

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فتوگرامتری مقدماتی

رشته نقشه برداری

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه ای

شماره درس ۲۷۷۸

مصدق، بدرالملوک	۹۸۲
فتوگرامتری مقدماتی/مؤلف: بدرالملوک مصدق. - تهران: شرکت چاپ و نشر	ف ۶۱۲/م
کتابهای درسی ایران، ۱۳۹۴.	۱۳۹۴
۱۲۷ص. : مصور. - (آموزش فنی و حرفه ای؛ شماره درس ۲۷۷۸)	
متون درسی رشته نقشه برداری، زمینه صنعت.	
برنامه ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه ریزی و تألیف	
کتابهای درسی رشته نقشه برداری دفتر تألیف کتابهای درسی فنی و حرفه ای و کار دانش	
وزارت آموزش و پرورش.	
۱. فتوگرامتری مقدماتی. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه ریزی	
و تألیف کتابهای درسی رشته نقشه برداری. ب. عنوان. ج. فروست.	

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

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

info@tvoccd.sch.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وب‌گاه (وب‌سایت)

این کتاب در کمیسیون تخصصی نقشه‌برداری سال تحصیلی ۸۷-۸۶ مورد بررسی و
تجدید نظر 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 - ۴۹۲/۸

مؤلف : بدرالملوک مصدق

اعضای کمیسیون تخصصی : محمد سعادت سرشت، سیدمحمد رضا رجایی الموسوی، محمد سلیم آبادی،

مسلم لطفعلیان، ابوالقاسم رافع، محمدعلی فرزانه، امیرحسین متینی و

مالک مختاری

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۰۹۲۶۶۸۸۳، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

صفحه‌آرا : خدیجه محمدی

طراح جلد : مریم کیوان

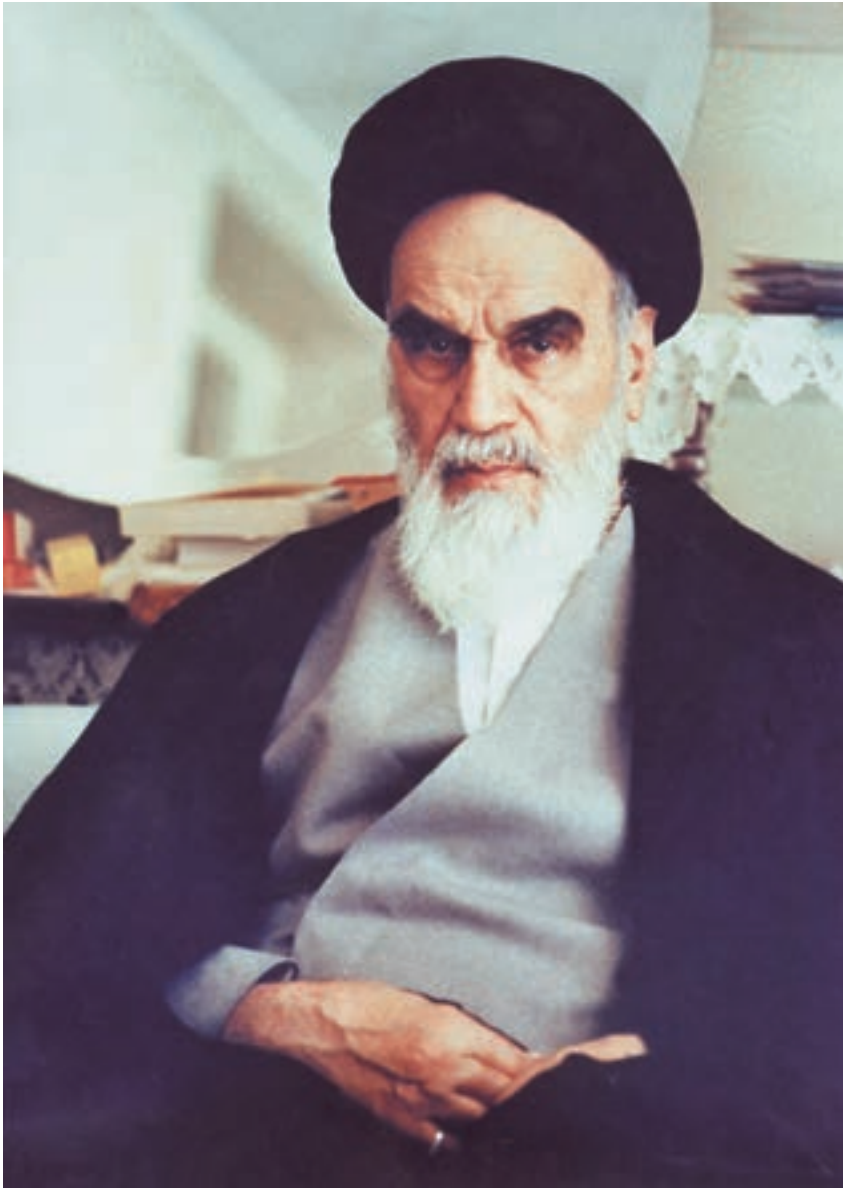
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن : ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۰۴۴۹۸۵۱۶، صندوق پستی : ۱۳۹-۳۷۵۱۵

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

سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ پانزدهم ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است.



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

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

فهرست

۱	مقدمه
۳	فصل اوّل : کلیات و تعاریف
۴	تاریخچهٔ عکس برداری هوایی
۶	۱-۱- انواع عکس و تصویر در فتوگرامتری
۶	۱-۱-۱- عکس های زمینی
۱۰	۱-۱-۲- عکس های هوایی
۱۴	۱-۱-۳- تصاویر ماهواره ای
۱۶	۱-۲- اطلاعات موجود بر روی عکس هوایی
۲۰	۱-۳- کاربرد عکس و تصویر
۲۰	۱-۳-۱- کاربرد عکس هوایی
۲۵	۱-۳-۲- کاربرد عکس های فتوگرامتری زمینی
۲۹	۱-۳-۳- نقشه های خطی و نقشه های عکسی
۳۲	۱-۳-۴- کاربرد تصاویر ماهواره ای و مقایسهٔ آن ها با عکس های هوایی
۳۲	۱-۴- مقایسهٔ عکس و نقشه
۳۴	خودآزمایی
۳۵	فعالیت عملی

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

۵۸	۲-۹- استفاده از زوج عکس
۶۱	خودآزمایی
۶۳	فعالیت عملی

۶۵	فصل سوم : برجسته بینی
۶۶	۳-۱- اصول برجسته بینی
۶۶	۳-۲- تشخیص عمق
۶۹	۳-۳- دید دو چشمی
۶۹	۳-۳-۱- تطابق
۶۹	۳-۳-۲- تقارب
۷۲	۳-۴- برجسته بینی عکس ها
۷۴	خودآزمایی
۷۵	فعالیت عملی

۷۷	فصل چهارم : اصول پارالاکس و دید سه بعدی
۷۸	۴-۱- استرئوسکوپ و انواع آن
۷۸	۴-۱-۱- استرئوسکوپ جیبی
۷۹	۴-۱-۲- استرئوسکوپ آینه دار
۸۲	۴-۲- نحوه استفاده از استرئوسکوپ
۸۲	۴-۲-۱- طرز کار با استرئوسکوپ جیبی
۸۳	۴-۲-۲- طرز کار با استرئوسکوپ آینه دار
۸۴	۴-۳- اختلاف منظر (پارالاکس)
۸۴	۴-۳-۱- تعریف پارالاکس
۸۵	۴-۳-۲- اختلاف پارالاکس دو نقطه
۸۷	۴-۴- اساس نقطه شناور
۸۸	۴-۵- اندازه گیری اختلاف منظر

۸۸	۴-۵-۱- ساختمان پارالاکسبار و اندازه گیری اختلاف منظر
۸۹	۴-۵-۲- کار با پارالاکسبار همراه با استرئوسکوپ
۹۱	۴-۶- معادلات مربوط به اختلاف منظر
۹۲	۴-۷- تعیین ارتفاع به کمک اختلاف منظر
۹۴	۴-۸- ترسیم منحنی میزان به کمک استرئوسکوپ و اختلاف منظر
۹۷	خودآزمایی
۹۸	فعالیت عملی
۱۰۵	فصل پنجم : مراحل تهیه نقشه به روش فتوگرامتری
۱۰۶	۵-۱- آماده سازی نقشه به کمک فتوگرامتری
۱۰۶	۵-۱-۱- پرواز
۱۰۹	۵-۱-۲- عکاسی
۱۱۴	۵-۱-۳- تهیه
۱۱۹	۵-۱-۴- طراحی نقاط کنترل زمینی روی اندکس
۱۲۲	۵-۱-۵- نقشه برداری زمینی
۱۲۲	۵-۱-۶- مثلث بندی هوایی
۱۲۳	۵-۱-۷- محاسبات فتوگرامتری
۱۲۳	۵-۱-۸- تبدیل
۱۲۵	۵-۱-۹- کارتوگرافی
۱۲۵	۵-۱-۱۰- چاپ
۱۲۵	خودآزمایی
۱۲۶	فعالیت عملی
۱۲۷	فهرست منابع

مقدمه

فتوگرامتری (Photogrammetry) که از نظر لغوی به معنی اندازه‌گیری روی عکس است از حدود سال ۱۹۳۰ میلادی مطرح شد و کار پرزحمت تهیه نقشه را به کلی دگرگون ساخت و به تدریج 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^۱ و اختراع هواپیما^۲، در سال 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 نه تنها رنگی است بلکه بسیار دقیق‌تر و واضح‌تر نیز هست. عکس‌های هوایی حاوی اطلاعات زیادی از زمین هستند. از این رو 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.

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

می‌باشد.

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

هدف کلی

آشنایی مقدماتی با فتوگرامتری و کاربرد آن در نقشه برداری

کلیات و تعاریف

در فتوگرامتری، «عکس» مبنای کلیه‌ی امور است از این جهت باید ابتدا عکس، عکس‌برداری و وسایلی را که در این مورد به کار 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:

- ۱- انواع عکس در فتوگرامتری را نام ببرد.
- ۲- عکس هوایی را تعریف کند.
- ۳- تفاوت عکس‌های هوایی و زمینی را ذکر کند.
- ۴- تفاوت عکس‌های ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی را توضیح دهد.
- ۵- موارد کاربرد عکس‌های زمینی را بیان کند.
- ۶- اطلاعات موجود در حاشیه‌ی عکس را بشناسد و طرز استفاده از آن‌ها را بیان کند.

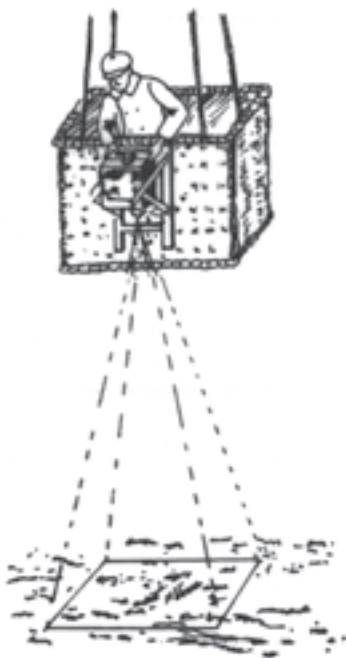
- ۷- روش عکس‌برداری هوایی را تشریح نماید.
- ۸- چگونگی استفاده از علائم کناری در عکس‌های هوایی را توضیح دهد.
- ۹- ضمن تعریف نقشه‌ی عکسی مراحل تهیه‌ی آن را توضیح دهد.
- ۱۰- موارد اختلاف عکس و نقشه را مشروحاً توضیح دهد.
- ۱۱- منظور از تفسیر عکس هوایی و ماهواره‌ای را بیان کند.
- ۱۲- منظور از بازنگری نقشه‌های کمکی و چگونگی انجام آن را شرح دهد.
- ۱۳- فعالیت‌های عملی ۱ و ۲ را طبق مراحل تعیین شده انجام دهد.

تاریخچه‌ی عکس برداری هوایی

اولین عکس‌های هوایی در سال‌های ۱۸۵۵ تا ۱۸۵۸ در پاریس به وسیله‌ی بالن برداشته شد^۱ و از آن به بعد در کشورهای مختلف نیز به‌طور آزمایشی انجام گرفت تا این که در سال ۱۸۸۵ سازمانی^۲ در روسیه تأسیس شد و توانست از ارتفاع ۸۰۰ و ۱۲۰۰ و ۱۳۵۰ متری سطح زمین عکس برداری کند. ساختمان دوربین‌های اولیه‌ای که برای عکس برداری ساخته شد کاملاً مشابه با ساختمان چشم انسان بود. همان‌طور که 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 در واقع همان کاری را انجام می‌دهد که شبکیه‌ی چشم انجام می‌دهد. کار عدسی نیز جمع‌آوری اشعه‌ی مختلف از جسم مورد عکس برداری و انتقال آن به صفحه‌ی حساس است.



