
مبنا عبور کرده و عمود بر محور X می‌باشد. نقطه‌ی زمینی A در شکل ۱۶ــ۴ مشاهده می‌شود که دو تصویر a و a′ را در عکس‌ها دارد. اکنون برای محاسبه‌ی مختصات زمینی نقطه‌ی A (X_A, Y_A) و ارتفاع نقطه‌ی A از سطح مبنا یعنی h_A ، از روابط زیر استفاده می‌نماییم :

$$\begin{cases} X_A = B\dfrac{xa}{Pa} \\ Y_A = B\dfrac{ya}{Pa} \end{cases} \qquad h_A = H - \dfrac{Bf}{Pa}$$

در رابطه‌های بالا نقطه‌ی A از سطح مبنا و H ارتفاع پرواز از سطح مبنا و B بازهوایی و f فاصله‌ی کانونی دوربین عکس‌برداری و Pa پارالاکس نقطه‌ی A و X_A و Y_A مختصات زمینی نقطه‌ی A در سیستم مختصات اختیاری و x_a و y_a مختصات عکس نقطه‌ی a که در عکس سمت چپ اندازه‌گیری می‌شود.

۷ــ۴ــ تعیین ارتفاع به کمک اختلاف منظر

اختلاف ارتفاع دو منظر باعث اختلاف پارالاکس می‌شود. در مبحث قبل برای تعیین ارتفاع نقطه A، یعنی h_A می‌بایست از پارالاکس نقطه و ارتفاع پرواز و بازهوایی و فاصله‌ی کانونی دوربین استفاده کرد. امّا در این‌جا، همان‌طور که قبلاً گفته شد، رابطه‌ی مستقیمی بین اختلاف پارالاکس و اختلاف ارتفاع وجود دارد. با توجه به شکل ۱۷ــ۴ اختلاف ارتفاع نقاط A و R از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید :



شکل ۱۷ــ۴

$$\Delta h = \frac{Z_R}{P_R}.\Delta P \;\; ; \;\; \Delta P_{AR} = P_A - P_R$$

تمرین ۱: پارالاکس نقطه‌ی R را چهار بار با پارالاکس بار اندازه‌گیری کرده‌ایم که به ترتیب ۱۱/۵۱، ۱۱/۵۲، ۱۱/۵۳، ۱۱/۵۲ میلی‌متر است و پارالاکس نقطه‌ی A را چهار بار اندازه‌گیری کرده‌ایم (برای دقت بالاتر) که به ترتیب ۱۳/۷۶، ۱۳/۷۴، ۱۳/۷۴، ۱۳/۷۶ میلی‌متر است اگر ارتفاع پرواز از نقطه‌ی R ۱۵۰۰ متر باشد، اختلاف ارتفاع این دو نقطه را محاسبه کنید.

$$P_R = (۱۱/۵۲ + ۱۱/۵۳ + ۱۱/۵۲ + ۱۱/۵۱) \diagup ۴$$

$$P_R = ۱۱/۵۲$$

$$P_A = (۱۳/۷۶ + ۱۳/۷۴ + ۱۳/۷۴ + ۱۳/۷۶) \diagup ۴$$

$$P_A = ۱۳/۷۵$$

داریم :

$$\Delta h = \frac{Z_R}{P_R} \times \Delta P_{AR}$$

$$\Delta P_{AR} = P_A - P_R = ۱۳/۷۵ - ۱۱/۵۲ = ۲/۲۳ mm$$

$$\Delta h = \frac{۱۵۰۰ m}{۱۱/۵۲ mm} \times ۲/۲۳ mm = ۲۹۰/۳۶ m$$

تمرین ۲: اگر مقیاس عکس‌برداری ۲۰۰۰۰ :۱ و فاصله‌ی کانونی دوربین ۲۱۰ میلی‌متر باشد و پارالاکس نقاط A و R به ترتیب ۱۴ و ۱۳/۸، مقدار Δh را محاسبه کنید.

$S = ۱:۲۰۰۰۰$ $\qquad C = ۲۱۰ mm = ۰/۲۱ m$

$$S = \frac{C}{Z} \qquad \frac{۱}{۲۰۰۰۰} = \frac{۰/۲۱}{Z}$$

$Z = ۴۲۰۰$ متر $\qquad \Delta P_{AR} = PA - PR = ۱۴ - ۱۳/۸ = ۰/۲$ میلی‌متر

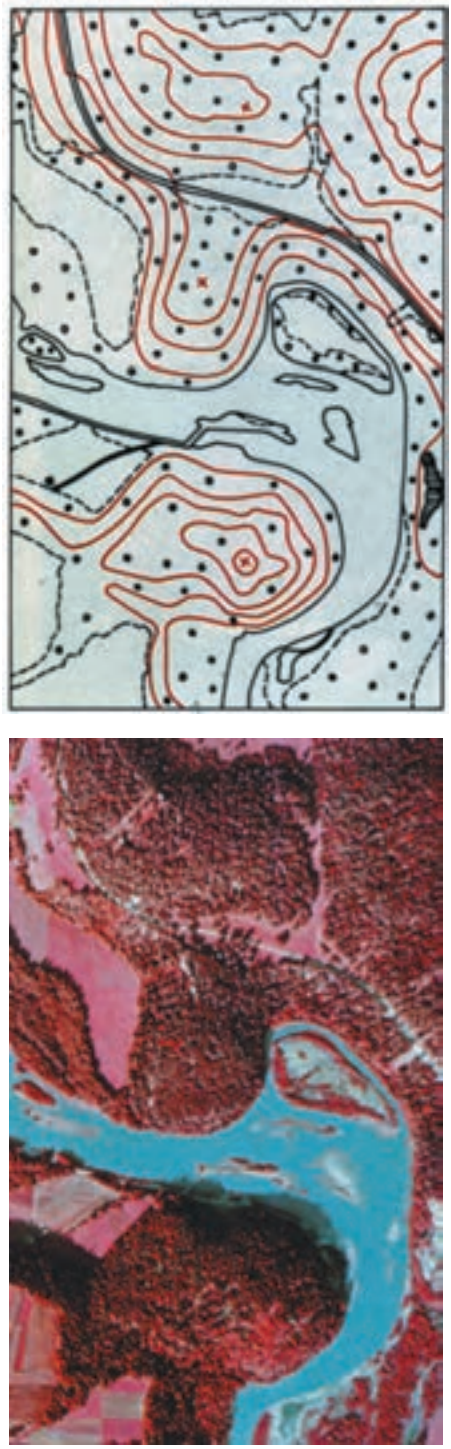
$$\Delta h = \frac{Z_R}{P_R + \Delta P} \Delta P \qquad \Delta h \approx \frac{ZR}{PR} \Delta P_{AR}$$

$$\Delta h = \frac{۴۲۰۰}{۱۳/۸} \times ۰/۲ = ۶۰/۸۶ m$$

۸ــ۴ــ ترسیم منحنی میزان به کمک استرئوسکوپ و اختلاف منظر

ساده‌ترین روش تهیه‌ی نقشه با استرئوسکوپ همراه با پارالاکسبار، بدین‌گونه است که برای اندازه‌گیری طول و عرض هر نقطه از مدل می‌توان نقطه‌ی شناور پارالاکسبار را روی آن نقطه برد و پس از برجسته کردن آن نقطه و مماس کردن نقطه‌ی شناور بر عارضه‌ی روی مدل، مختصات نقطه‌ی شناور را که مختصات آن عارضه نیز می‌باشد روی نقشه پیاده کرد ؛ آن‌گاه با داشتن نقاط، عوارض مسطحاتی را رسم کرد که این عوارض مسطحاتی با دقت کم است.

اکنون برای ترسیم منحنی میزان‌های نقشه، نقاط بسیاری را به‌طور تقریبی، مثلاً هر ۱ سانت یک نقطه، به صورت نامنظم و یا به‌صورت منظم و شبکه مانند با مختصات x و y روی نقشه مشخص می‌کنیم و با نقطه‌ی شناور پارالاکسبار به کمک استرئوسکوپ روی نقاط رفته و پس از مماس کردن نقطه‌ی شناور پارالاکس نقطه را خوانده و ارتفاع آن را حساب کرده و کنار نقطه‌ای که مشخص کرده‌ایم یادداشت می‌کنیم. در ضمن همان‌طور که نقاط را به صورت شبکه قرائت می‌کنیم و پیش می‌رویم و پارالاکس هرکجا از زمین (عوارض روی مدل) را که حالت خاص دارد، مثلاً بلندترین نقطه مثل قله‌ها و روی تپه‌ها و گودال‌ها و کنار ترانشه‌ها و آبریزهای کوهستان‌ها و شیب‌ها، نیز خوانده و ارتفاع آن‌ها را محاسبه و یادداشت کرده و پس از آن‌که برای تمام سطح مدل نقطه داشتیم به طریق واسطه‌یابی Inter Polation بین دو نقطه، نقاط هم ارتفاع را یافته و به هم وصل می‌کنیم. مثلاً اگر بخواهیم در سطح نقشه، منحنی میزان ۲/۵ متری داشته باشیم و کم‌ترین ارتفاع ما حدود ۶۲ متر و بالاترین آن ۷۱ متر باشد منحنی‌های ۶۲/۵، ۶۵، ۶۷/۵ و ۷۰ را ترسیم می‌کنیم. اکنون منحنی‌هایی خواهیم داشت که هر یک نشان‌دهنده‌ی یک ارتفاع ثابت است. با نگاه کردن به شکل ۱۸ــ۴ مشاهده می‌کنیم که منحنی ترازها به منظور نشان‌دادن ناهمواری‌های سطح زمین می‌باشد. تجسم گودی‌ها و آبریزها و قله‌ها با دیدن منحنی میزان‌ها برای ما امکان‌پذیر است.



شکل ۱۸ــ۴ــ تصویر زمین و نقشه‌ی مربوط با منحنی میزان

در شکل زیر یک دستگاه استرئوسکوپ با مداد رسام نشان داده می‌شود.

شکل ۱۹ــ۴

خودآزمایی

۱ــ برجسته‌نما (استرئوسکوپ) و انواع آن را نام ببرید.

۲ــ دستگاه استرئوسکوپ جیبی را شرح دهید.

۳ــ دستگاه استرئوسکوپ آینه‌دار را شرح دهید و طرح کلی آن‌را ترسیم کنید.

۴ــ چگونگی بزرگ‌نمایی استرئوسکوپ‌ها را با فرمول بنویسید و شرح دهید.

۵ــ طرز کار با استرئوسکوپ جیبی را بنویسید.

۶ــ طرز کار با استرئوسکوپ‌آینه‌دار را بنویسید.

۷ــ پارالاکس (منظر) را در یک خط تعریف کنید.

۸ــ پارالاکس استرئوسکوپی نقطه‌ای به نام A را در روی یک عکس و دو عکس نشان دهید.

۹ــ اختلاف پارالاکس (منظر) را توضیح دهید.

۱۰ــ چگونه اختلاف منظر باعث دید سه‌بعدی می‌شود؟

۱۱ــ نقطه‌ی شناور و اساس کار آن را توضیح دهید.

۱۲ــ ساختمان پارالاکسبار را شرح دهید.

۱۳ــ کار با پارالاکسبار همراه با استرئوسکوپ را شرح دهید.

۱۴ــ معادلات نهایی مربوط به اختلاف منظر را بنویسید و پارامترهای مورد استفاده در این معادلات را نام ببرید.

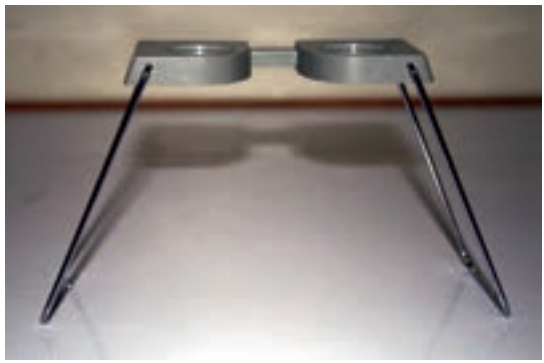
۱۵ــ شیوه‌ی ترسیم منحنی میزان به کمک استرئوسکوپ و پارالاکسبار را به اختصار بنویسید.