شکل ۱-۱-ب



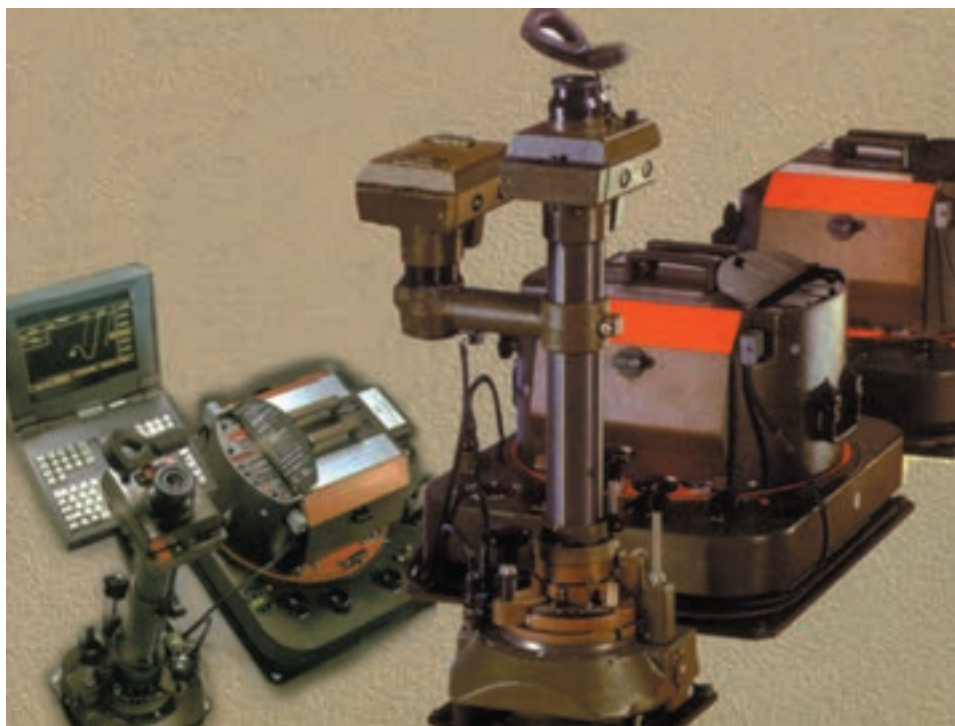
شکل ۱-۱-الف

۱- اولین عکس برداری هوایی در سال ۱۸۵۵ به وسیله‌ی بالن توسط (Felix Nadar) از اهالی پاریس انجام گرفت و تا سال ۱۸۵۸ عکس‌های متعددی با این وسیله برداشته شد.

۲- «سازمان آموزش ناوبری هوایی» اولین عکس‌های هوایی را در ۱۸ ماه مه ۱۸۸۷ به وسیله‌ی بالن از شهر سن پترزبورگ 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 ۱-۲- الف - دوربین Wild RC30 قدیمی عکس‌برداری هوایی



شکل ۱-۲-۱-۳ ج - دوربین رقومی Ultracam - D



شکل ۱-۲-۱-۴ د - سیستم LIDAR و INS جهت برداشت مستقیم توپوگرافی سطح زمین

شکل ۱-۲-۱-۵ ب - دوربین رقومی Leica ADS40 لایکا

۱-۱- انواع عکس و تصویر در فتوگرامتری

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

۱-۱-۱- عکس‌های زمینی: عکس‌های زمینی به وسیله دوربین‌های فتوگرامتری زمینی تهیه می‌شود. این دوربین‌ها روی زمین مستقر شده و لذا می‌توان مختصات محل استقرار آن‌ها را به سادگی 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 ۱-۳ و ۱-۴ دو نمونه از این عکس‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۳



شکل ۱-۴ - عکس‌های زمینی

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



شکل ۱-۵- فتوتئودولیت

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

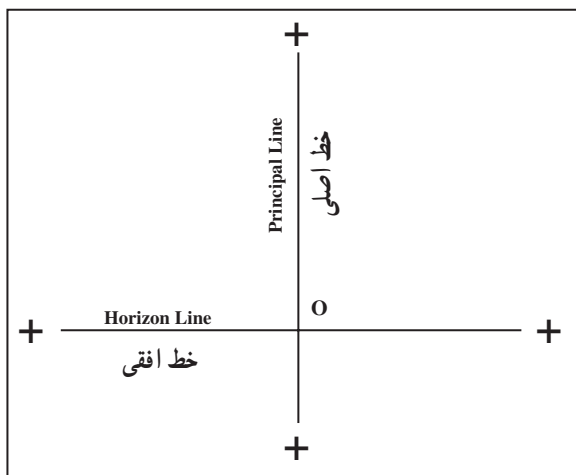
دوربین عکس برداری زمینی برای عکس برداری ساکن به کار برده می‌شود. در این دوربین‌ها به جای فیلم حلقه‌ای که در دوربین‌های عکس برداری هوایی به کار برده می‌شود، از فیلم‌های شیشه‌ای استفاده می‌کنند. دوربین‌هایی که در آن‌ها هم از فیلم و هم از شیشه برای عکس برداری استفاده می‌شود، در سطح کانونی خود دارای شیشه‌ی 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 عکس برداری کاملاً تخت باشد. نوعی از دوربین‌های عکس برداری زمینی را که قبلاً مورد استفاده قرار می‌گرفت و فتوتئودولیت نامیده می‌شد در شکل ۱-۵ یک نمونه از آن را مشاهده می‌کنید.

فتوتئودولیت ترکیبی از دوربین عکس برداری زمینی و زاویه‌یاب یک ثانیه‌ای است.

دوربین عکس برداری زمینی P_{31} و بلد شکل (۱-۶) قابل تعویض با تتودولیت، روی سه پایه‌ی مشترک، می‌باشد. می‌توان این دوربین را عمود بر خط باز دوربین، به وسیله‌ی تلسکوپ کوچکی که در پایه‌ی آن قرار دارد توجیه نمود. وضعیت طبیعی دوربین، نقاط نشانه را در موقعیتی قرار می‌دهد که در شکل ۱-۷ نشان داده شده است. این موقعیت پوشش بیش‌تری را در بالای خط افق به وجود می‌آورد؛ بخصوص، در مواقعی که دوربین، نسبت به فضای مورد عکس برداری، در ارتفاع پایینی قرار گرفته، بسیار مفید است. دوربین P_{31} و بلد عکس‌هایی با ابعاد $12/5 \times 10$ سانتی‌متر می‌گیرد.



شکل ۱-۶



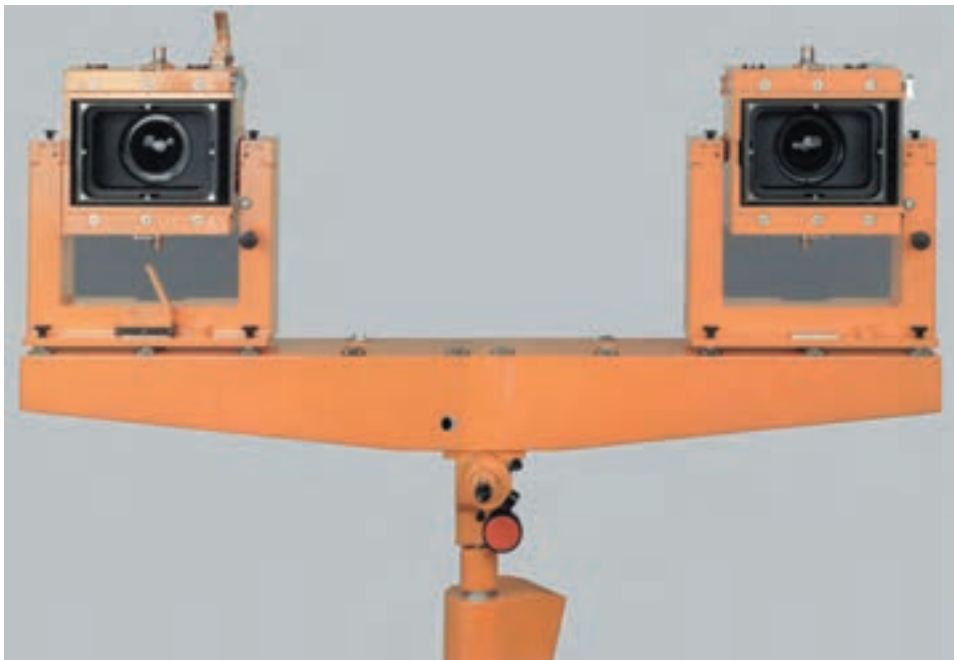
شکل ۷-۱

دوربین عکس برداری زمینی P₃₂ شکل ۸-۱ مستقیماً روی تلسکوپ تئودولیت نصب می شود، در نتیجه، دوربین با کمک دوران های تئودولیت توجیه می گردد. این دوربین می تواند هم با فیلم شیشه ای و هم با فیلم پلاستیکی عکس بگیرد و ابعاد عکس های آن ۶۰×۸۰ میلی متر است. فاصله ی اصلی در این دوربین ۶۴ میلی متر است اما برای فاصله ی ۲۵ متر تنظیم شده است.



شکل ۸-۱

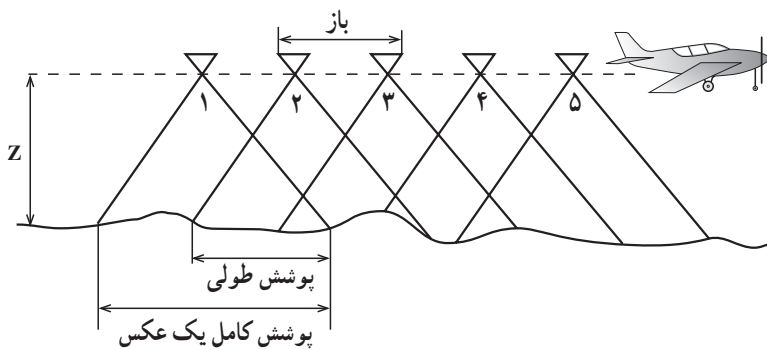
یک زوج دوربین P₃₂ ویلد در شکل ۱-۹ مشاهده می‌شود که روی باز کوتاه‌تری سوار شده است.



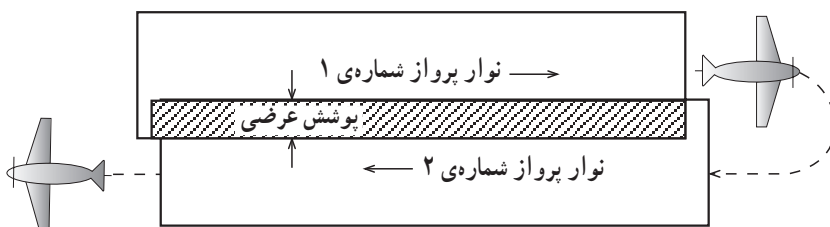
شکل ۱-۹

۱-۱-۲- عکس‌های هوایی: عکس‌های به‌وسیله‌ی دوربین‌هایی که در داخل هواپیماهای مخصوص نصب می‌گردند گرفته می‌شود، به‌طوری‌که سرعت و ارتفاع پرواز هواپیما و باز هوایی ثابت می‌باشد. منظور از باز هوایی فاصله‌ی بین دو ایستگاه عکس‌برداری است (شکل ۱-۱). 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 اما به‌طور معمول پوشش‌های ۶۰ درصد را برای طولی و ۲۰ درصد را برای عرضی در نظر می‌گیرند. ابعاد عکس‌های فتوگرامتری به‌طور معمول ۲۳۰×۲۳۰ میلی‌متر است.