۱۶ــ پارالاکس نقطه‌ی R را پس از اندازه‌گیری با پارالاکسبار برابر ۱۶ میلی‌متر داریم. اگر ارتفاع پرواز در نقطه‌ی R ۱۵۰۰ متر باشد و اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و R برابر ۲۰۰ متر باشد مقدار ΔP_{AR} (اختلاف پارالاکس دو نقطه‌ی A و R) را محاسبه کنید.

فعالیت عملی

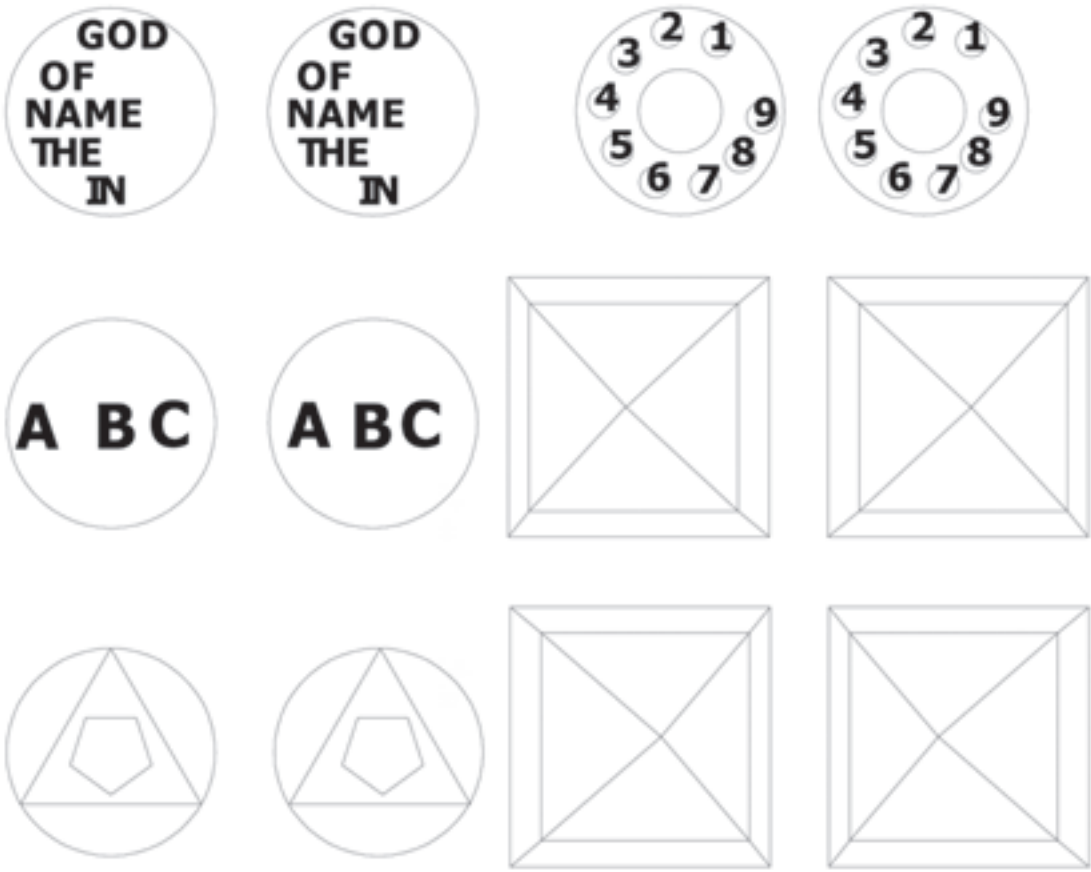
الف) کار با استرئوسکوپ جیبی

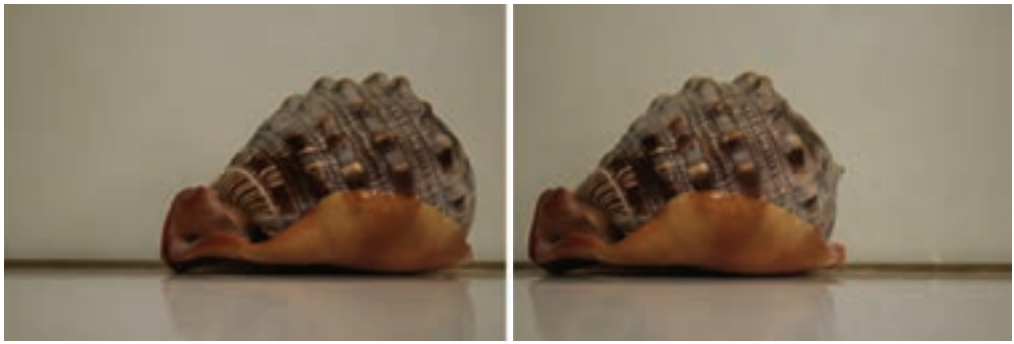
۱ــ برای آشنایی با استرئوسکوپ جیبی آن را در دست گرفته و قسمت‌های مختلف (عدسی ــ قاب عدسی ــ پایه و لولا یا کشوی تنظیم بار چشمی) را بررسی کرده و نام ببرید.



۲ــ باز چشم خود را مطابق تمرین فصل قبل به‌دست آورید (اندازه‌گیری در مقابل آینه) سپس باز استرئوسکوپ را به اندازه باز چشم خود تنظیم کنید.

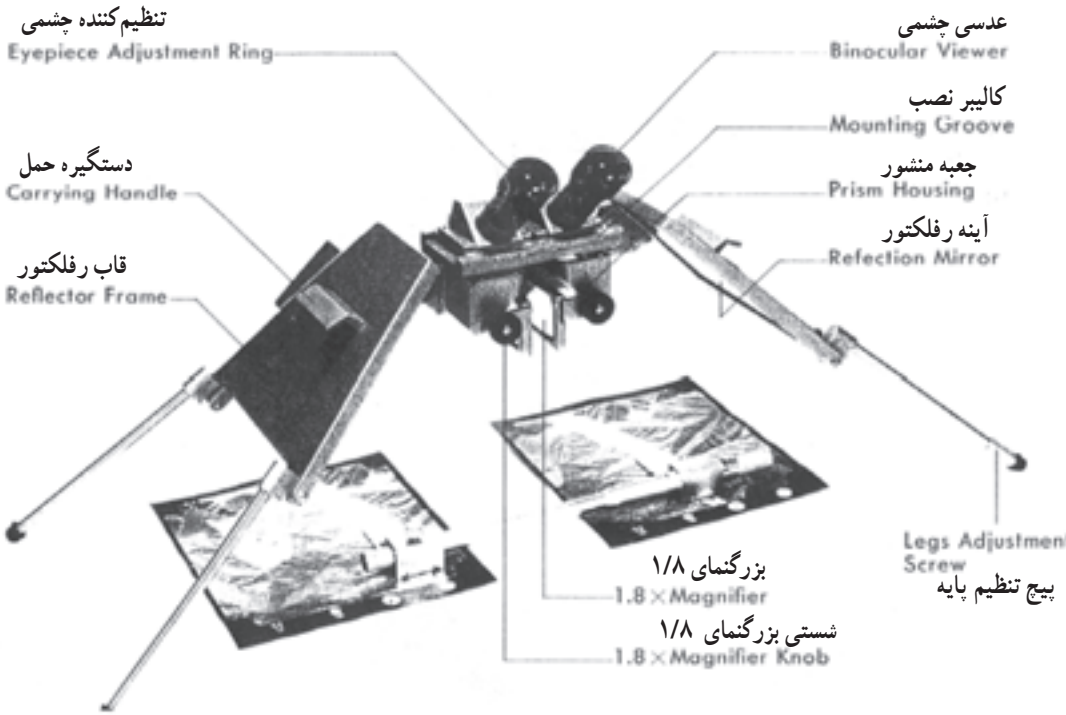
۳ــ با استرئوسکوپ جیبی زوج تصاویر زیر را برجسته ببینید. سپس عوارض را به ترتیب ارتفاعشان از کم به زیاد شماره‌گذاری کنید.


GOD
OF
NAME
THE
IN
GOD
OF
NAME
THE
IN
1
2
3
4
5
6
7
8
9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
A BC
A BC



ب) کار با استرئوسکوپ آینه‌دار

قسمت‌های مختلف استرئوسکوپ به شرح شکل زیر است.



در مشاهده با استرئوسکوپ در حالت شکل (الف)، عامل می‌تواند کل مدل را مشاهده نماید زیرا بزرگ‌نمایی تصاویر یک برابر دیده می‌شوند و با استفاده از عدسی‌های با بزرگ‌نمایی ۱/۸ قادر به بزرگ‌تر دیدن نیز می‌شویم و در حالت شکل (ب) با استفاده از دوربین دوچشمی ضمیمه دستگاه می‌توان ۳ تا ۶ برابر تصاویر را بزرگ‌تر مشاهده نمود.

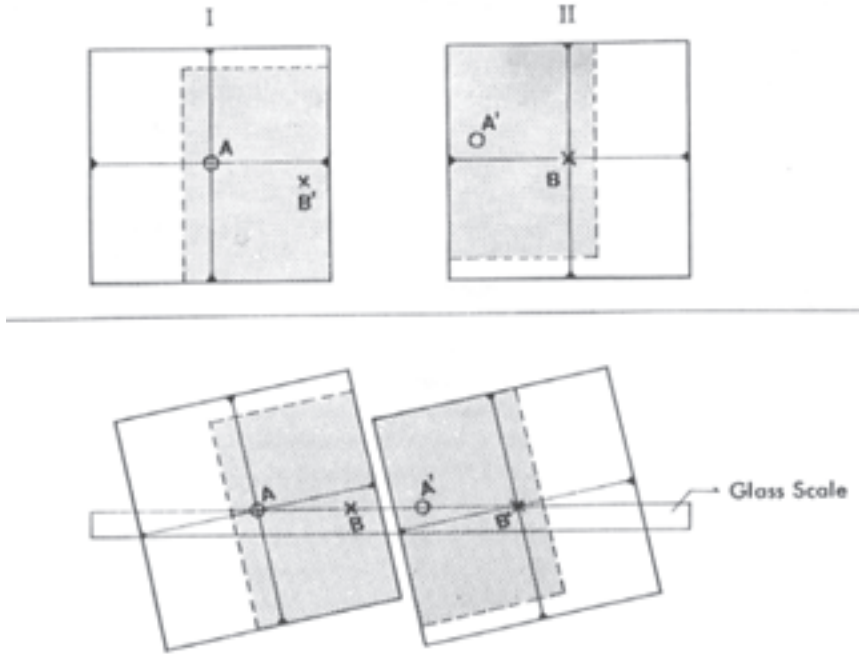
(الف) (ب)

کار با استرئوسکوپ آینه‌دار سه مرحله دارد.

مرحله اول: آماده‌سازی عکس‌ها: در این مرحله با دقت بالا مراکز دو عکس به کمک فیدوشال مارک‌ها مشخص شده و با فشار آهسته نوک سوزن نقطه علامت زده می‌شود سپس با قرار دادن عکس در زیر استرئوسکوپ و ایجاد دید سه بعدی و مشاهده مرکز عکس (محل سوزن)، محل آن روی عکس دیگر نیز سوزن زده می‌شود و مطابق شکل زیر مراکز عکس‌ها روی هر دو عکس مشخص می‌شود.

برای برجسته‌بینی کل عکس به صورت دقیق باید مطابق شکل هر چهار نقطه روی یک امتداد قرار گیرد (امتداد پرواز).