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



پوشش طولی عکس در راستای نوار پرواز

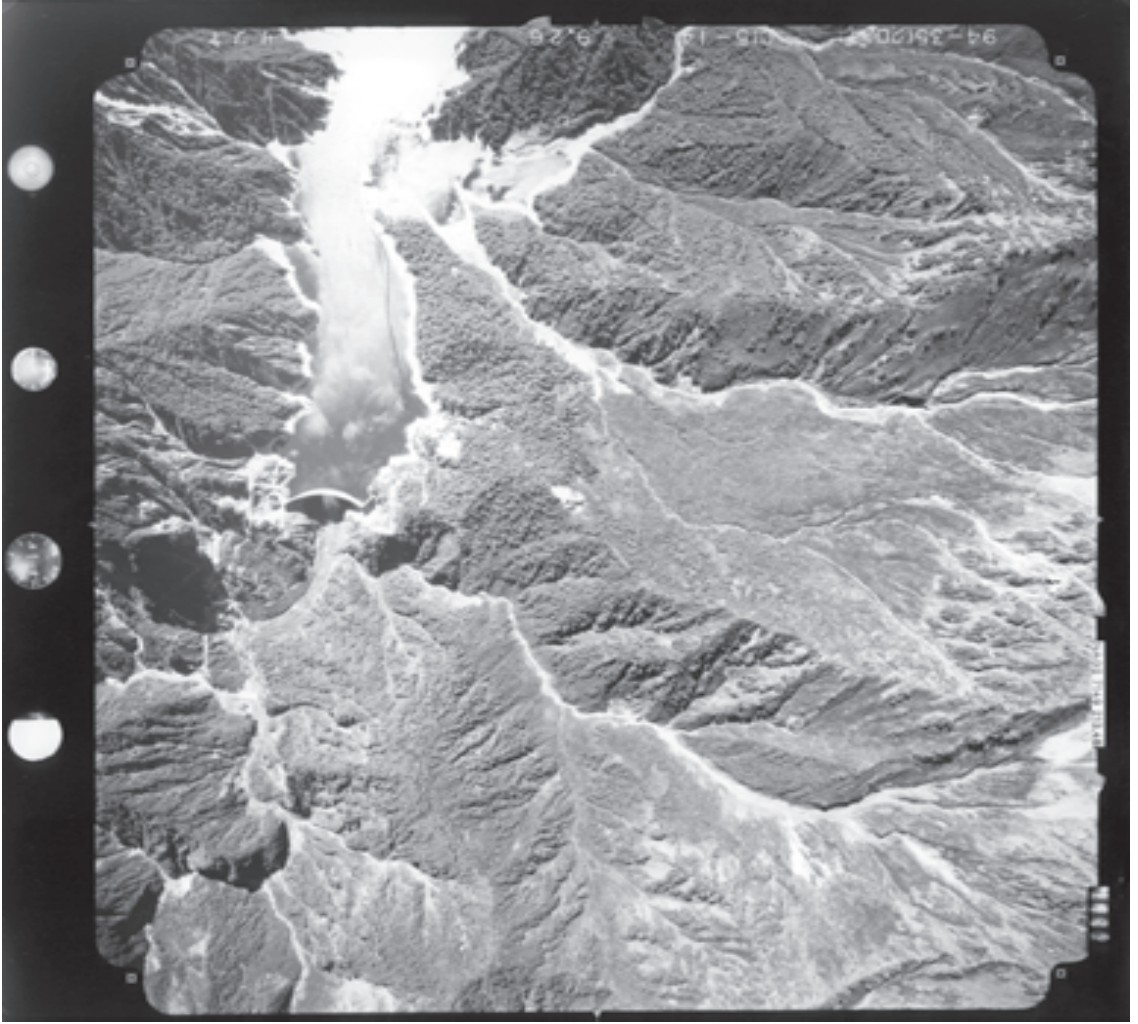


پوشش عرضی نوارهای عکس برداری

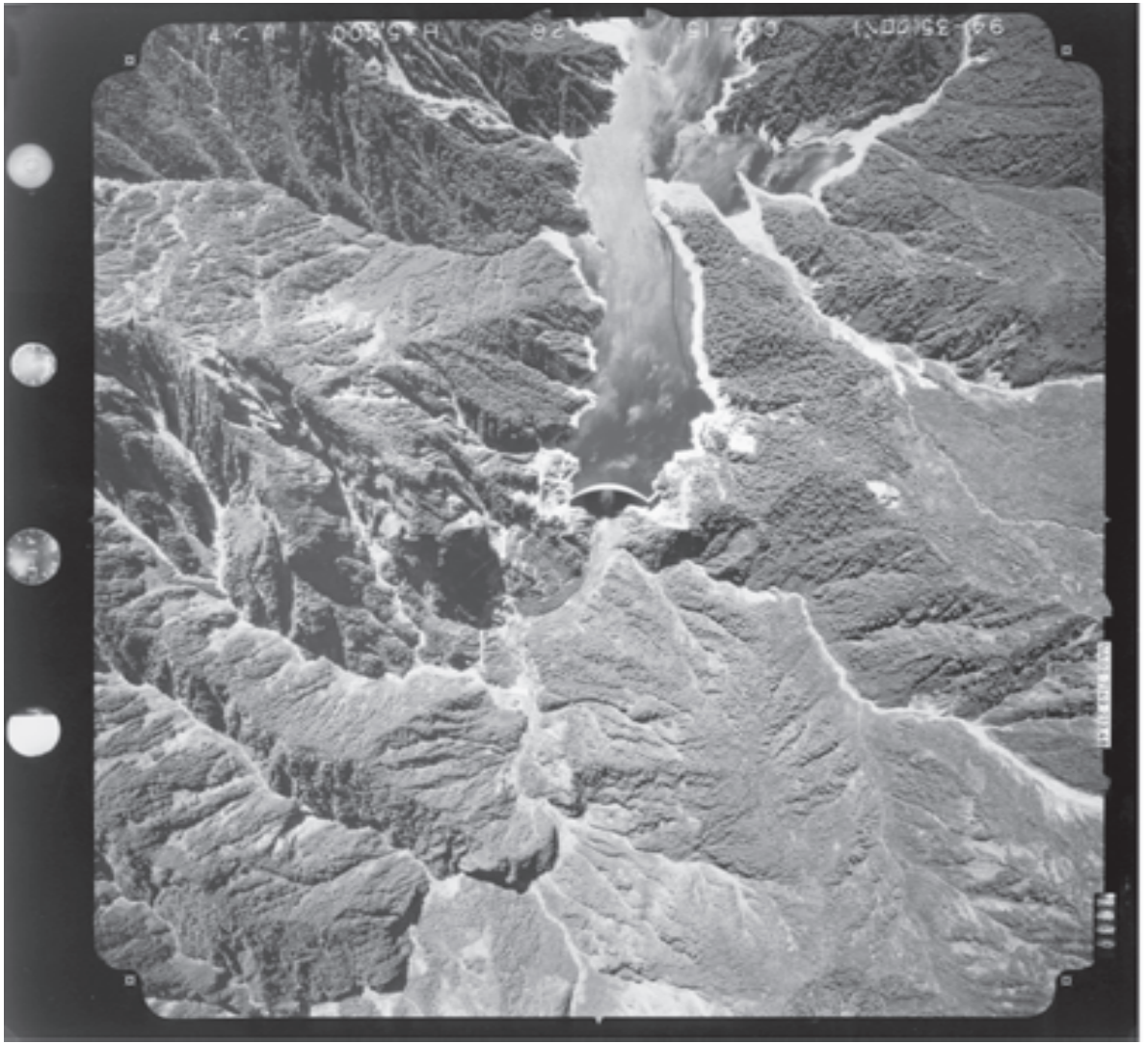
شکل ۱۰-۱



شکل ۱۱-۱



شكل ١٢-١- الف



شکل ۱۲-۱-ب



شکل ۱۳-۱- عکس هوایی رنگی مایل

۳-۱-۱- 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 به دلیل اهمیت این تصاویر سعی شده روز به روز بر کیفیت آن‌ها افزوده شود.

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

عبارت‌اند از :

- چرخش منظم ماهواره‌های تصویربردار به دور زمین ؛
 - امکان ثبت اطلاعات و تصویربرداری‌های مکرر ؛
 - در اختیار گذاشتن اطلاعات جدید و آگاهی‌هایی از هرگونه تغییرات ؛
 - اقتصادی بودن تهیه‌ی تصاویر مکرر و زیاد.
- علاوه بر این در حال حاضر تهیه‌ی نقشه‌های بزرگ مقیاس نیز به کمک این تصاویر میسر شده است، نمونه‌ای از تصاویر بزرگ مقیاس را در اینجا می‌بینید.



شکل ۱۴-۱- نمونه‌ای از تصاویر ماهواره‌ای

۱-۲- اطلاعات موجود بر روی عکس هوایی

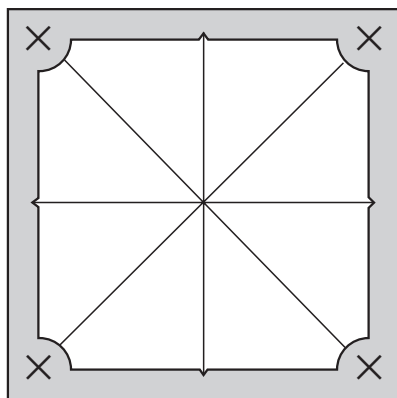
دوربین‌های هوایی به وسیله‌ای مجهزند که می‌تواند اطلاعاتی را بگیرد و آن‌ها را به‌طور خودکار در حاشیه‌ی عکس ثبت کند. این اطلاعات در هنگام استفاده از عکس بسیار مفید و ضروری است. شکل ۱-۱۵ نمونه‌ای از اطلاعات موجود بر روی عکس را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۵

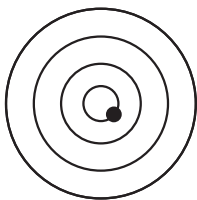
اطلاعات کنار عکس به شرح زیر است :
الف - علائم کناری: از علائم کناری (فیدوشل مارک Fiducial marks) می‌توان جهت

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



شکل ۱۶-۱

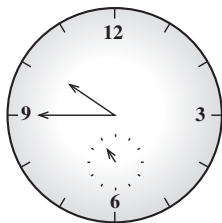
ب - حباب تراز: حباب تراز به صورت تقریبی وضعیت افقی بودن دوربین عکس برداری را نشان می دهد، به عبارت دیگر افقی بودن یا نبودن صفحه ی فیلم را، در موقع عکس برداری، از روی حباب تراز تشخیص می دهند. مسئول گرفتن عکس در هواپیما موظف است همیشه قائم بودن محور دوربین را در لحظه ی عکس برداری بررسی نماید. البته باید دانست که انحراف محور دوربین از امتداد قائم تا ۴ درجه مجاز است.



شکل ۱۷-۱- دوایر

متحدالمرکز در تراز

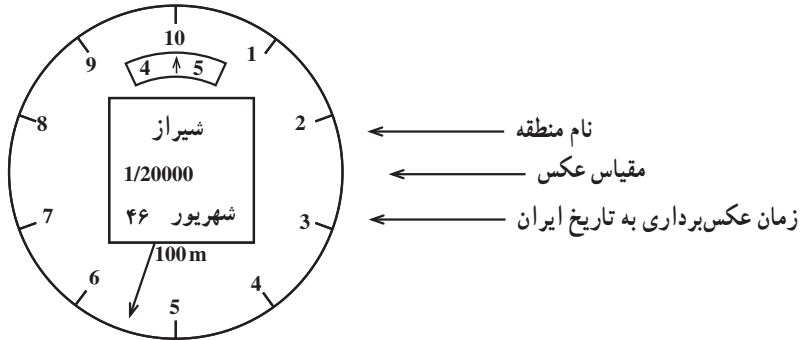
معمولاً در روی شیشه ی محافظه ی تراز تعدادی دوایر متحدالمرکز وجود دارد که می توان به کمک آن میزان تقریبی انحراف دوربین را برآورد کرد.



شکل ۱۸-۱

ج - ساعت: ساعت در کنار عکس، زمان عکس برداری را نشان می دهد. اهمیت زمان از آن نظر است که با توجه به آن می توان وضعیت سایه هایی را که بر روی عکس مشاهده می شوند تجزیه و تحلیل نمود و مثلاً جهت شمال عکس را، با توجه به ساعت و جهت سایه ها، تشخیص داد.

د - ارتفاع سنج: ارتفاع سنج میزان ارتفاع پرواز هواپیما را در موقع عکس برداری نشان می دهد. از این ارتفاع جهت تعیین مقیاس عکس هوایی استفاده می کنند^۱. ارتفاع در شکل ۴۵۵ متر است.

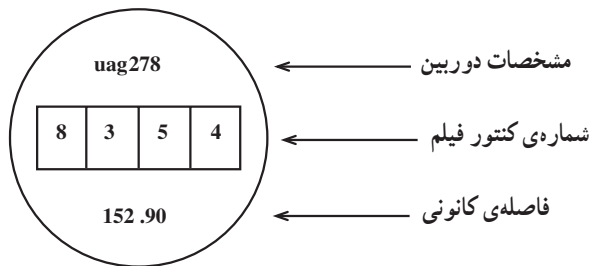


شکل ۱۹-۱

ه - مشخصات دوربین عکس برداری؛

و - شماره ی کنتور عکس؛

ز - فاصله ی اصلی دوربین؛ یا فاصله ی کانونی، که برحسب میلی متر در حاشیه ی عکس چاپ می شود و از آن نیز برای تعیین مقیاس عکس هوایی استفاده می کنند.



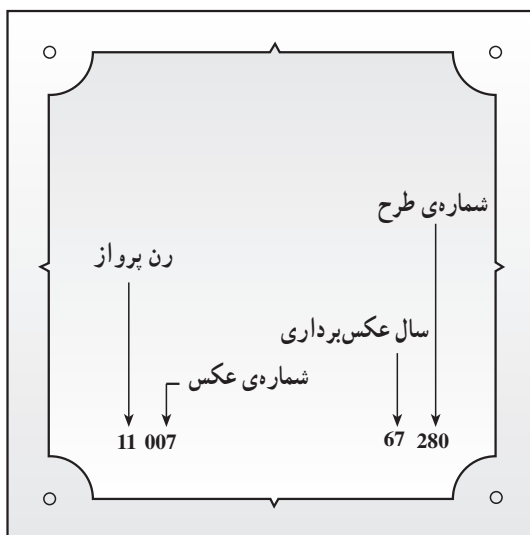
شکل ۲۰-۱

ح - نوار^۲ پرواز و شماره ی عکس یا فیلم: در گوشه ی کنار چپ عکس هوایی دو عدد

دنبال هم چاپ شده که به ترتیب، از چپ به راست، نشان دهنده ی رن پرواز و شماره ی عکس است.

۱- معمولاً در عکس های هوایی که در ایران تهیه می شود نام منطقه و مقیاس عکس و زمان عکس برداری به تاریخ ایران، داخل صفحه ی ارتفاع سنج، چاپ می گردد.

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



شکل ۲۱-۱

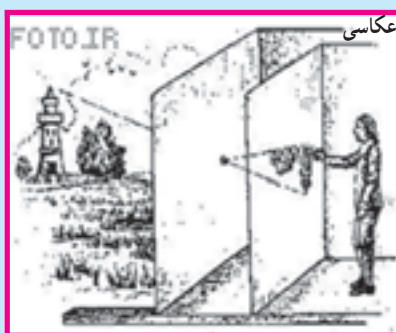
آیا می‌دانید



سال‌ها قبل از این که عکاسی اختراع شود اساس کار دوربین عکاسی وجود داشت. ابن هیثم در قرن پنجم هجری/ یازدهم میلادی وسیله‌ای را به نام جعبه‌ی تاریک (camera obscura) برای مطالعه‌ی خورشیدگرفتگی به کار 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 به صورت وارونه در سطح مقابل آن تشکیل شود. جعبه‌ی تاریک به شدت مورد توجه نقاشان قرار گرفت و تمامی نقاشان به خصوص

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.