عکس‌ها را باید طوری روی میز چسباند که فاصله هر مرکز عکس تا تصویرش روی عکس دیگر ۲۶ سانتی‌متر باشد. (برای استرئوسکوپ‌های (TOPCON)

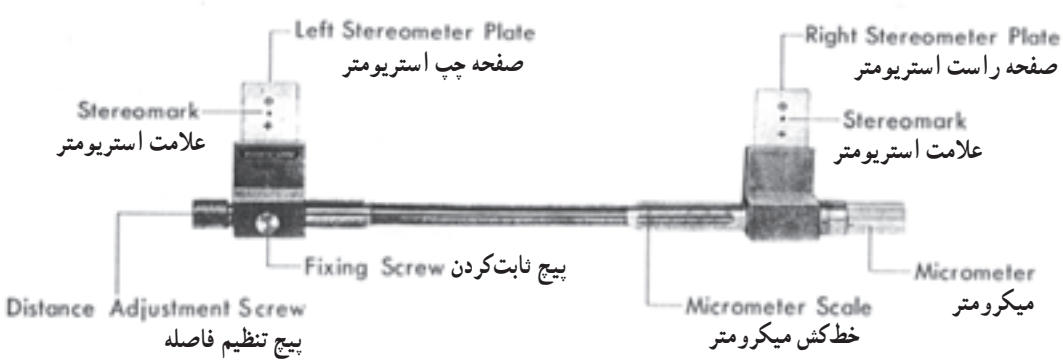


مرحله‌ی دوم: برجسته‌بینی: استرئوسکوپ را باید طوری روی عکس‌ها قرار داد که امتداد مراکز عکس‌ها و مراکز عدسی‌ها با هم موازی باشند و برای ثبات دستگاه و لق نزدن آن از پیچ تنظیم پایه کمک می‌گیریم سپس استرئوسکوپ را روی بزرگ‌نمایی یک برابر قرار داده و تصاویر را مشاهده می‌نماییم در صورت عدم مشاهده سه بعدی باید فاصله عکس‌ها را کم یا زیاد نمود.

پس از مشاهده سه بعدی، دوربین دو چشمی با بزرگ‌نمایی سه برابر را روی دستگاه در محل خود قرار داده و فاصله آن‌ها را با باز چشم تنظیم می‌نماییم. با مشاهده از دوربین باید همه نقاط مشترک دو عکس را برجسته ببینیم.

مرحله‌ی سوم: اندازه‌گیری پارالاکس: ابتدا پارالاکسبار را روی عکس‌ها طوری قرار می‌دهیم که نقاط حک شده یا فلوتینگ مارک‌ها روی دو عارضه مشابه در دو عکس قرار گیرند و در صورت زیاد بودن فاصله ابتدا پیچ فیکس را آزاد کرده و سپس با پیچ تنظیم فاصله، فاصله دو نقطه را تنظیم می‌نماییم و پیچ فیکس را می‌بندیم.

برای اندازه‌گیری پارالاکس نقاط با مشاهده عارضه مورد نظر و قراردادن نقاط فلوتینگ مارک‌ها روی آن‌ها، این نقاط بر هم منطبق نیستند و دو نقطه مجزا دیده می‌شوند که باید به وسیله پیچ میکرومتر (ورنیه) آن‌ها را به هم نزدیک کرد تا بر هم منطبق گردند. در این حالت یک نقطه در فضا دیده می‌شود و با حرکت آهسته میکرومتر نقطه به صورت شناور بالا و پایین می‌رود که باید آن را با سطح موردنظر مماس نمود و پس از مماس شدن پارالاکس اندازه‌گیری شده را از روی قسمت مدرج میکرومتر و ورنیه یادداشت می‌شود. برای اندازه‌گیری پارالاکس هر نقطه برای دقت بیشتر باید حداقل پنج بار اندازه‌گیری انجام پذیرد و از قرائت‌های قابل قبول میانگین‌گیری شود.



مرحله‌ی چهارم: محاسبه اختلاف ارتفاع توسط پارالاکس بار: پس از اندازه‌گیری پارالاکس نقاط و محاسبه اختلاف پارالاکس بین نقاط می‌توان با استفاده از فرمول‌های مربوطه انجام داد و یا این‌که با استفاده از نمودار محاسباتی (Nomogram)زیر اختلاف ارتفاع نقاط را به‌دست آورد.

برای کار با گراف زیر ابتدا باید خطی از نقطه ارتفاع پرواز (قسمت مدرج Hm) به نقطه اختلاف پارالاکس (قسمت مدرج Pmm) وصل کرده و امتداد دهیم تا خط قائم سمت چپ را قطع کند و از نقطه تقاطع خطی به نقطه باز عکسی (قسمت مدرج bmm) وصل کرده و امتداد می‌دهیم تا خط اختلاف ارتفاع (قسمت مدرج hm) را قطع کند، آن‌گاه مقدار اختلاف ارتفاع از روی همین قسمت قرائت می‌شود.

۱ــ یک زوج عکس تهیه کرده و مطابق مرحله‌ی اول آن را روی میز بچسبانید سپس مطابق مرحله‌ی دوم استرئوسکوپ را طوری روی آن قرار دهید که بتوانید کل منطقه مشترک عکس رابرجسته ببینید.

۲ــ زیرنظر مربی خود هر نفر ۴ نقطه را مشخص نماید و پارالاکس هریک را ۵ بار مطابق مرحله‌ی سوم با پارالاکس بار اندازه‌گیری نموده و میانگین آن را محاسبه کنید.

۳ــ اختلاف ارتفاع نقطه اول را نسبت به سه نقطه دیگر توسط نمودار محاسباتی (nomogram) مطابق شرح مرحله‌ی چهارم بدست آورید.

۴ــ بر روی تک عکس وجود اختلاف ارتفاع‌ها را با چشم بررسی کرده و سپس این عمل را به کمک استرئوسکوپ مجدداً بررسی نمایید.

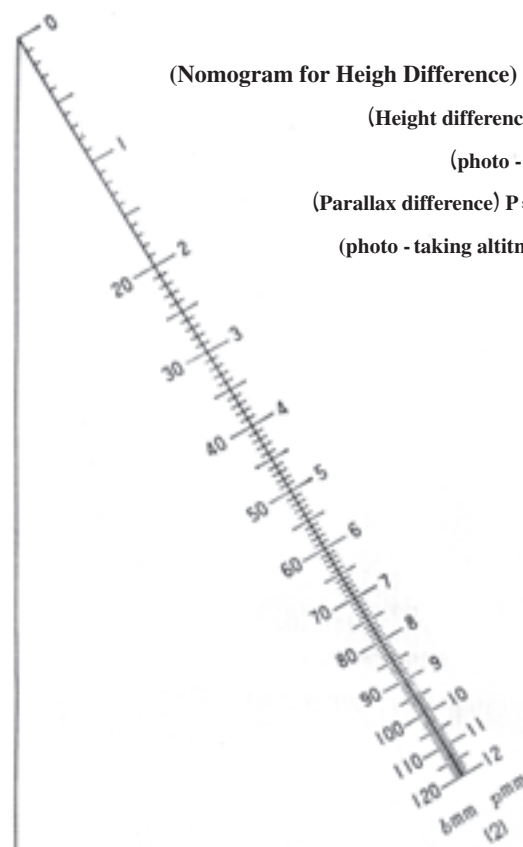
نمودار اختلاف ارتفاع (Nomogram for Heigh Difference)

(m) اختلاف ارتفاع = h (Height difference)

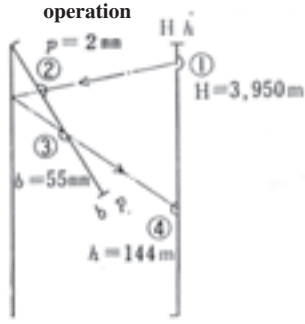
(mm) بازعکس = b (photo - base)

(mm) اختلاف پارالاکس = P (Parallax difference)

(m) ارتفاع پرواز = H (photo - taking altitnde)



عملیات
operation



فصل پنجم

مراحل تهیه نقشه به روش فتوگرامتری

همان‌گونه که قبلاً دیدید عکس‌های هوایی، خود، کاربردهای مختلفی دارند، اما مهم‌ترین مورد استفاده از آن‌ها تعیین موقعیت جزئیات در نقشه است. اساس این کار که در اصطلاح **فتوگرامتری** نامیده می‌شود آن است که پس از عکس‌برداری از مناطق موردنظر و تعیین موقعیت زمینی نقاط کنترل (مبنا)، عکس‌ها طی مراحل مفصّلی تبدیل به نقشه می‌گردند. در این فصل شما با این مراحل آشنا می‌شوید.

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، هنرجو باید بتواند :

۱ــ مراحل مختلف آماده‌سازی نقشه را به‌کمک فتوگرامتری نام ببرد ؛

۲ــ مطالب مهم در برنامه‌ریزی پرواز به منظور عکس‌برداری را ذکر کند ؛

۳ــ امکانات لازم جهت عکس‌برداری هوایی را نام ببرد ؛

۴ــ مورد استفاده‌ی «اندکس پرواز» را ذکر کند ؛

۵ــ رابطه‌ی بین مقیاس و فاصله‌ی کانونی و ارتفاع پرواز را بنویسد ؛

۶ــ خصوصیات دوربین تصویر بردار را بیان کند ؛

۷ــ موقعیت نقاط تای را در عکس‌های هوایی تشخیص دهد ؛

۸ــ مراحل کارِ **تهیه** را نام ببرد ؛

۹ــ امکانات مورد نیاز برای عکس‌برداری هوایی را نام ببرد ؛

۱۰ــ اطلاعاتی را که از یک **اندکس پرواز** به‌دست می‌آید نام ببرد ؛

۱۱ــ مراحل کامل **رسم اندکس** را توضیح دهد ؛

۱۲ــ منظور از **ترانسفر** نقاط را بیان کند ؛

۱۳ــ تفاوت نقشه‌برداری زمینی و نقشه‌برداری هوایی (فتوگرامتری) را بنویسد ؛

۱۴ــ با طراحی نقاط کنترل زمینی روی اندکس آشنا باشد ؛

۱۵ــ کارهایی را که در مرحله‌ی نقشه‌برداری زمینی انجام می‌گیرد بنویسد ؛
۱۶ــ فعالیت عملی پایان فصل پنجم را طبق مراحل تعیین شده انجام دهد ؛
۱۷ــ «مثلث‌بندی» را به‌طور مختصر توضیح دهد ؛
۱۸ــ کار محاسبات فتوگرامتری را به اختصار شرح دهد ؛
۱۹ــ بداند کارتوگرافی و چاپ در چه مرحله‌ای از کار قرار دارد.

۱ــ۵ــ آماده‌سازی نقشه به کمک فتوگرامتری

مراحل تهیه نقشه به روش فتوگرامتری عبارت‌اند از :

۱ــ پرواز، ۲ــ عکاسی، ۳ــ تهیه، ۴ــ طراحی نقاط کنترل زمینی، ۵ــ نقشه برداری، ۶ــ مثلث‌بندی، ۷ــ محاسبات فتوگرامتری، ۸ــ تبدیل، ۹ــ کارتوگرافی و ۱۰ــ چاپ.

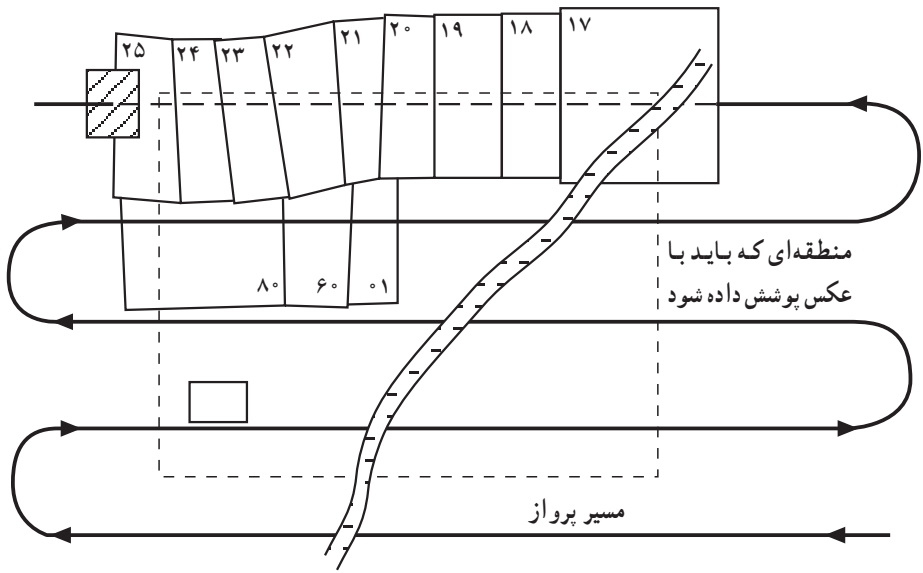
۱ــ۱ــ۵ــ پرواز: برای عکس‌برداری هوایی ابتدا باید برنامه‌ریزی شود و اولین قدم برای این کار در دست داشتن یک نقشه از منطقه یا زمین موردنظر است که اگر در پرواز بخواهیم عکس‌های بزرگ مقیاس بگیریم بهتر است از نقشه‌های ۱/۵۰۰۰۰ استفاده کنیم و اگر عکس‌های کوچک مقیاس موردنظر باشد از نقشه‌هایی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ استفاده می‌شود.[۱] سپس در روی نقشه، منطقه‌ای را که قرار است عکس‌برداری شود مشخص کرده از آن به‌عنوان راهنمای پرواز استفاده می‌کنیم و جهت پرواز هواپیما، امتداد نوارهای پرواز را بر روی نقشه ترسیم می‌نماییم.

معمولاً جهت پرواز شرقی غربی است مگر این که منطقه کوچک باشد که در آن صورت خطوط پرواز را در امتداد طول منطقه انتخاب می‌کنند. این مسئله به‌خاطر آن است که کم‌ترین تعداد رن‌های پرواز را داشته باشد که در نتیجه تعداد عکس‌های گرفته شده نیز کمتر می‌شود. اکنون با توجه به پوشش طولی ۶۰٪ عکس‌ها و دانستن جهت پرواز تعداد تقریبی عکس‌هایی را که در هر رن باید گرفته شود حساب کرد، و اولین و آخرین عکس در رن را از نظر موقعیت در روی نقشه مشخص می‌کنیم و رن‌های بعدی را با توجه به پوشش حدود ۲۰٪ در روی نقشه ترسیم می‌نماییم و در چهارگوشه‌ی منطقه‌ی طول و عرض جغرافیایی مربوط را روی نقشه یادداشت کرده که برای پرواز در روی رن مربوط مورد نیاز است.

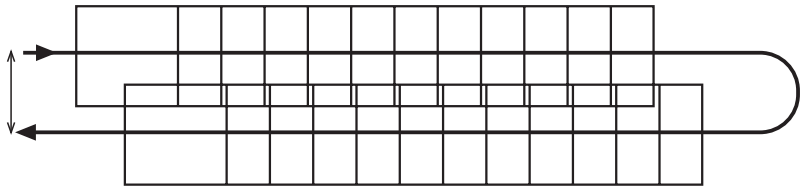
شکل ۱ــ۵ نشان دهنده‌ی یک نقشه‌ی ۱/۵۰۰۰۰ است که منطقه‌های مورد سفارش و مشخصات دیگر در آن دیده می‌شود و عکس‌های گرفته شده از نظر نمایشی مشخص شده است و

۱ــ این‌گونه نقشه‌ها در ناوبری کاربرد دارد.

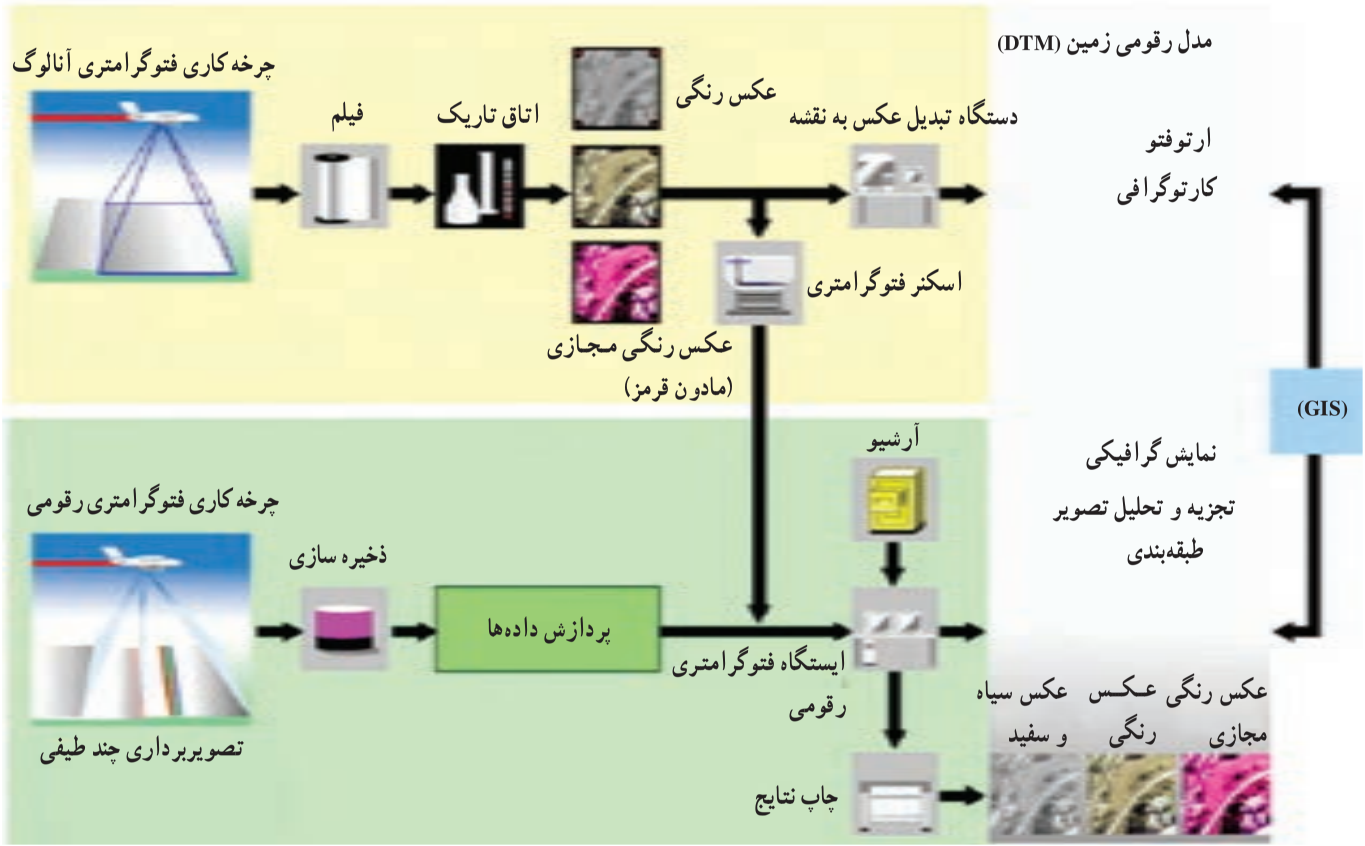
شکل ۲ــ۵ رن‌ها را که مدل‌ها روی آن‌ها مشخص شده است نشان می‌دهد.



شکل ۱ــ۵

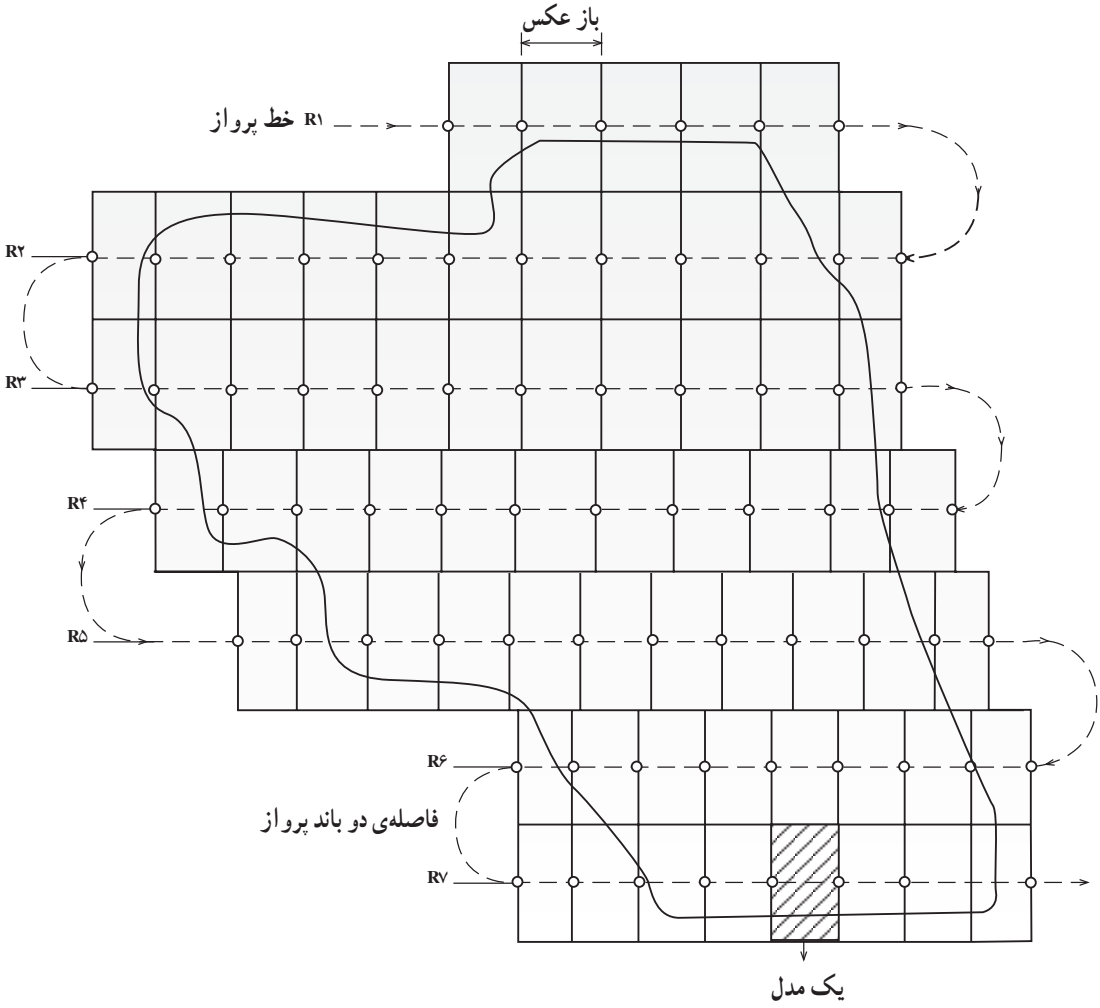


شکل ۲ــ۵


چرخه کاری فتوگرامتری آنالوگ
فیلم
اتاق تاریک
عکس رنگی
دستگاه تبدیل عکس به نقشه
مدل رقومی زمین (DTM)
ارتوفتو
کارتوگرافی
اسکنر فتوگرامتری
عکس رنگی مجازی
(مادون قرمز)
(GIS)
آرشیو
نمایش گرافیکی
تجزیه و تحلیل تصویر
طبقه‌بندی
چرخه کاری فتوگرامتری رقومی
ذخیره سازی
پردازش داده‌ها
ایستگاه فتوگرامتری
رقومی
عکس سیاه
و سفید
عکس رنگی
مجازی
تصویربرداری چند طیفی
چاپ نتایج

شکل ۳ــ ۵

شکل ۴ــ۵ در زیر برای فهم مطلب می‌باشد.



شکل ۴ــ۵

۲ــ۱ــ۵ــ عکاسی: برای عکاسی به هواپیمای مخصوص و دوربین عکس‌برداری و خلبان و گروه پرواز احتیاج است. قبل از انجام عملیات، نقشه‌ی طراحی شده‌ی مرحله‌ی قبل در دست است ؛ در ضمن مقیاس عکس، مدت زمان پرواز، نوع دوربین عکس‌برداری، فاصله‌ی کانونی دوربین، جهت حرکت هواپیما، سرعت هواپیما، پوشش عکس‌ها، تعداد رن‌ها و تعداد حلقه‌های فیلم لازم مشخص شده است. در زیر به شرح هریک از این موارد می‌پردازیم.

مقیاس عکس: مقیاس عکس باید طبق نظر سفارش دهنده انتخاب شود. ولی به‌طور معمول مقیاس عکس‌ها را حدود $\frac{۱}{۵}$ برابر مقیاس نقشه‌ی موردنظر انتخاب می‌کنند. به‌طور مثال اگر درخواست‌کننده، نقشه‌ای به مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰۰}$ نیاز دارد باید از عکس‌های $\frac{۱}{۱۰۰۰۰}$ استفاده کرد، ضمن این که باید دانست مقیاس عکس بستگی به‌وضع زمین، یعنی پستی و بلندی و مسطح و کوهستانی بودن آن دارد. برای منطقه‌ای که وضع زمین یک‌نواخت نیست یک ارتفاع متوسط حساب کرده و بر اساس آن مقیاس لازم را به‌دست می‌آورند. فرمول مقیاس عکس را داریم $S = \frac{F}{H}$ و با انتخاب فاصله‌ی کانونی f و H ارتفاع پرواز می‌توانیم مقیاس مطلوب خود را داشته باشیم. به‌طور مثال اگر منطقه‌ای دارای ارتفاعات بیش‌تری باشد معلوم است که باید ارتفاع پرواز را نیز بیش‌تر کرد. از این‌رو برای این که مقیاس ثابت بماند باید فاصله‌ی کانونی دوربین را بیش‌تر کرد و مثلاً آن را از ۱۵۳ میلی‌متر به ۳۰۰ میلی‌متر تغییر داد.