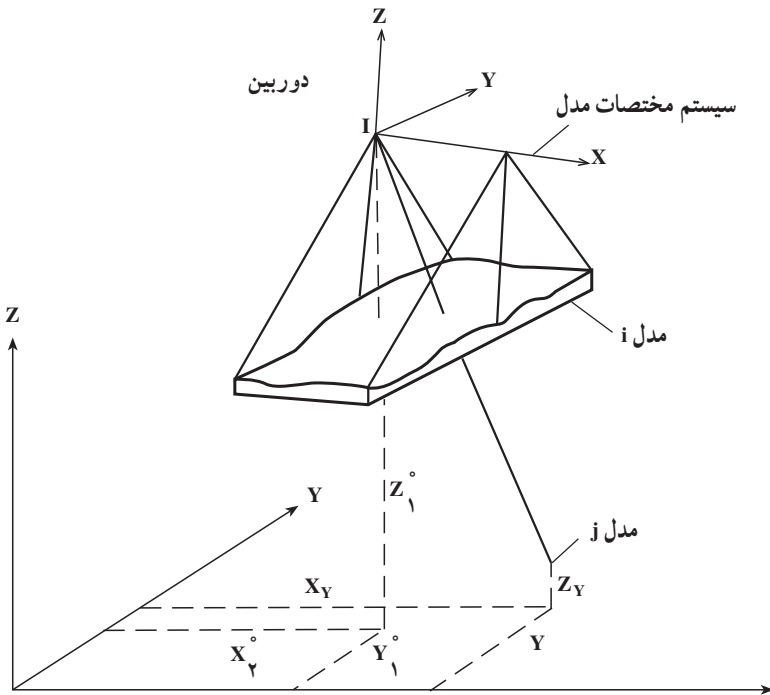
۳-۱- کاربرد عکس و تصویر

۳-۱-۱- کاربرد عکس هوایی: عکس هوایی دو کاربرد بسیار مهم دارد که در این جا

ابتدا به توضیح این دو کاربرد می‌پردازیم سپس به دیگر کاربردها نیز اشاره خواهیم کرد.

الف- تعیین موقعیت جزئیات در عملیات تهیه نقشه (فتوگرامتری): چنانچه عکس‌های

متوالی تهیه شده از یک منطقه را که دارای پوشش طولی و عرضی هستند در وضعیت زمان عکس برداری قرار دهیم (اشعه‌هایی که قبلاً تشکیل تصویر داده‌اند دوباره بازسازی خواهند شد) و از استروئوسکوپ (Stereoscope) استفاده نماییم مدل برجسته‌ای از زمین را مشاهده خواهیم کرد که می‌توان مختصات سه‌بعدی کلیه 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 کلیه جزئیات خواهیم بود. از آن جا که در فصول بعدی کتاب راجع به این کاربرد بحث خواهد شد در این جا از توضیح بیش‌تر در این مورد صرف نظر می‌کنیم.



شکل ۲۲-۱

ب — تفسیر عکس: در سال‌های اولیه‌ی پیدایش فتوگرامتری، از عکس هوایی صرفاً به منظور تهیه‌ی نقشه استفاده می‌شد، اما به تدریج، 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 اشیاء 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 در نظر 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 ۲۳-۱

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- 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 بهره‌گرفته می‌شود.



شکل ۲۴-۱- این تصویر قبل از اجرای پروژه‌ی عمرانی از یک منطقه برداشته شده است.



شکل ۲۵-۱- 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 رتوس 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 به صورت 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.

به وسیله‌ی عکس هوایی می‌توان موقعیت عوارض طبیعی زمین را به خوبی شناسایی کرد. مثلاً

می‌توان از روی مجاری آب و شیارهای روی سنگ‌ها به وجود 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 عکس‌شناسایی 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.

۲-۳-۱- کاربرد عکس‌های فتوگرامتری زمینی: عکس‌های زمینی فتوگرامتری نیز در جهان کاربردهای وسیعی پیدا نموده که در این جا به ذکر دو نمونه که اولی اخیراً در ایران مورد استفاده قرار گرفته می‌پردازیم:

الف - 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 در صورتی 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 این که می‌توان نقشه‌های رولوه‌ی بسیار دقیق از سطح بناهای فوق تهیه نمود، عکس‌های تهیه شده مزایای زیر را نیز داراست:

– عکس‌های پوشش‌دار امکان برجسته‌بینی از مناطق مشترک دو عکس را فراهم آورده و به این ترتیب کلیه ی تورفتگی‌ها و برآمدگی‌ها قابل تشخیص است.



شکل ۲۶-۱- عکس فتوگرامتری زمینی از یک بنا

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

– 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 این ترتیب در هر زمان بدون نیاز به رفتن به محل بنا امکان بررسی وضعیت ظاهری بنا فراهم می‌گردد.



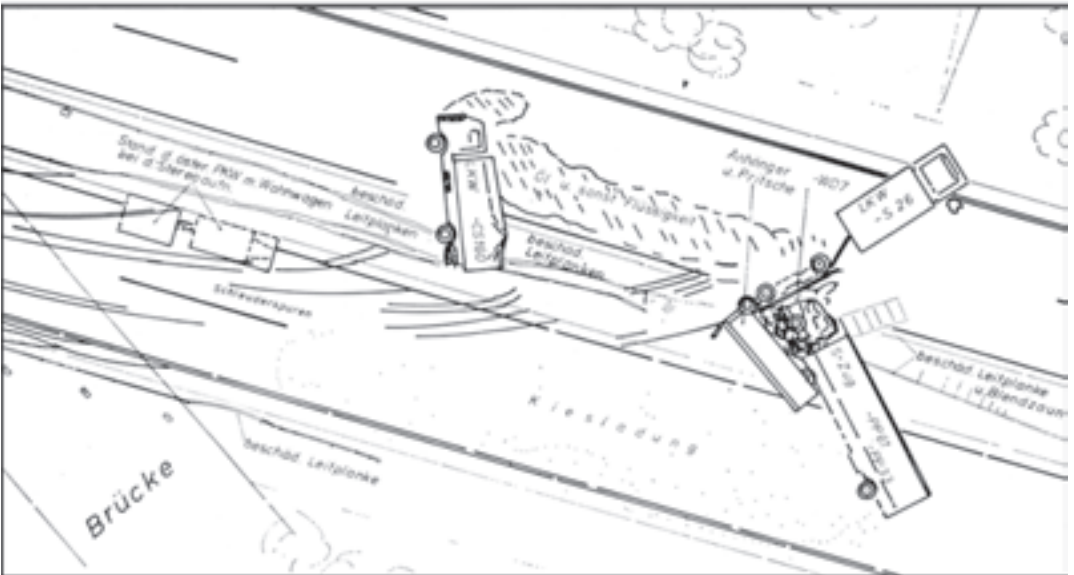
شکل ۲۷-۱- نقشه‌ی بنا

– به دلیل سرعت کار تهیه‌ی این نوع عکس‌ها (به خصوص 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 ۲۸-۱- نمونه‌ی تصویری که توسط دوربین دیجیتال برداشته شده است.

ب- 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 ۲۹-۱

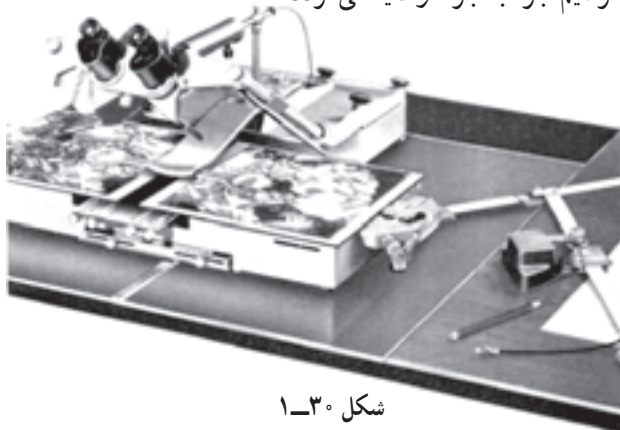
۳-۳-۱- نقشه‌های خطی و نقشه‌های عکسی: به طوری که در فصل ۵ این کتاب خواهید دید به منظور تهیه نقشه، عکس‌ها را به کمک دستگاه‌های مخصوص تبدیل به نقشه می‌نمایند و ضمن این عمل بر روی میز ترسیم که در کنار دستگاه تبدیل قرار دارد قلم رسام، عوارض را ترسیم می‌نمایند و چون در این روش با رسم انواع خطوط، نقشه رسم می‌گردد. به نقشه‌هایی که به این ترتیب تهیه می‌شوند نقشه‌های خطی می‌گویند. تهیه 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 $\frac{1}{3}$ ارتفاع پرواز هواپیما باشد. نقاط ضعف نقشه‌های عکسی در مقایسه با نقشه‌های خطی عبارت است از:

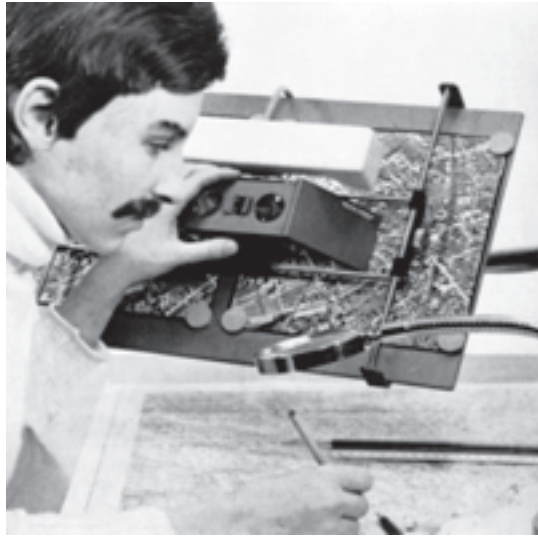
الف- عوارض همان‌طور که در عکس دیده می‌شوند روی نقشه ظاهر می‌گردند و مثلاً خیابان‌ها، ساختمان‌ها و غیره با نشانه‌های خاص خود نشان داده نمی‌شوند. علاوه بر این تعداد زیادی عوارض نامربوط نیز خواه ناخواه در تصویر داخل می‌شود؛ مثل ماشین‌ها، توده‌های مواد ساختمانی و غیره. لذا استفاده‌کننده از نقشه مجبور است 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 بزرگ مقیاس تفسیر عکس، تجربه‌ی قبلی زیادی نمی‌خواهد و از این جهت مشکلی ندارد.

ب- 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 ۳۰-۱



شکل ۳۱-۱



شکل ۳۲-۱

استفاده کنندگان از نقشه بایستی ترغیب شوند که به جای استفاده از نقشه‌ی خطی معمولی از نقشه‌ی عکسی استفاده کنند. تجربیات بعدی نشان داده است که استفاده کنندگان 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 به راحتی صورت می‌گیرد، زیرا عوارض با تصویر واقعی دیده می‌شود و لذا کارشناسان آن را بهتر از نقشه می‌پسندند.



شکل ۳۳-۱

اخیراً نقشه‌های عکسی به کمک تصاویر ماهواره‌ای نیز تهیه شده است. در شکل ۳۳-۱ نقشه‌ی عکسی قسمتی از شهر تهران که به کمک تصاویر ماهواره‌ای اسپات توسط اداره‌ی کل نقشه‌برداری وزارت نفت آماده شده است را می‌بینید.

۳-۴-۱ 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 به دست 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 به کار 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 میسر 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 به معنای 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.

۳-۴-۱-۴ مقایسه‌ی عکس و نقشه

نقشه و عکس هر یک کاربرد خاص خود را دارد و نمی‌توان یکی را جایگزین دیگری کرد. به عبارتی 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- یکی از تفاوت‌های عکس با نقشه این است که نقشه همواره تصویر قائم عوارض موردنظر

است در صورتی 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^۱ های تصویری ناشی از ناهمواری در عکس به وجود خواهد آمد.

ب — 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، در صورتی که یک عکس هوایی ارتفاع نقاط را به صورت رقم ندارد.

ج — به کمک یک زوج عکس می‌توان عوارض موجود در روی عکس‌های هوایی را با دستگاه‌های ساده به صورت برجسته و سه‌بعدی مشاهده کرد و ارتفاعات مناطق را نسبت به هم دیگر 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 — عوارض در روی نقشه با علائم و خط‌های خاصی که انتخاب می‌کنند مشخص می‌شود و به راحتی می‌توان تفاوت جاده‌ی خاکی، جاده‌ی آسفالتی، 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 اما در عکس هوایی که اغلب هم مقیاس‌های کوچک در اختیار است شناسایی عوارض احتیاج به مطالعه و تفسیر دارد.

ه — عکس هوایی شامل همه‌ی اطلاعات سطح زمین، که قابل مشاهده است، می‌باشد در صورتی که اطلاعات نقشه بستگی به مقیاس نقشه و کار موردنظر دارد.

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

ز — 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

۱- 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 کوچک مقیاس، جاده‌ها را بزرگ‌تر از اندازه‌های واقعی ترسیم می‌کنند.

ح- 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

- ۱- چند نوع عکس در فتوگرامتری داریم؟
- ۲- عکس هوایی و ماهواره‌ای را تعریف کنید.
- ۳- عکس‌های زمینی را تعریف کنید.
- ۴- عکس‌های زمینی در چه نوع از کارها مورد استفاده قرار می‌گیرد؟
- ۵- طریقه‌ی عکس‌برداری هوایی را توضیح دهید.
- ۶- اطلاعات موجود در حاشیه‌ی عکس را نام ببرید.
- ۷- از علائم کناری و فیدوشل مارک‌ها در عکس چه استفاده‌ای می‌شود؟
- ۸- 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.
- ۹- برای برجسته‌بینی عوارض عکس از چه دستگاه‌هایی استفاده می‌شود؟
 - ۱۰- پوشش طولی و عرضی عکس‌ها معمولاً چند درصد است؟
 - ۱۱- تفسیر عکس هوایی در چه زمینه‌هایی کاربرد دارد؟
 - ۱۲- نقشه‌ی عکس را چگونه تهیه می‌کنند؟
 - ۱۳- 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 - از کلیه‌ی اطلاعات حاشیه‌ی عکس به شرح ذیل یادداشت برداری شود

۱- شماره‌ی رن، شماره‌ی عکس، سال عکس برداری و شماره‌ی طرح

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

۳- ارتفاع پرواز، فاصله‌ی کانونی و محاسبه‌ی مقیاس عکس

ب - از عکس کروکی برداری شود و یا به کمک

پانتوگراف عوارض را با مقیاس بزرگ تر ترسیم نموده و

عوارض را شناسایی و در آن نوشته شود.

راهنمایی ۱: جهت شمال را به صورت زیر

می‌توانید تعیین نمایید :

مطابق شکل اگر ساعت عکس برداری ۱۱ و ۲

دقیقه باشد، جهت عقربه‌ی ساعت‌شمار را بر جهت سایه

AO منطبق نموده و جهت ساعت ۱۲ را نیز در نظر

می‌گیریم (امتداد OB) آن‌گاه نیمساز زاویه‌ی AOB جهت جنوب (امتداد OS) و در نتیجه

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 به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$S = \frac{152.48}{3040 \times 1000} = \frac{1}{19937} = \frac{1}{20000}$$

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.

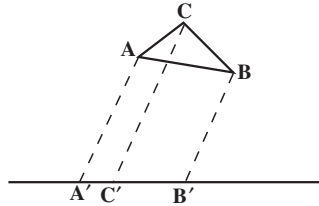
هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، هنرجو باید بتواند:

- ۱- انواع تصاویر را نام برده و تفاوت آن‌ها را از نظر هندسی بیان نماید؛
- ۲- «نقطه‌ی فرار» را، در عکس برداری، تعریف کند؛
- ۳- این اصطلاحات را تعریف کند: نقطه‌ی اصلی، نقطه‌ی نادیر یا شاغولی، فاصله‌ی اصلی، نقطه‌ی همبار، محور اصلی، خط اصلی، صفحه‌ی اصلی.
- ۴- انواع عکس از نظر سیستم تصویر بردار را نام ببرد؛
- ۵- مفهوم سیستم مختصات عکس را بداند.
- ۶- مفهوم سیستم مختصات شیء را شرح دهد.
- ۷- عکس قائم را تعریف کند و تفاوت آن را با عکس‌های مایل شرح دهد؛
- ۸- انواع دوربین‌های هوایی را از نظر زاویه‌ی میدان دید آن‌ها نام ببرد؛
- ۹- تفاوت عکس مایل و عکس با میل زیاد را شرح دهد؛
- ۱۰- طرز استفاده از زوج عکس را توضیح دهد؛
- ۱۱- رابطه‌ی عکس برداری و تشخیص عمق دید را بیان کند؛
- ۱۲- تعریف و فرمول‌های مقیاس را شرح دهد؛
- ۱۳- جابه‌جایی ناشی از ارتفاعات را با فرمول بیان کند.
- ۱۴- فعالیت عملی پایان فصل را طبق مراحل تعیین شده انجام دهد.

۲-۱- انواع تصاویر

۲-۱-۱- تصویر موازی: اولین نوع تصویر بدین ترتیب است که شعاع‌های تصویرکننده

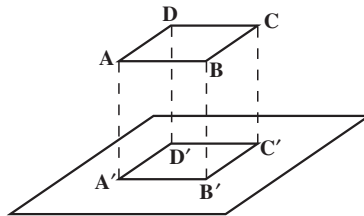
با هم موازی‌اند. برای مثال، در شکل ۲-۱ مثلث ABC بر روی خط L تصویر شده که $A'B'C'$ تصویر آن است و شعاع‌های تصویری AA' و BB' و CC' موازی یکدیگرند.



شکل ۲-۱- تصویر موازی

۲-۱-۲- تصویر قائم: دومین نوع تصویر، یعنی تصویر قائم، بدین ترتیب است که شعاع‌های

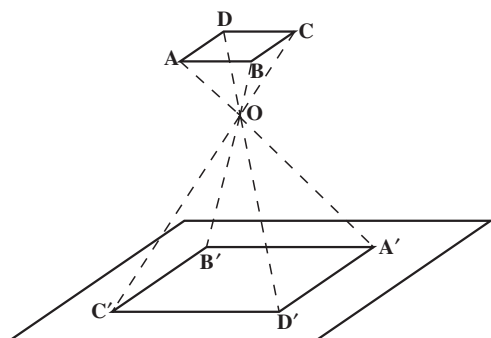
تصویرکننده بر خط یا صفحه‌ی حاوی تصویر عمود می‌باشند. شکل ۲-۲ نشان‌دهنده‌ی تصویر در یک فضای سه‌بعدی است.



شکل ۲-۲- تصویر قائم

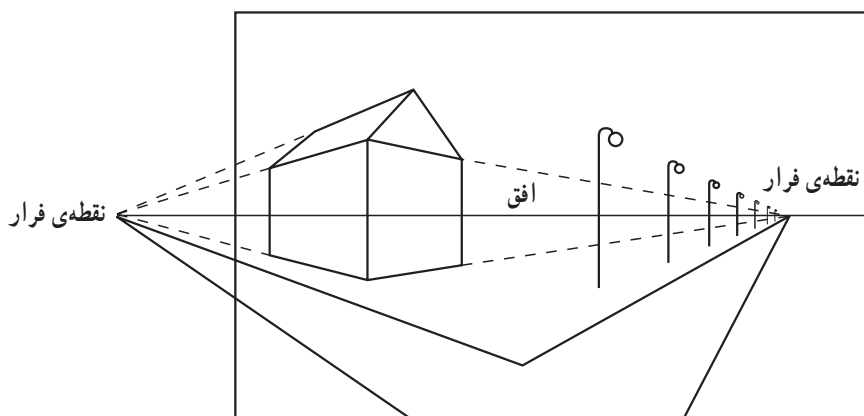
۲-۱-۳- تصویر مرکزی: تصویر مرکزی بدین گونه است که شعاع‌های تصویری همگی

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.



شکل ۲-۳- تصویر مرکزی

در تصویر مرکزی و ناحیه‌ی نشان داده‌شده در شکل ۲-۳، ناحیه‌ی $OABCD$ را فضای عکسی و ناحیه‌ی $OA'B'C'D'$ را فضای شی‌ای گویند. شکل ۲-۴ عکس یک ناحیه‌ی مسطح از زمین را که افق و دولبه‌ی جاده در آن است نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴- عکس افقی

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

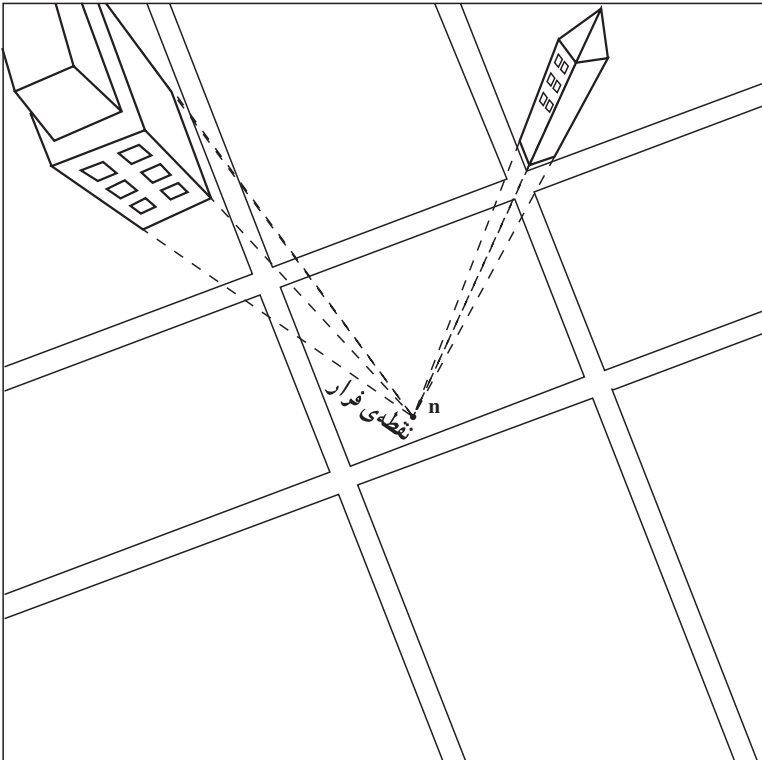
برای مثال دو لبه‌ی جاده در واقعیت کاملاً موازی هستند اما در عکس، چنان که می‌بینید، یکدیگر را در نقطه‌ی فرار که در افق قرار دارد قطع کرده‌اند. به عبارت دیگر تصویر مرکزی خطوط موازی به صورت موازی تصویر نخواهند شد.

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

در شکل ۲-۴ 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 این صورت خطوط قائم نظیر تیر چراغ‌برق، دیگر به صورت موازی تصویر نخواهند شد بلکه به صورت خطوط متقارب (همگرا) به سمت نقطه‌ی فرار میل خواهند کرد.

یک عکس نزدیک به قائم در شکل ۲-۵ نشان داده شده است که خطوط قائم به سمت نقطه‌ی فرار، یعنی n ، متقارب شده‌اند.



شکل ۲-۵- عکس نزدیک به قائم

۲-۲- تعاریف هندسی مربوط به یک عکس منفرد

۲-۲-۱- نقطه‌ی اصلی (Principal Point): تصویر قائم 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.

۲-۲-۲- 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 ۲-۵).

۲-۲-۳- فاصله‌ی اصلی (Principal distance): فاصله‌ی اصلی عبارت است از فاصله‌ی بین مرکز تصویر تا صفحه‌ی عکس که معمولاً آن را با حرف C نشان می‌دهند. علت آن که 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 به آسانی می‌توان از رابطه‌ی نیوتن $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$ 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.

$$C = f$$

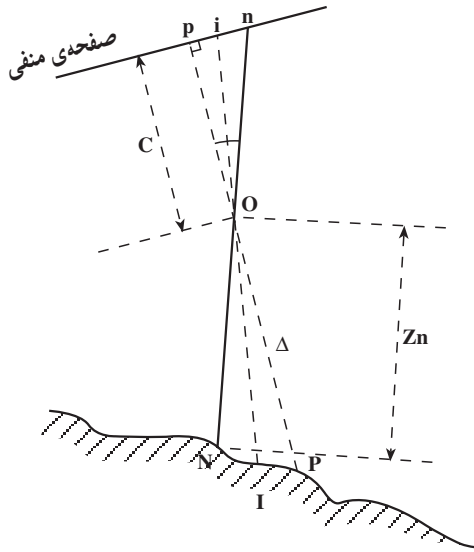
۲-۲-۴- نقطه‌ی همبار (Isocentre point): محل تلاقی نیمساز زاویه‌ی $\hat{p}on$ با صفحه‌ی تصویر را نقطه‌ی همبار می‌نامند و آن را، بر روی عکس با حرف کوچک i و بر روی زمین با حرف بزرگ I نشان می‌دهند.

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

۲-۲-۵- 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 ۲-۶).

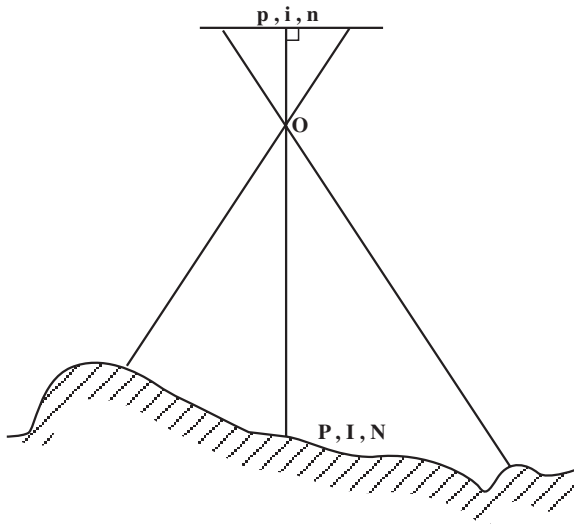
۲-۲-۶- خط اصلی (Principal Line): خطی که نقطه‌ی نادیر و نقطه‌ی اصلی را به هم وصل می‌کند، خط اصلی نامیده می‌شود که در شکل ۲-۶ pn خط اصلی است.

۲-۲-۷- 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 ۲-۶.



شکل ۲-۶- تعاریف هندسی یک عکس منفرد

توجه: 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 ۲-۷).