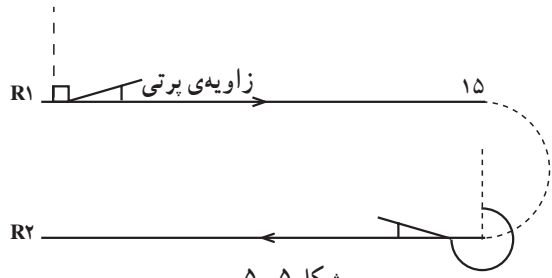
زمان عکس‌برداری: زمان پرواز و عکس‌برداری باید از نظر فصل و ساعتی از روز مشخص باشد ؛ بدین خاطر معمولاً فصلی از سال را درنظر می‌گیرند که مشاهده‌ی سطح زمین از بالا به خوبی امکان‌پذیر باشد و یا هوای منطقه از نظر جوّی در وضعیت مساعدی قرار داشته باشد. ازنظر ساعت هم معمولاً ساعتی از روز را انتخاب می‌کنند که زاویه‌ی تابش خورشید ۳۰ درجه باشد. در یک فصل و یک روز ممکن است این ۳۰ درجه در ساعت ۸ صبح باشد و در فصل و روز دیگری ساعت ۱۱ صبح برای مناطق دشت، با حداقل زاویه‌ی تابش ۲۰ درجه هم می‌توان عکس‌برداری کرد.

دوربین عکس‌برداری: امروزه از دوربین‌های هوایی مجهزی برای عکس‌برداری استفاده می‌شود. این دوربین‌ها به‌گونه‌ای دقیق طراحی شده‌اند که زمان عکس‌برداری را بسیار کوتاه می‌کند، دیافراگم و شاتر آن سریع عمل کرده و در زمان $\frac{۱}{۳۰۰}$ تا $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ ثانیه عکس می‌گیرد. به‌همین لحاظ اگر در حرکت هواپیما لرزش یا تکان ایجاد شود باز هم کیفیت عکس‌ها خوب خواهد بود. فاصله‌ی کانونی دوربین‌های هوایی جدید تا بی‌نهایت تنظیم شده است، از این رو در هر ارتفاعی می‌تواند عکس‌های فوکس و شارپ (بسیار واضح) بگیرد. یکی از منابع مهم خطاها همین مرحله‌ی عکس‌برداری است که تأثیر خوب یا بد آن در مراحل بعدی بسیار مؤثر است، بنابراین کیفیت عکس‌برداری و چاپ عکس‌های واضح و خوب برای دقت کار بسیار مهم است.

هنگام عکس‌برداری مشخصات لازم از جمله فاصله‌ی کانونی دوربین، ساعت عکس‌برداری

و سایر مشخصات کنار فیلم ثبت می‌شود. اکنون اغلب از دوربین‌هایی با فاصله‌ی کانونی ۱۵۳ میلی‌متر استفاده می‌شود و در زمان‌هایی از پرواز که ارتفاعات زمین اجازه‌ی ادامه‌ی پرواز را نمی‌دهد از فاصله‌ی کانونی ۳۰۰ میلی‌متر استفاده کرده و در عوض ارتفاع پرواز را بیش‌تر می‌کنند تا مقیاس عکس ثابت بماند.

در شروع کار، گروه پرواز، سرعت هواپیما و ارتفاع پرواز را برای خلبان مشخص می‌کند. آن‌گاه با درنظر گرفتن جهت حرکت هواپیما از ابتدای رن اول طبق نقشه‌ی طراحی شده پرواز شروع شده و عامل عکس‌برداری با چشم‌های دوربین هوایی که تا چند کیلومتر جلوتر را نشان می‌دهد زمین را نگاه کرده و با توجه به نقشه و نسبت به عوارض، عکس‌برداری را شروع می‌کند. پس از گرفتن اولین عکس عامل عکس‌برداری همچنان با نگاه کردن پوشش طولی مطلوب که حاصل شد و با توجه به زاویه‌ی پرتی[1] مجاز هواپیما از خط پرواز [که نسبت به جهت پرواز ۹۰° یا ۲۷۰° مانند شکل ۵ــ۵ مقایسه شود] دستور گرفتن عکس بعدی را می‌دهد.

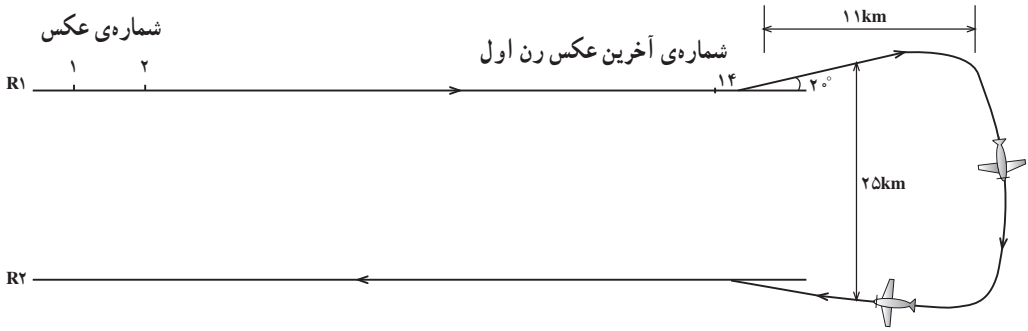


شکل ۵ــ۵

عکس‌برداری رن اول که تمام شد برای دور زدن و شروع کار رن دوم مطابق شکل ۶ــ۵ باید از رن اول یک زاویه‌ی حدود ۲۰° از خط پرواز ایجاد کرده و در مقیاس ۴۰۰۰۰ :۱ در انتهای رن اول (R_1) ۱۱ کیلومتر پرواز را ادامه می‌دهند و دور می‌شوند و سپس هواپیما دور می‌زند و برمی‌گردد به طرف پرواز رن دوم (R_2) که موازی رن اول است و حدود ۲۰ تا ۲۵ کیلومتر با رن اول فاصله می‌گیرد.[2] و طبق همان عملیات که برای رن اول گفته شد عکس‌برداری رن دوم انجام می‌شود با تفاوت این که جهت پرواز رن دوم برعکس رن اول است. اکنون تمام منطقه را با خطوط پروازهای متعدد به‌صورت هر چند رن که لازم باشد می‌پوشانند. سپس حلقه‌های فیلم را به مرکز اصلی فرستاده و یک

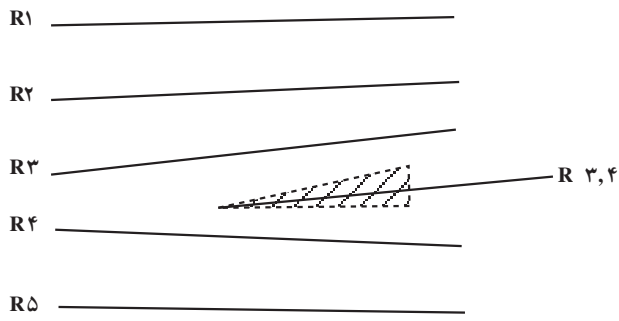
۱ــ زاویه‌ی پرتی drift

۲ــ اگر مقیاس عکس‌برداری ۱۰۰۰۰ :۱ باشد به جای ۱۱ کیلومتر به ۳ کیلومتر و فاصله‌ی رن دوم با رن اول به‌جای ۲۵ کیلومتر مقدار ۱۰ کیلومتر را درنظر می‌گیرد.



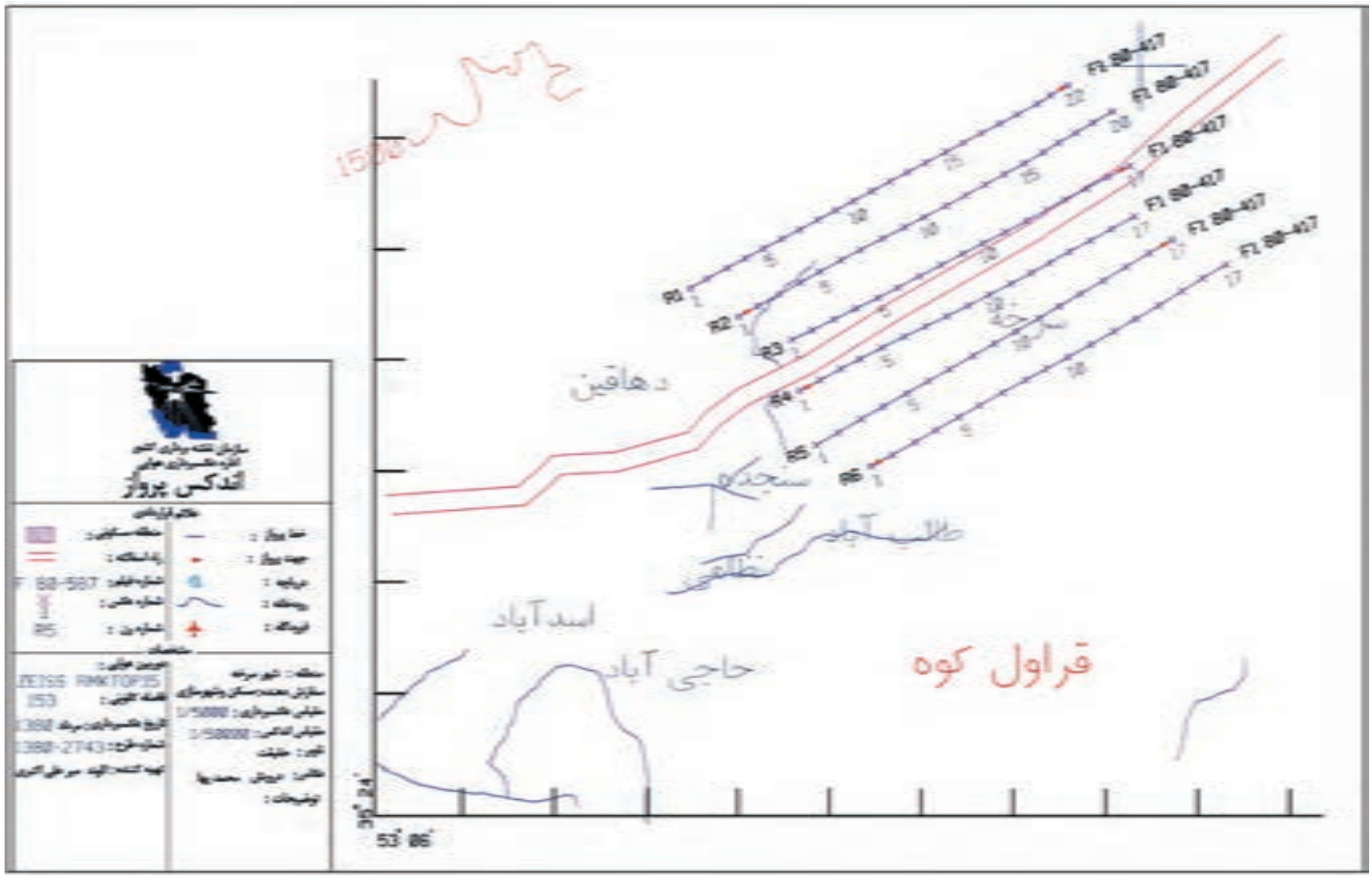
شکل ۶ــ۵

سری عکس که یک درمیان لازم است با کیفیت معمولی چاپ می‌شود و آن‌ها را کنار هم گذاشته و بررسی می‌کنند که عکس‌ها تمام مناطق را پوشانده باشد و بین هر دو رن پوشش عرضی لازم را داشته باشد و حالتی ایجاد نشده باشد که قسمتی از منطقه در عکس‌ها وجود نداشته باشد. اگر چنین بود مانند شکل ۷ــ۵ گویند ایجاد گپ شده است قسمت گپ را با هاشور مشخص کرده‌ایم.