شکل ۲-۷- عکس قائم

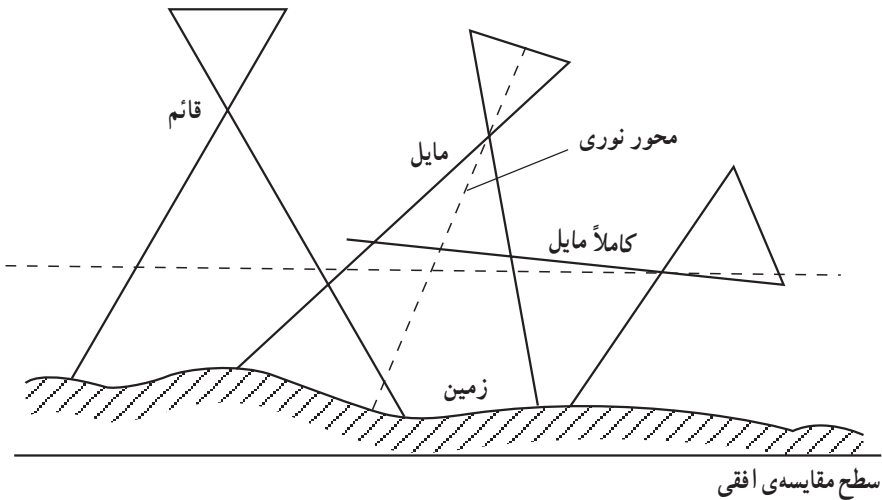
۲-۳- انواع عکس

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

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

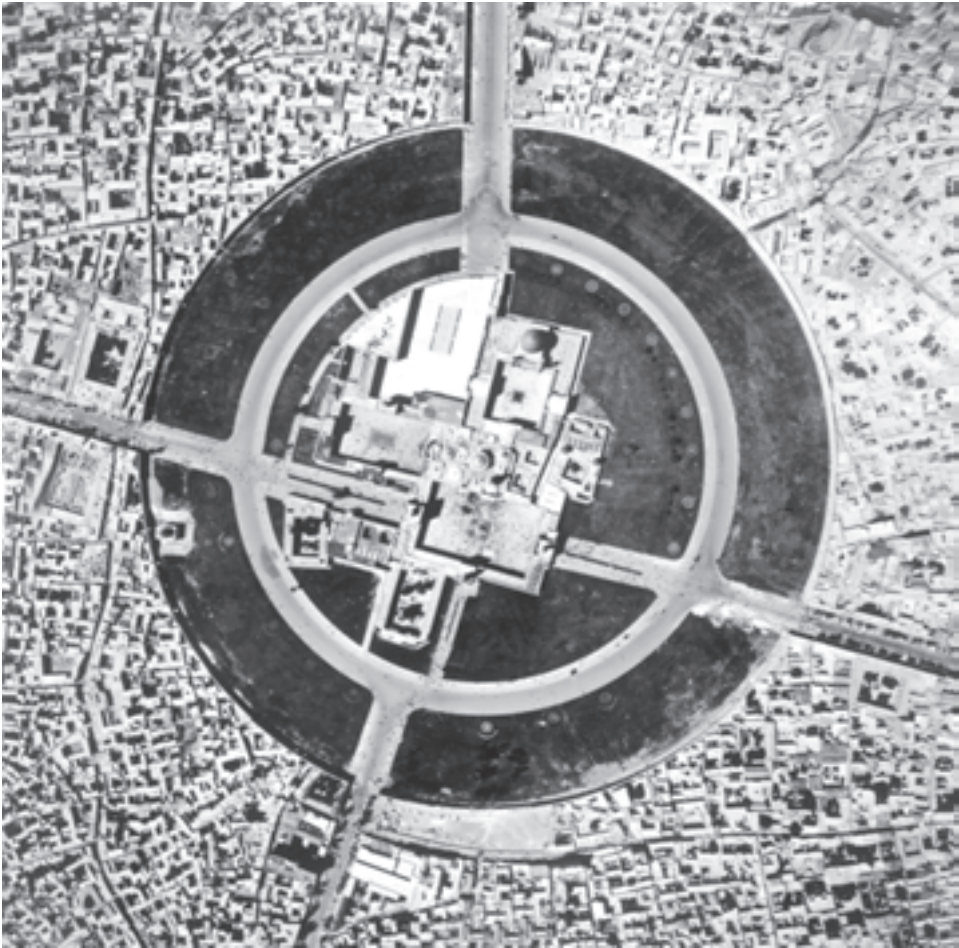
شکل ۲-۸ سه حالت عکس‌برداری را نسبت به سطح مبنای افقی نشان می‌دهد:

۱- عکس قائم ۲- عکس مایل ۳- عکس کاملاً مایل



شکل ۲-۸

۱-۲-۳- 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 ۲-۹ اطراف حرم مطهر امام رضا (ع) در مشهد را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۲- عکس قائم

۲-۳-۲- عکس مایل: اگر در عکس برداری 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 عکس برداری شده حالتی مانند دوزنقه دارد و مقیاس عکس در طول منطقه‌ی تصویر شده 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 ۱-۲).



شکل ۱۰-۲

۳-۲- عکس مایل با میل زیاد: در این نوع عکس، در لحظه‌ی عکس برداری، 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 به راحتی قابل تشخیص است و تصویر منطقه‌ی عکس برداری شده، مانند عکس مایل، حالتی مانند دوزنقه 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 ۱۱-۲

یک عکس کاملاً مایل را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱-۲

خصوصیات و اختلافات کلی این سه نوع عکس برداری به صورت خلاصه در جدول ۱-۲ نشان داده شده است.

جدول ۱-۲- مقایسه‌ی انواع عکس‌ها

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

ب- انواع دوربین‌های هوایی برحسب زاویه‌ی میدان دید دوربین

انواع عکس‌های هوایی را براساس عدسی دوربینی که عکس‌ها توسط آن گرفته شده‌اند می‌توان طبقه‌بندی کرد. به‌طور کلی 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 $23^{\circ} \times 23^{\circ}$ 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:

۱- دوربین‌هایی با زاویه‌ی باریک (Narrow angle): که دارای زاویه‌ی بین 1° تا 2° درجه‌اند و فاصله‌ی اصلی آن‌ها بین 61° تا 915 میلی‌متر است. کاربرد این دوربین‌ها در اخذ تصاویر جاسوسی، تفسیر عکس و تهیه‌ی موزائیک عکسی است.

۲- دوربین‌هایی با زاویه‌ی متوسط (Normal angle): که دارای زاویه‌ی بین 5° تا 75 درجه‌اند و فاصله‌ی اصلی آن‌ها بین 21° تا 300 میلی‌متر است. کاربرد این دوربین‌ها در اخذ تصاویر رنگی، تفسیر عکس، تهیه‌ی موزائیک عکسی و ارتوفتو، و تهیه‌ی نقشه‌ی شهری بزرگ مقیاس است.

۳- دوربین‌هایی با زاویه‌ی باز (Wide angle): که دارای زاویه‌ی بین 85 تا 95 درجه‌اند و فاصله‌ی اصلی آن‌ها معمولاً 153 میلی‌متر است. اکثراً از این نوع دوربین‌ها در فتوگرامتری برای

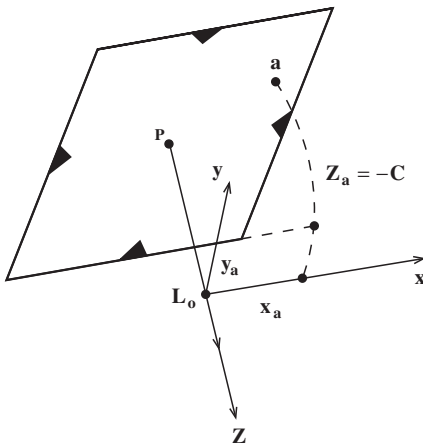
تهیه‌ی نقشه استفاده می‌شود.

۴- دوربین‌هایی با زاویه‌ی خیلی باز (Super wide angle): که دارای زاویه‌ی بین 11° تا 13° درجه‌اند و فاصله‌ی اصلی ۸۸ میلی‌متر است. کاربرد اصلی این دوربین‌ها در تهیه‌ی نقشه از مناطق تقریباً مسطح می‌باشد.

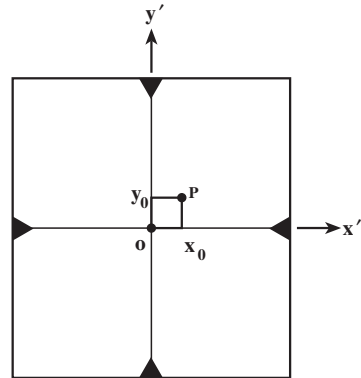
۲-۴- سیستم مختصات عکسی و توجیه داخلی

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 به صورت 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 ۲-۱۳



شکل ۲-۱۲

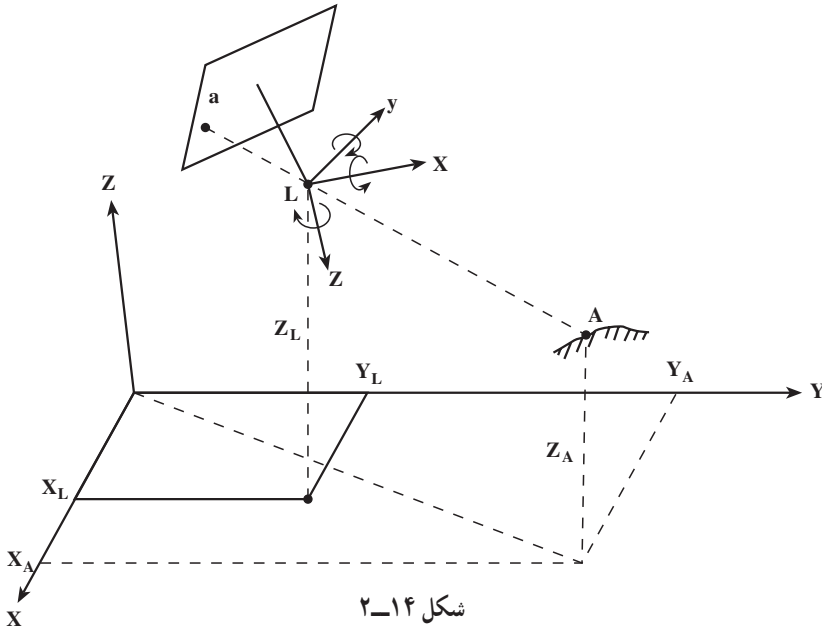
به این ترتیب مختصات عکس یک نقطه مانند a در روی عکس برابر (x_a, y_a, z_a) خواهد بود از آن‌جا که فاصله‌ی مبدأ تا صفحه‌ی عکس مقداری ثابت و برابر فاصله‌ی اصلی C می‌باشد همیشه $Z_a = -c \approx f$ است.

از آن‌جا 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 به اندازه (x_0, y_0) جابجا نماییم (شکل ۲-۱۲) مختصات دوبردی $x'y'$ تبدیل به مختصات دوبردی xy خواهند شد در این روابط به (x_0, y_0, C) پارامترهای توجه داخلی گویند. به این ترتیب از طریق علائم حاشیه‌ای و با معلوم بودن پارامترهای توجه داخلی می‌توان مختصات سه‌بعدی xyz عکسی را برای هر نقطه به دست آورد.

۲-۵- سیستم مختصات شی‌ای 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 ۲-۱۴ اگر فرض شود سیستم مختصات سه‌بعدی متعامد XYZ سیستم مختصات شی‌ای 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 شی‌ای از روی مختصات عکسی برای



هر نقطه روی سطح زمین می‌باشد باید رابطه‌ی بین سیستم مختصات شی‌ای و سیستم مختصات عکسی تعیین شود. در واقع با این کار 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 معلوم بودن 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.

۲-۶- مقیاس در فتوگرامتری و کاربرد آن

۲-۶-۱- 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.

$$\text{مقیاس} = S_{ph} = \frac{C}{H'} = \frac{f}{H'} = \frac{\text{فاصله‌ی کانونی دوربین}}{\text{ارتفاع پرواز}} \quad (1)$$

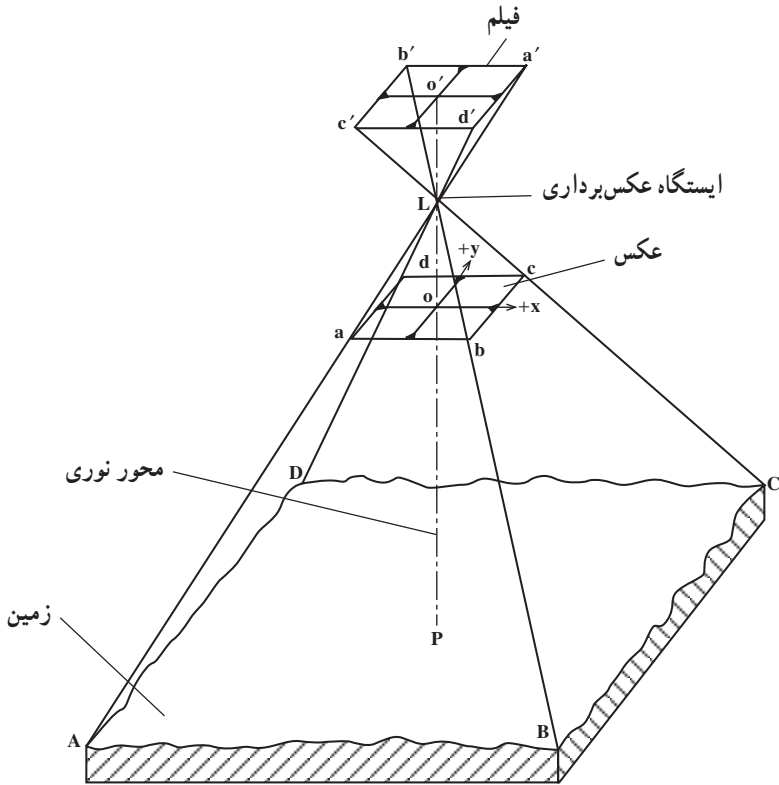
در فتوگرامتری هوایی چون $C \approx f$ است می‌توان به جای فاصله‌ی اصلی، فاصله‌ی کانونی دوربین یعنی f را قرار داد. منظور از ارتفاع پرواز H' ، ارتفاع هواپیما از سطح زمین است نه از سطح مبنا.