شکل ۷ــ۵

می‌بایست آن قسمتی که پوشش ندارد یک نوار دیگر پرواز شود که آن را نوار گپ گویند و با استفاده از رن بالا یعنی R_3 و رن پایین یعنی R_4، نام‌گذاری می‌شود که این نوار گپ $R_{3,4}$ نام می‌گیرد. زمانی که تمام عکس‌های منطقه کامل شد، قسمتی از نقشه را که طراحی روی آن انجام شده بود انتخاب کرده و با توجه به λ و φ که در چند طرف نقشه یادداشت شده در زیر آن مشخصات لازم نوشته می‌شود و در اختیار مرحله‌ی بعدی کار قرار می‌گیرد (شکل ۸ــ۵).



شکل ۸ــ۵ــ یک نمونه اندکس پرواز

۳ــ۱ــ۵ــ تهیه: اکنون پس از عکاسی، مرحله‌ی تهیه در واحد تهیه آغاز می‌شود. واحد تهیه دو سری از عکس‌های گرفته شده را دریافت می‌کند و نیز یک نقشه‌ی ۱/۵۰۰۰۰ که حد کار سفارش‌دهنده روی آن مشخص شده است را در اختیار دارد. عملیاتی که باید در قسمت تهیه[1] انجام شود به شرح زیر است :

۱ــ تهیه‌ی اندکس، ۲ــ کادرگیری نقاط مشترک و ۳ــ ترانسفر نقاط.

۱ــ تهیه‌ی اندکس (راهنمای عکس‌های به‌دست آمده از پرواز): برای تهیه‌ی اندکس احتیاج به مراکز عکس‌ها و محور پرواز می‌باشد. ابتدا باید تمام مراکز عکس‌ها در روی عکس به‌وسیله‌ی علایم کناری آن‌ها مشخص شده و مرکز عکس‌ها روی عکس‌های مجاور منتقل گردد تا مقدار باز عکسی که معمولاً برابر ۹۰ میلی‌متر است بدست آید.

اکنون ۹۰ میلی‌متر را به مقیاس اندکس که معمولاً $\frac{۱}{۵}$ مقیاس عکس است می‌بریم.

$$۹۰\times\frac{۱}{۵}=۱۸mm=۱/۸cm$$ فاصله‌ی مرکز دوم از اول

اکنون برای ترسیم اندکس، ابتدا خط مستقیمی به‌صورت افقی رسم می‌کنیم. به‌طور اختیاری نوار اول را درنظر می‌گیریم و یک نقطه در ابتدای رن[2] به‌عنوان اولین مرکز مشخص کرده سپس با خط‌کش از مرکز اول به‌اندازه‌ی ۱۸ میلی‌متر مرکز عکس دوم را مشخص می‌کنیم و عدد شماره‌ی ۲ را روی آن می‌نویسیم. به‌همین ترتیب تمام مراکز عکس‌های رن اول مشخص می‌شود (شکل ۹ــ۵).

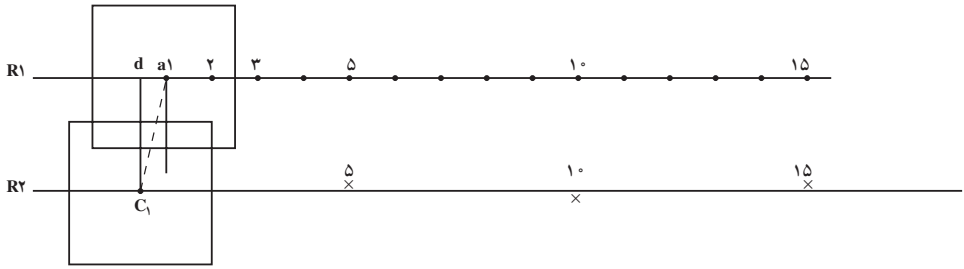
شکل ۹ــ۵

اکنون برای مشخص کردن دومین رن می‌بایست عکس‌های رن اول را با رن دوم پوشش دهیم که تقریباً حدود ۲۰ درصد پوشش دارند.

اکنون موقعیت $C_۱$ مرکز عکس شماره‌ی ۱ از رن دوم $(R_۲)$ نسبت به نقطه $a_۱$ در رن اول مشخص می‌شود (شکل ۱۰ــ ۵).

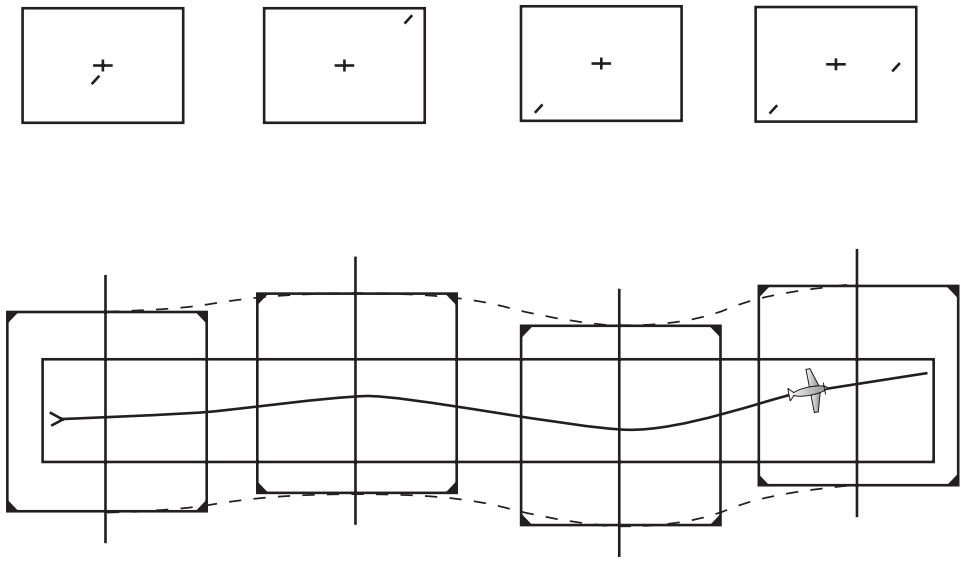
۱ــ باید توجه داشت که مرحله‌ی تهیه یکی از منبع خطاهاست.

۲ــ Run



شکل ۱۰ــ۵

و برای سایر مراکز هر ۳ یا ۴ عکس یکی از مرکزها را از این طریق مشخص می‌کنیم. البته باید توجه داشت که اگر گاهی هرکجا از رن تغییرات پوشش داشتیم (بعضی بیش‌تر از حد معمول یا کم‌تر از حد معمول پوشش بود) در آن‌جا هم باید مرکز را مشخص کرد. بدین‌ترتیب تا انتهای رن دوم چندین مرکز مشخص شده است (۱ و ۵ و ۱۰ و ۱۵) اکنون از نقطه‌ی C_1 اولین مرکز به‌گونه‌ای نوار دوم را رسم می‌کنیم که فواصل نقاطی که در دو سمت این خط قرار می‌گیرند حدوداً به یک اندازه باشند.

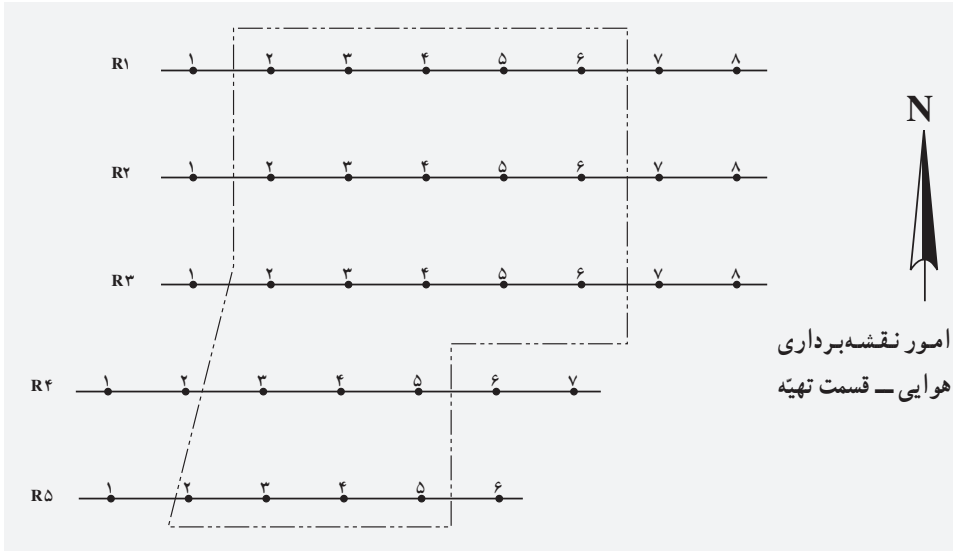


شکل ۱۱ــ۵

دلیل این که مراکز عکس‌ها روی یک خط مستقیم نیستند نوسانات پرواز است که در شکل ۱۱ــ۵ نشان داده شده است.

سپس مراکز رن دوم را مانند رن اول مشخص می‌کنیم و به‌همین ترتیب تمام رن‌های اندکس را رسم می‌نماییم و ابتدای هر رن را با حرف اختصاری R و شماره‌ی رن آن را مشخص می‌کنیم. مانند R_1 برای رن اول ؛ سپس حد اندکس را با توجه به نقشه‌ای که درخواست کننده حد کار را روی آن مشخص کرده رسم می‌کنیم. در این‌جا نقشه ما ۱/۵۰۰۰۰ می‌باشد.

در پایین اندکس، سمت راست آن طبق شکل ۱۲ــ۵ همیشه جدولی نوشته می‌شود که بالای آن نام اندکس یا راهنمای مراکز عکس‌ها نوشته می‌شود و سپس نام منطقه‌ی عکس‌برداری شده که در این‌جا کرج نام دارد. در این جدول مشخصات و علائمی داریم که با بعضی از آن‌ها تاکنون آشنا شده‌اید و با برخی از آن‌ها در آینده آشنا خواهید شد.



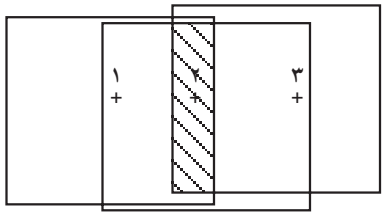
راهنمای مراکز عکس‌های منطقه‌ی کرج

مشخصات		علائم	
مقیاس عکس	1:5000	مرکز عکس	•
مقیاس راهنما	1:50000	حد اولویت حد کار تبدیل حد کار زمینی	— — — — — — —·—·—·—·— —··—··—··—
مقیاس تبدیل نقشه	1:1000	نقطه‌ی پلانی‌متری	△
فاصله‌ی منحنی میزان	نیم‌متری	آلتی‌متری	○
فاصله‌ی کانونی	152.58	پلانی‌متری و آلتی‌متری	⊙
شماره‌ی طرح	86 - 184	سفارش دهنده	وزارت مسکن و شهرسازی

شکل ۱۲ــ۵

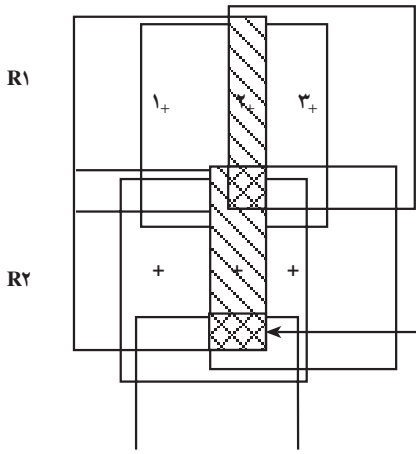
۲ــ *کادرگیری نقاط مشترک:*

عکس‌های رن اول را کنار هم چیده به‌طوری که پوشش مناسب داشته باشند. قسمت پوشش ۳ عکس را هاشور می‌زنیم تا دانش‌آموز بهتر مسئله را درک کند (شکل ۱۳ــ۵).