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 $1:10000$ بزرگ‌تر از مقیاس $1:12000$ است. در نقشه، مقیاس در تمام نقاط یکسان است، زیرا نقشه یک تصویر قائم است. اما 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) به دست آوریم.



شکل ۱۵-۲

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 عکس برداری مشخص در ارتفاعات مختلف پرواز شود، ارتفاع بیش تر، عکس با مقیاس کوچکتر را خواهد داشت.

ارتفاع پرواز H می‌تواند تا یک درصد قابل کنترل باشد لذا مقیاس عکس برداری 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 به دست آورد.

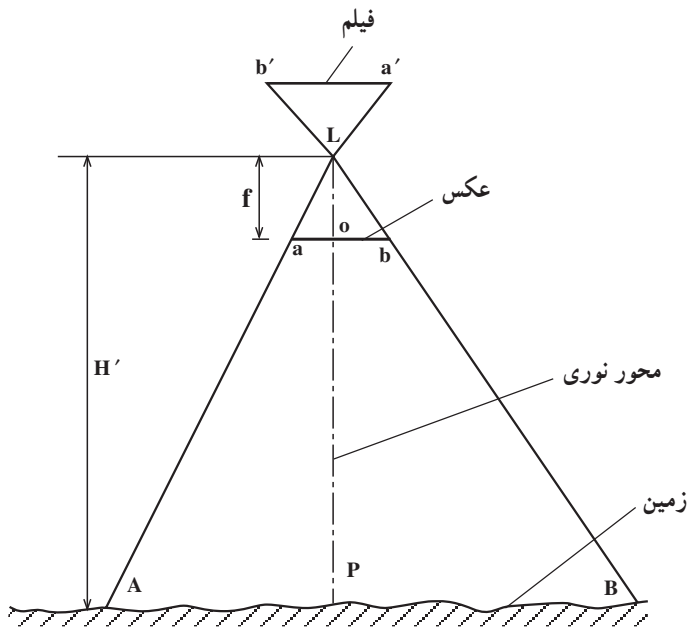
$$S = \frac{ab}{AB} = \frac{\text{طول روی عکس}}{\text{همان طول روی زمین}} \quad (2)$$

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.

۲-۶-۲ مقیاس عکس برای مناطق مسطح: با توجه به شکل ۱۶-۲، برای تعیین مقیاس مناطق مسطح از تشابه دو مثلث LAB و Lab نتیجه خواهد شد:

$$S = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H'} \quad (3)$$

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 $\frac{1}{100}$ ارتفاع پرواز کم‌تر باشد مناسب است.



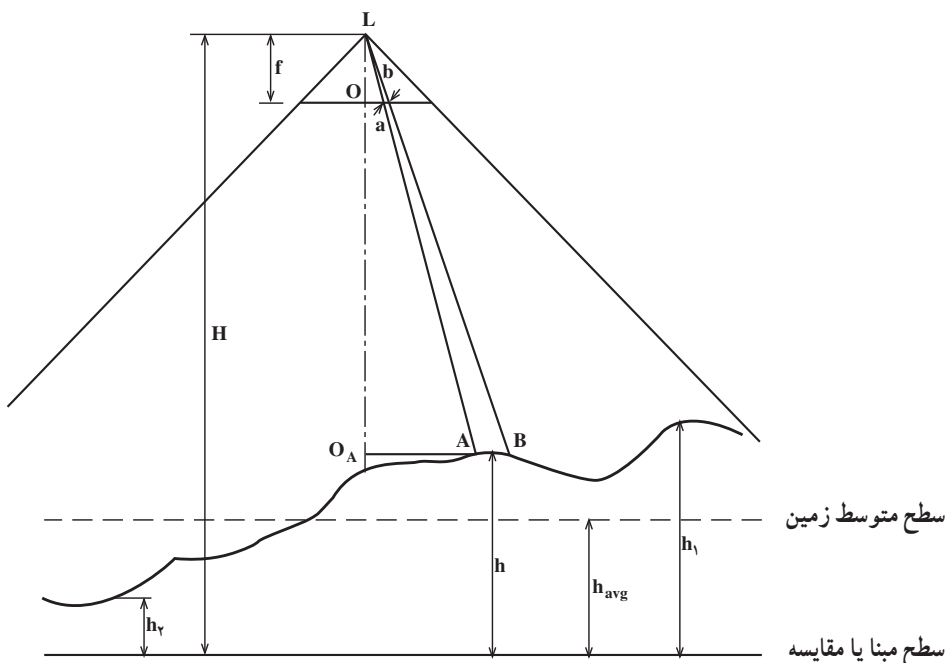
شکل ۱۶-۲- تصویر ۲ بعدی عکس قائم از یک منطقه‌ی مسطح

۳-۶-۲- 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 اما اگر H' ، یعنی ارتفاع پرواز، بیش‌تر شود مقیاس کوچک‌تری خواهیم داشت و اگر H' کوچک‌تر شود کسر $\frac{f}{H'}$ بزرگ‌تر می‌شود که در نتیجه مقیاس بزرگ‌تری خواهیم داشت.

در شکل ۱۷-۲ 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.

$$S_{AB} = \frac{ab}{AB} = \frac{La}{LA} \quad (4)$$



شکل ۱۷-۲- عکس قائم مناطق ناهموار

هم چنین از تشابه دو مثلث LoA و LOA به رابطه‌ی (۵) خواهیم رسید :

$$\frac{La}{LA} = \frac{f}{H-h} \quad (5)$$

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.

$$S = \frac{f}{H-h} \quad (6)$$

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 به جای 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}) به دست خواهد آمد :

$$S_{avg} = \frac{f}{H-h_{avg}} \quad (7)$$

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 210 میلی‌متر و ارتفاع پرواز از سطح مبنا 4200 متر عکس‌برداری شده است. مقیاس عکس را محاسبه کنید.

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{ph} = \frac{f}{H} \\ S_{ph} = \frac{210/1000}{4200} = \frac{1}{20000} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{مطابق رابطه‌ی (۳) داریم} \\ \text{مقیاس عکس} \end{array}$$

مثال ۲: در یک عکس‌برداری هوایی فاصله‌ی کانونی دوربین 152 میلی‌متر و ارتفاع پرواز از سطح مبنا 1450 متر و ارتفاع متوسط منطقه 120 است. متر مقیاس متوسط عکس را محاسبه کنید.

$$S_{avg} = \frac{f}{H-h_{avg}} \quad \text{مقیاس متوسط عکس}$$

$$S_{avg} = \frac{(152/1000)m}{(1450-120)m} = \frac{152}{1330 \times 1000} = \frac{1}{8750}$$

مثال ۳: در یک عکس برداری 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.

$$h_{avg} = (90 + 130 + 140) / 3 = 120 \text{ متر} \quad \text{ارتفاع متوسط}$$

$$S_{avg} = \frac{f}{H - h_{avg}} = \frac{152 / 1000 \text{ m}}{(1450 - 120) \text{ m}} = \frac{1}{8750} \quad \text{مقیاس متوسط عکس}$$

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

$$S_{map} = \frac{\text{طول روی نقشه}}{\text{همان طول روی زمین}} \quad (8)$$

در ضمن می‌توانیم با در نظر داشتن یک طول مشخص روی زمین رابطه‌ی بین مقیاس نقشه و مقیاس عکس داشته باشیم

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

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

$$S_{ph} = \frac{\text{طول روی عکس}}{\text{طول روی نقشه}} \times S_{map} \quad (9)$$

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.

$$ab = 20 \text{ روی عکس} \quad AB = 1300 \text{ متر روی زمین}$$

$$S_{ph} = \frac{ab}{AB} = \frac{20 / 100}{1300} = \frac{1}{6500} \quad \text{مقیاس عکس}$$

مثال ۲: فاصله‌ی افقی طول AB در روی زمین 90° متر و فاصله‌ی همان طول در روی نقشه ۴۵ سانتی متر است. مقیاس نقشه را محاسبه کنید.

روی زمین متر $AB = 90^\circ$ روی نقشه $ab = 45\text{cm}$

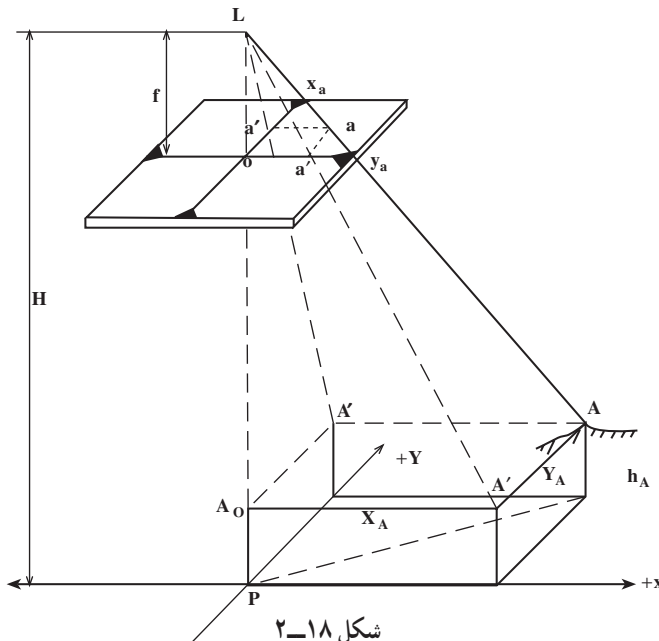
$$S_{\text{map}} = \frac{ab}{AB} = \frac{45/100}{9000} = \frac{1}{20000}$$

مقیاس نقشه $\frac{1}{20000}$

۲-۷- محاسبه‌ی مختصات زمینی به کمک مختصات عکسی که روی عکس قائم اندازه‌گیری شده است

می‌توان مختصات زمینی نقاطی را که در روی عکس قائم واقع اند 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 ۲-۱۸، 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, 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, Y_B هستند. برای به دست آوردن مختصات زمینی (طول و عرض) نقاط، می‌توان از روابط ساده زیر استفاده کرد:



$$X_A = x_a \left(\frac{H - h_A}{f} \right) = x_a \left(\frac{1}{s} \right)$$

$$Y_A = y_a \left(\frac{H - h_A}{f} \right) = y_a \left(\frac{1}{s} \right)$$

بنابراین می توان گفت مختصات زمینی هر نقطه عبارت است از حاصل ضرب مختصات عکسی آن نقطه در معکوس مقیاس آن نقطه.

۸-۲- خطاهای هندسی در عکس هوایی

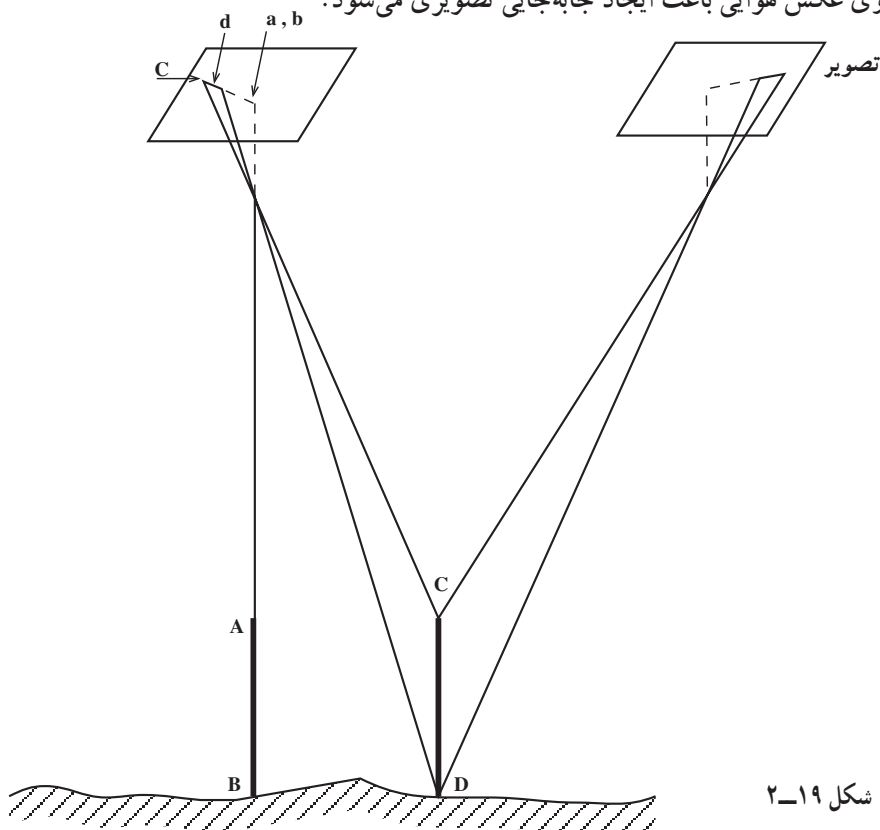
علت عدم انطباق عکس و نقشه وجود دو خطای هندسی زیر در عکس می باشد:

الف - اثر مربوط به جابه جایی های تصویری ناشی از ارتفاع

ب - اثر مربوط به تیلت عکس

الف - اثر مربوط به جابه جایی های تصویر ناشی از ارتفاع: عوارض با ارتفاعات متفاوت

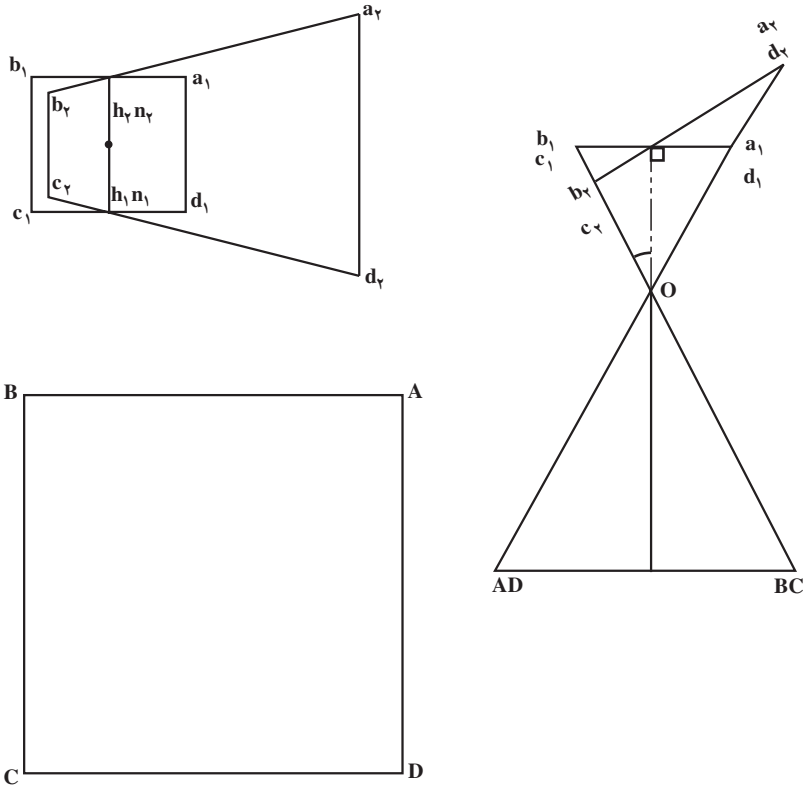
در روی عکس هوایی باعث ایجاد جابه جایی تصویری می شود.