شکل ۱۳ــ۵

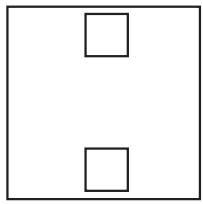
سپس عکس‌های رن دوم را با رن اول پوشش داده و کنار هم می‌چینیم. در این‌جا پوشش سه عکس رن دوم را با هاشورهایی که ۹۰ درجه خلاف رن اول است مشخص می‌کنیم. مانند شکل ۱۴ــ۵، قسمت مشترک ۶ عکس را به‌وضوح می‌بینیم.



۱+تعداد مدل‌ها = تعداد عکس‌ها

قسمت مشترک ۶ عکس با ۴ مدل

شکل ۱۴ــ۵

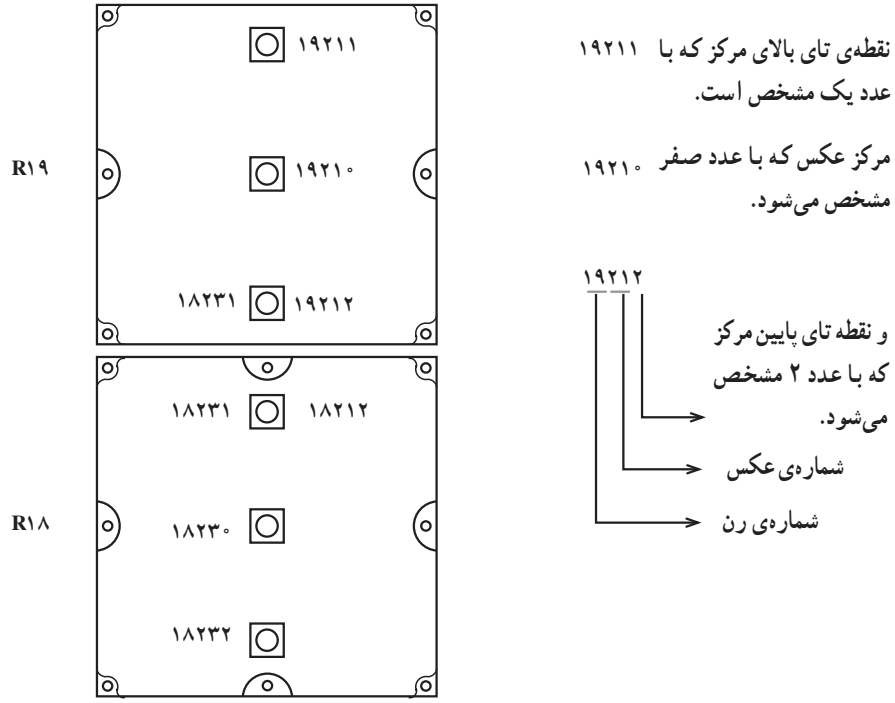


شکل ۱۵ــ۵

محل مشترک دو مدل (سه عکس) مجاور برروی عکس وسط هم در بالا و هم در پایین به‌وسیله‌ی کادری که گوشه‌های عکس‌ها را نشان می‌دهد مشخص می‌شود (شکل ۱۵ــ۵).

این کادر محدوده‌ای است برای تعیین نقاط تای[1] موردنظر.

نقاط تای در بالا و پایین مرکز هر عکس تا حد ممکن نزدیک لبه‌ی عکس درنظر گرفته می‌شود، یعنی در کادر تعیین شده. بنابراین هر عکس دارای ۳ نقطه می‌شود. طبق شکل ۱۶ــ۵ .



شکل ۱۶ــ۵

نقاط مرکز را با صفر و نقاط بالای مرکز را با عدد یک و نقاط پایین مرکز را با عدد ۲ مشخص می‌کنند. بنابراین هر عکس مجموعاً سه نقطه‌ی تای و مرکز دارد که همین در روی فیلم هم وجود

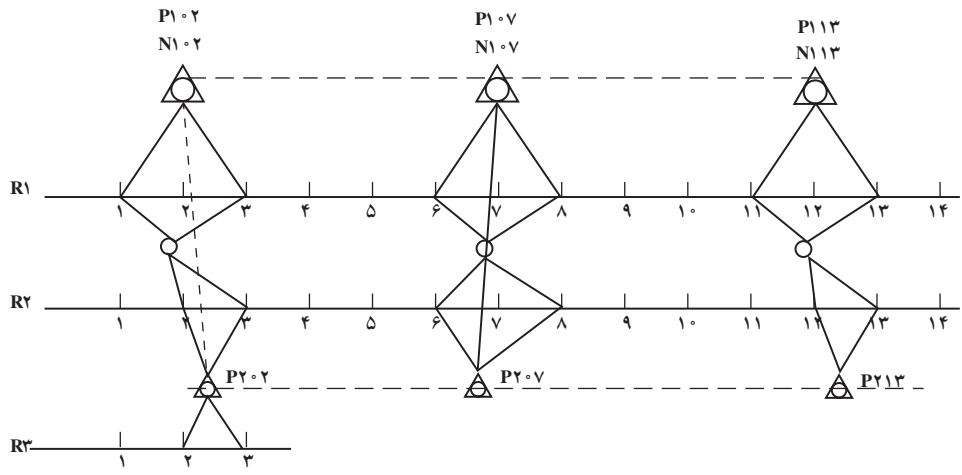
۱ــ نقاط مشترک بین دو رن

دارد. هر نقطه‌ی تای در ۴ مدل از دو رن واقع شده است.

۳ــ ترانسفر نقاط: در این مرحله نقاط تای هر رن در محل‌های کادرگیری شده را در فیلم مثبت سوزن زده و سپس نقطه‌ی تای را در یک فیلم از رن بالا به رن پایین ترانسفر[1] می‌کنند.

۴ــ۱ــ۵ــ طراحی نقاط کنترل زمینی روی اندکس: پیش از آن که طراحی اندکس را توضیح دهیم بهتر است سؤال کنیم که تفاوت نقشه‌برداری زمینی با نقشه‌برداری هوایی (فتوگرامتری) در چیست؟ به این سؤال این‌گونه می‌توان پاسخ داد که، در تهیه‌ی نقشه به‌طریق نقشه‌برداری باید تمام نقاط مورد نیاز برای ترسیم نقشه در محل، یعنی در سرِ زمین، اندازه‌گیری شود. امّا در تهیه‌ی نقشه به‌طریق فتوگرامتری می‌توانیم تعداد بسیار کم‌تری نقطه‌ی زمینی داشته باشیم. به‌طریقی که در مراحل بعدی توضیح داده خواهد شد، این تعداد نقاط زمینی را به‌وسیله‌ی مثلث‌بندی و محاسبات فتوگرامتری تکثیر می‌کنیم که با این کار در وقت و هزینه صرفه‌جویی می‌شود.

برای شروع کار اندکس که در قسمت تهیه آماده شده است و اکنون در دست داریم، باید طراحی به‌طریقی روی آن انجام شود که در شکل ۱۷ــ۵ می‌بینید. در این‌جا منطقه‌ای کوچک داریم که شامل دو رن ۱ و ۲ می‌باشد و هرکدام از رن‌ها ۱۴ عکس و یا ۱۳ مدل دارند. انتخاب محل نقاط کنترل زمینی بستگی به دو مورد دارد : ۱ــ نقاط در محلی از اندکس و مدل‌ها قرار گیرد که منطقه‌ی موردنظر را به‌صورت محدوده‌ای در داخل خود بپوشاند ۲ــ نقاط باید در مدل‌های واقع در نوارهای بالا و پایین مشترک باشند.



۱ــ انتقال نقاط

مشخصات		علائم	
مقیاس عکس	1:10000	مرکز عکس	•
مقیاس راهنما	1:50000	تبدیل حد کار زمین	—·—·—
مقیاس نقشه	1:2000	نقطه‌ی پلانی‌متری	△
فاصله‌ی منحنی میزان	متری 2	نقطه آلتی‌متری	○
فاصله‌ی کانونی	152.58	پلانی‌متری و آلتی‌متری	⧋
شماره‌ی طرح	88 - 112	سفارش دهنده	وزارت مسکن

شکل ۱۷ــ۵

در طراحی، نقاط پلانی‌متری[1] را با شکل مثلث (Δ) و اسم‌گذاری آن را با حرف P نشان می‌دهند ؛ مانند P۱۰۲ که P مخفف پلانی‌متری و عدد ۱ نشان دهنده‌ی رن و عدد ۰۲ شماره‌ی عکس است و نقطه‌ی آلتی‌متری[2] را با حرف N نشان می‌دهند و N۱۰۲ که N نشان دهنده‌ی آلتی‌متری و ۱ نشان دهنده‌ی رن یک و ۰۲ شماره‌ی عکس است. تعداد نقاط کنترل زمینی بستگی به مقیاس عکس و مقیاس نقشه و منحنی میزان موردنیاز دارد. هرقدر نقشه بزرگ مقیاس باشد و منحنی میزان عدد کوچک‌تری را نشان دهد کار دقیق‌تر است و باید تعداد بیش‌تری نقاط زمین داشته باشیم.

۱ــ نقاط مسطحاتی که دارای x و y دقیق می‌باشد.

۲ــ نقاط ارتفاعی دارای z دقیق

جدول ۱ــ ۵ ــ فواصل نقاط کنترل زمینی مسطحاتی برحسب مدل

مقیاس عکس	۱: ۵۰۰	۱: ۱۰۰۰	۱: ۲۰۰۰	۱: ۲۵۰۰	۱: ۵۰۰۰	۱: ۱۰۰۰۰	۱: ۲۰۰۰۰ ۱: ۲۵۰۰۰	۱: ۵۰۰۰۰
۱: ۳۰۰۰	۵	۸	–	–	–	–	–	–
۱: ۴۰۰۰	۳	۶	–	–	–	–	–	–
۱: ۵۰۰۰	–	۵	۸	–	–	–	–	–
۱: ۶۵۰۰	–	۴	۷	۸	۱۲	–	–	–
۱: ۸۰۰۰	–	۳	۶	۷	۱۰	–	–	–
۱: ۱۰۰۰۰	–	–	۵	۷	۱۱	–	–	–
۱: ۱۲۵۰۰	–	–	–	۵	۱۰	۱۲	–	–
۱: ۱۵۰۰۰	–	–	۳	۴	۷	۱۰	–	–
۱: ۲۰۰۰۰	–	–	–	–	۷	۹	۱۲	–
۱: ۳۰۰۰۰	–	–	–	–	۴	۷	۹	۱۲
۱: ۴۰۰۰۰	–	–	–	–	–	۵	۷	۱۰
۱: ۵۰۰۰۰	–	–	–	–	–	–	۶	۹
۱: ۷۵۰۰۰	–	–	–	–	–	–	۴	۶

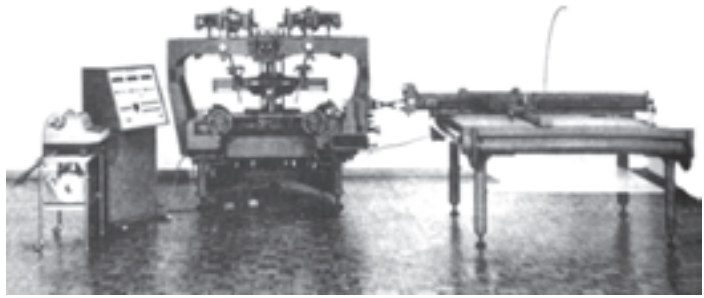
جدول ۲ــ ۵ ــ فواصل نقاط کنترل زمینی ارتفاعی برحسب مدل

مقیاس عکس	فاصله منحنی میزان (متر)						
	۰/۵	۱	۲	۲/۵	۵	۱۰	۲۰	۵۰
۱: ۳۰۰۰	۴	۶	–	–	–	–	–	–
۱: ۴۰۰۰	۴	۶	–	–	–	–	–	–
۱: ۵۰۰۰	۳	۵	۶	–	–	–	–	–
۱: ۶۵۰۰	۳	۵	۶	–	–	–	–	–
۱: ۱۰۰۰۰	–	۳	۵	۶	–	–	–	–
۱: ۱۲۵۰۰	–	–	۳	۴	۶	–	–	–
۱: ۲۰۰۰۰	–	–	۳	۳	۶	–	–	–
۱: ۳۰۰۰۰	–	–	–	–	۳	۵	۶	–
۱: ۴۰۰۰۰	–	–	–	–	۳	۴	۵	–
۱: ۵۰۰۰۰	–	–	–	–	–	۳	۴	۵
۱: ۷۵۰۰۰	–	–	–	–	–	–	۳	۴

(تنظیم جدول به طریقی انجام گرفته که هم برای نوار و هم برای بلوک قابل استفاده باشد)

۵ــ۱ــ۵ــ نقشه‌برداری زمینی: در نقشه‌برداری زمینی، محل دقیق نقاط کنترل زمین مشخص و کروکی دقیق از آن‌ها کشیده می‌شود ؛ آن‌گاه به‌وسیله‌ی عملیات زمینی، مختصات مسطحاتی و ارتفاعی اندازه‌گیری می‌شود. نقشه‌بردار با توجه به اندکسی که طراحی شده است عکس‌های موردنیاز را جدا کرده و با دوربین‌های نقشه‌برداری و سایر وسایل نقشه‌برداری، استرئوسکوپ به سرِ زمین می‌برد و با انتخاب نقاط و اندازه‌گیری آن‌ها در روی زمین از هر کدام از نقاط کروکی خاصی تهیه می‌کند که هم در پشت عکس‌ها ترسیم و نام‌گذاری کرده و هم در فهرست مخصوص آورده و در پایان یک فهرست از نقاط زمینی به دفتر کار می‌آورد.

۶ــ۱ــ۵ــ مثلث‌بندی هوایی: با داشتن اندکسی که شامل طراحی نقاط کنترل زمینی است و داشتن نقاط‌زمینی که از روی اندکس مشخص و سرِ زمین اندازه‌گیری کرده‌اند و نیز دو سری عکس‌های مربوط و دیاپزیتف یا فیلم‌هایی که نقاط تای روی آن‌ها ترانسفر شده است، می‌توان کار «مثلث‌بندی» را شروع کرد. در این‌جا فیلم‌های مربوط به یک مدل را به‌روش خاص در دستگاه قرار می‌دهیم و دستگاه را به‌گونه‌ای آماده می‌سازیم که مدل در دستگاه تبدیل یا مثلث‌بندی، مانند زمان عکس‌برداری موقعیت واقعی منطقه را به‌خود بگیرد. سپس مانند استرئوسکوپ که در چشمی‌های آن نگاه می‌کردیم می‌توانیم نگاه کنیم و مدل را برجسته ببینیم و در آن لحظه است که می‌توانیم نقاطی که در روی فیلم می‌باشد (که هر مدل شامل دو نقطه‌ی مرکز و دو نقطه‌ی تای بالا و دو نقطه‌تای پایین و شاید یک یا چند نقطه‌ی پلانی‌متری و آلتی‌متری) را در دستگاه قرائت کنیم. اکنون ما یک لیست از نقاطی که همگی مختصات ماشینی دارند، در دست داریم. شکل ۱۸ــ۵ یک نمونه دستگاه مثلث‌بندی را نشان می‌دهد.

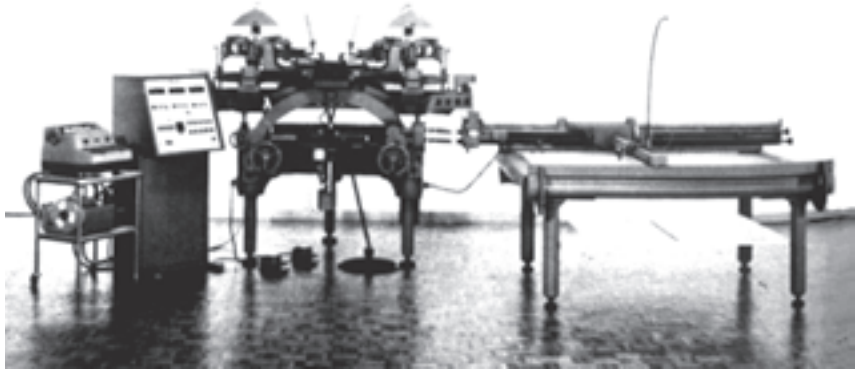


شکل ۱۸ــ۵ ــ دستگاه مثلث‌بندی A7

۷ــ۱ــ۵ــ محاسبات فتوگرامتری: در قسمت محاسبات زمینی نقاط کنترل زمینی که به‌وسیله‌ی نقشه‌بردار اندازه‌گیری شده است مجدداً محاسبه می‌شود و فهرست مختصات حساب شده‌ی زمینی و نیز فهرست تمام نقاط مدل‌ها که در مثلث‌بندی مختصات ماشینی آن‌ها قرائت شده است در قسمت محاسبات فتوگرامتری در دسترس است. اکنون در این‌جا با داشتن برنامه‌های خاص کامپیوتری تمام نقاط ماشینی، به کمک نقاط واسطه‌ای کنترل زمینی، تبدیل به نقاط زمینی می‌شود و یا می‌شود گفت تکثیر نقطه‌ی زمینی می‌شود و این نقاط تکثیر شده را به صورت یک لیست کامپیوتری برای تهیه می‌فرستند تا شیت‌های مربوط به تبدیل را آماده کنند. منظور شیت‌هایی است که در زمان کشیدن نقشه و کارهای موردنیاز آن لازم است. دومین لیست محاسبات فتوگرامتری (لیست کامپیوتری) را برای قسمت تبدیل می‌فرستند.

۸ــ۱ــ۵ــ تبدیل: در قسمت تبدیل، دستگاه‌های مجهز اپتیکی وجود دارد که می‌تواند عکس‌ها را به نقشه تبدیل کند.

در این قسمت با داشتن عکس‌ها و نقاط روی آن و شیت‌های آماده شده به‌وسیله‌ی قسمت تهیه و لیست مختصات زمینی و لیست محاسبات فتوگرامتری (که شامل تمام نقاط ماشینی که به زمینی تبدیل شده) و فیلم‌ها و عکس‌های مربوط به منطقه، می‌تواند به وسیله دستگاه‌های تبدیل عکس به نقشه، کار را شروع کنند به این طریق که هر زوج عکس پوشش‌دار را در دستگاه تبدیل گذاشته و یک مدل از منطقه را داشته باشند و با المان‌های خاص دستگاه تبدیل مدل برجسته که حالت واقعی زمین را در لحظه‌ی عکس‌برداری نشان می‌دهد ایجاد کند و ارتباط دستگاه تبدیل را با میز ترسیم برقرار نماید و به کمک خط‌کش‌ها و اتصالات که دستگاه با میز ترسیم دارد می‌تواند تمام عوارض پلانی‌متری و آلتی‌متری (ارتفاعی) را روی نقشه به طریق خاص ترسیم کند. کل این عملیات که با دستگاه تبدیل انجام می‌شود، توسط یک اپراتور دستگاه تبدیل عکس به نقشه است، که این اپراتور آشنایی کامل را با این فن دارد. شکل ۱۹ــ۵ دستگاه تبدیل A8 را نشان می‌دهد و در مرحله‌ی اول تمام عوارض مسطحاتی ترسیم می‌شود و بعد از اتمام تمام عوارض مسطحاتی روی نقشه، مرحله‌ی رسم منحنی میزان‌های مربوط به منطقه می‌رسد و نقاط ارتفاعی در هر محلی که لازم باشد یادداشت می‌گردد. شکل ۲۰ــ۵ یک نقشه‌ی رسم شده از عوارض مسطحاتی و منحنی میزان‌ها را به‌وسیله‌ی دستگاه تبدیل نشان می‌دهد.



شکل ۱۹ــ۵ ــ دستگاه تبدیل A8

شکل ۲۰ــ۵ ــ یک نقشه‌ی تهیه شده

۹ــ۱ــ۵ــ کارتوگرافی: چون امکان تکثیر از روی اورژینال(Original) فتوگرامتری وجود ندارد و این‌گونه نقشه‌ها نیز مدادی هستند باید مراحلی در کارتوگرافی طی شود تا نقشه برای چاپ آماده گردد. آن مراحل عبارت است از، طراحی نمادهای نقشه و علائم قراردادی آن، انتخاب نوع و اندازه برای علائم نقطه‌ای، خطی و سطحی، تصمیم‌گیری درمورد نوع و اندازه‌ی اعداد و نوشته‌ها، تعیین رنگ برای نقشه‌های رنگی و یا سایه روشن برای نقشه‌های یک رنگ، طراحی حاشیه و لژاند (Legend) نقشه، انتخاب قطع نقشه و انتخاب تکنیک‌های ترسیم. بنابراین با توجه به رنگ‌های موردنیاز روی اسکرایب (Scoribe) مخصوص طبق دستورالعمل و استانداردهای خاص عوارض ترسیم می‌گردد و با اتمام مراحل کارتوگرافی، نقشه آماده‌ی تولید، چاپ و تکثیر می‌شود.

۱۰ــ۱ــ۵ــ چاپ: در این قسمت علاوه‌بر تهیه‌ی زینک از روی شیت‌های اسکرایب جهت چاپ افست، عملیات تهیه‌ی ماسک(Zinc-Mask) و تکثیر به‌روش اوزالید و آموفیلم و نیز کلیه‌ی عملیات عکاسی انجام می‌شود. برای هر رنگ در جای مخصوصی مرکب یا رنگ مخصوص را می‌ریزند و دستگاه چاپ کار می‌کند و نقشه تکثیر می‌شود.

خودآزمایی

۱ــ آیا نقاط گرهی حتماً باید در کادر بین دو رَن باشد؟

۲ــ کارهایی که در مرحله‌ی «تهیه» انجام می‌شود را نام ببرید.

۳ــ یک اندکس چنان رسم کنید که دارای ۳ رَن و هر رَن دارای ۶ مدل باشد. عکس‌های مربوط به آن مقیاس ۱/۱۰۰۰۰ و نقشه‌ی خواسته شده ۱/۲۰۰۰ و منحنی میزان ۲متری و جهت پرواز شرقی غربی بوده است.

۴ــ اگر عکس شماره‌ی ۳ از رَن ۱۲ را داشته باشیم روی آن مرکز عکس و نقطه‌ی بالای مرکز و تای پایین مرکز را شماره بنویسید.

۵ــ تفاوت عمده‌ی نقشه‌برداری زمینی با نقشه‌برداری هوایی (فتوگرامتری) در چیست؟

۶ــ نقشه‌برداری زمینی را مختصراً شرح دهید.

۷ــ مثلث‌بندی را به‌اختصار توضیح دهید.

۸ــ در محاسبات، منظور تکثیر چه نقاطی به چه نقاط است؟

فعالیت عملی

۱ــ زوج عکس‌های هوایی محدوده‌ی هنرستان یا شهر را تهیه کنید.

۲ــ تعدادی نقطه (هر نفر حداقل یک نقطه) به کمک مربی روی آن تعیین نمایید. این نقاط باید روی یا در امتداد عوارض مشخص باشند. برای این منظور توسط استرئوسکوپ جیبی زوج عکس را برجسته بینی کرده و نقاط را به دقت شناسایی نمایید. سپس محدوده‌ی کلی این نقاط را با شعاع یک سانتی‌متر روی عکس علامت بزنید.

۳ــ به همراه مربی خود به محل هر نقطه مراجعه نموده و محل دقیق نقطه را روی زمین مشخص نمایید.

۴ــ محل دقیق نقطه را روی عکس به صورت سه بعدی برجسته‌بینی نموده و در یکی از عکس‌ها سوزن بزنید.

۵ــ پشت عکس و در محل سوزن دایره‌ای به قطر یک سانتی‌متر ترسیم نموده و شماره‌ی نقطه را درون آن بنویسید.

۶ــ در فرم صفحه بعد کروکی نقطه را درون دایره مشخص شده ترسیم کرده و شماره‌ی نقطه را به همراه آدرس آن ذکر کنید.

۷ــ توسط GPS دستی مختصات تقریبی نقطه را مشاهده نمایید و در محل مربوطه در فرم کروکی انتقال دهید.

فهرست منابع

۱ــ اصول فن نقشه برداری هوایی تألیف هـ زورن
ترجمه و تدوین مهندس مهدی قانع

۲ــ PHOTOGRAMMETRY

Francis H. Moffitt

Edward M.Mikhail

۳ــ ELEMENT OF PHOTOGRAMMETRY

Poul R.Wolf

۴ــ A PRACTICAL GUIDE TO AERIAL
PHOTOGRAPHY

John A.Ciciarelli

۵ــ کتاب‌های تصاویر سه بعدی انتشارات دیباگران تهران