شکل ۱۹-۲

اگر عکس قائم از محل مورد نظر داشته باشیم و با توجه به شکل ۱۹-۲ جسم AB در امتداد محور قائم نوری دوربین باشد ابتدا و انتهای آن روی یک نقطه تصویر می شود و جابه جایی تصویر ناشی از ارتفاع صفر خواهد بود. اما در همان شکل می بینیم که اگر شیئی 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 به نام d و c خواهیم داشت که cd مقدار جابه جایی تصویر ناشی از اختلاف ارتفاع است.

ب- اثر مربوط به تیلت عکس: اگر در زمان عکس برداری هواپیما کاملاً افقی نباشد، صفحه‌ی تصویر، افقی نخواهد بود و زاویه‌ای نسبت به صفحه‌ی افق پیدا می کند که این زاویه را تیلت گویند. به عبارت دیگر کجی محور نوری دوربین عکس برداری باعث می شود که عکس کاملاً قائم نداشته باشیم و ایجاد زاویه‌ی تیلت گردد. در شکل ۲۰-۲ می بینیم که سطح ABCD در روی زمین به صورت مربع و تصویر آن در عکس کاملاً قائم $a_1 b_1 c_1 d_1$ نیز به صورت مربع می باشد. در همان شکل اگر عکس با زاویه‌ی تیلت t داشته باشیم تصویر مربع ABCD به صورت دوزنقه‌ی $a_2 b_2 c_2 d_2$ خواهد بود.

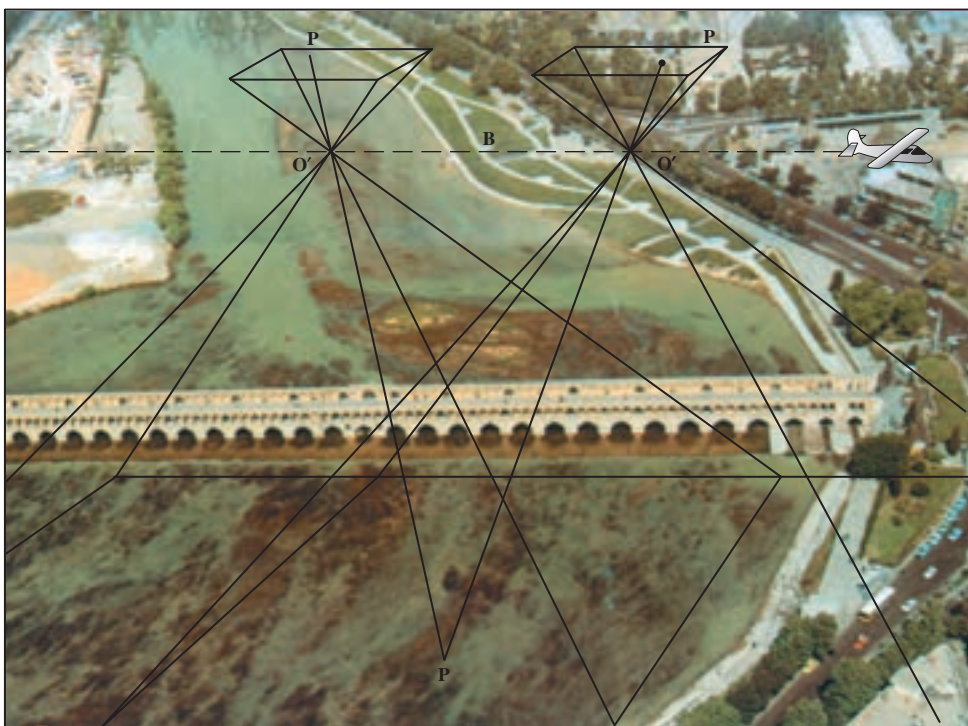


شکل ۲۰-۲

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 جابه‌جایی 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.

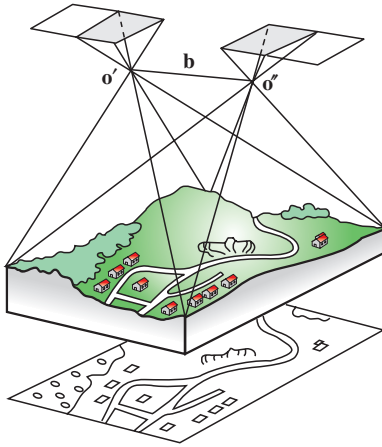
۲-۹- استفاده از زوج عکس

شکل ۲-۲۱ عکس برداری یک منطقه را نشان می‌دهد که در آن $O'O'$ فاصله‌ی دو ایستگاه عکس برداری است که آن را باز هوایی گویند و با حرف B مشخص شده است.



شکل ۲-۲۱

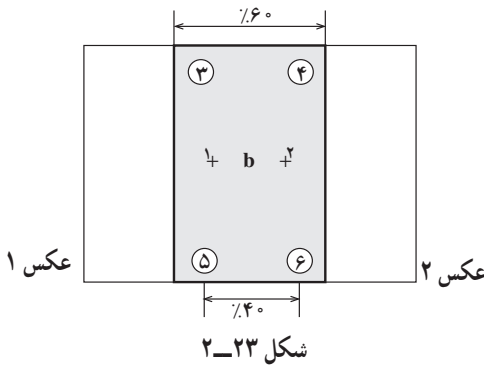
شکل ۲-۲۲ دو عکس متوالی از یک نوار عکس برداری را که به آن یک زوج عکس می‌گویند نشان می‌دهد. این زوج عکس تشکیل یک مدل را می‌دهند که در این جا $O'O'$ را باز مدل گویند و با حرف b مشخص شده است.



شکل ۲-۲۲

این زوج عکس به سبب پوشش مشترکی که دارند به وسیله‌ی دستگاه‌های مخصوصی تبدیل عکس به نقشه به صورت برجسته درمی‌آید و حالت واقعی زمین را در آن لحظه عکس برداری ایجاد می‌کند و سپس از آن مدل نقشه تهیه می‌گردد.

در شکل ۲-۲۳ 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



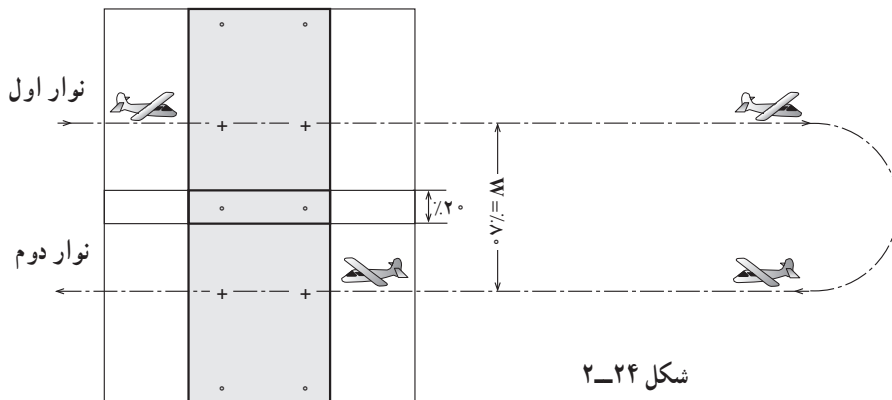
شکل ۲-۲۳

۵ و ۶ زیر مراکز دو عکس است که بین منطقه‌ی مشترک این مدل با مدل رن پایین است. 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 $w \times b$ است

و $w = 2b$ می‌باشد.

در شکل ۲-۲۴ دو نوار پرواز را مشاهده می‌کنیم که عکس‌های هر نوار پرواز با عکس‌های نوار بعدی پوشش مشترکی دارند که در این جا ۲۰٪ می‌باشد و فاصله‌ی بین دو نوار پرواز را برابر می‌گیرند $w = 80\%$ خواهد بود.



شکل ۲۴-۲

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

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

مثال: طول و عرض زمین ۲° و ۱۰ کیلومتر است. اگر مقیاس عکس برداری ۱:۱۰۰۰۰ و فاصله‌ی کانونی $f = 150 \text{ mm}$ و اندازه‌ی عکس‌ها $23^\circ \times 23^\circ$ میلی‌متر باشد و باز عکس ۱۰ سانتی‌متر.

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

۲- طول کل عکس برداری

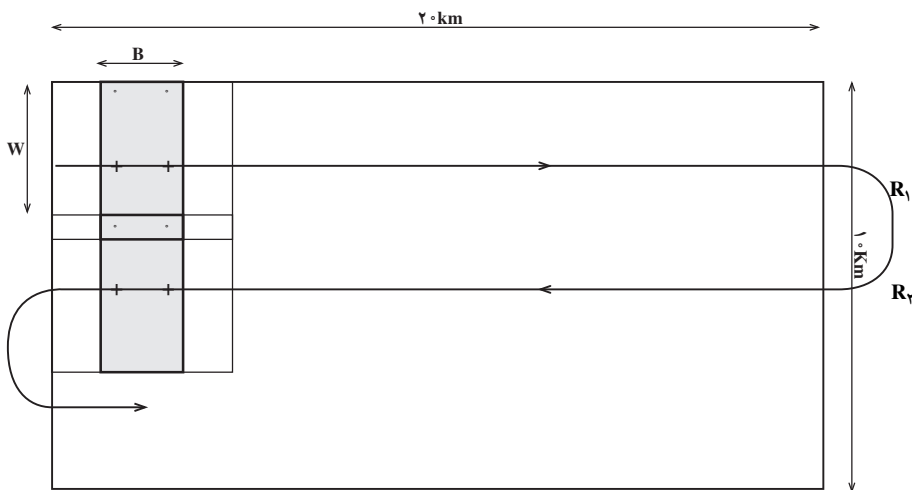
۳- ارتفاع پرواز.

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

$$\frac{1}{10000} = \frac{0/150 \text{ m}}{B} \quad B = 10000 \text{ متر} \quad \text{باز عکس برداری}$$

$$\text{متر} \quad 20000 = 20 \times 10000 = 20 \text{ km} \quad \text{طول زمین}$$

$$\text{مدل} \quad 20 = \frac{\text{طول منطقه}}{\text{باز}} = \frac{20000}{10000}$$



شکل ۲-۲۵

$$w = 2b \quad w = 2 \times 10 = 20 \text{ متر سانی}$$

$$W = 2B \quad W = 2 \times 1000 = 2000 \text{ متر}$$

تعداد رن‌های پرواز = تعداد مدل‌ها در عرض

$$\text{متر} \quad 10000 = 10 \times 1000 = \text{عرض زمین} \quad \text{کیلومتر} \quad 10 = \text{عرض زمین}$$

$$\text{مدل در عرض} \quad 5 = 10000 \div 2000 = \text{تعداد مدل‌ها در عرض}$$

$$5 = \text{تعداد رن‌های پرواز}$$

$$\text{تعداد رن‌ها} \times \text{تعداد مدل‌های هر رن} = \text{تعداد کل مدل‌های منطقه}$$

$$\text{مدل} \quad 100 = 20 \times 5 = \text{تعداد کل مدل‌های منطقه}$$

$$\text{تعداد رن‌های پرواز} \times \text{طول عکس‌برداری هر رن} = \text{طول عکس‌برداری}$$

$$\text{کیلومتر} \quad 100 = 20 \times 5 = \text{طول عکس‌برداری}$$

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

خودآزمایی

- ۱- انواع تصاویر را نام ببرید.
- ۲- دو خاصیت عمده‌ی تصویر مرکزی را بنویسید.
- ۳- منظور از نقطه‌ی فرار چیست؟
- ۴- تعریف نقطه‌ی اصلی، نقطه‌ی نادیر و نقطه‌ی همبار را بنویسید.

- ۵- تعریف فاصله‌ی اصلی، محور اصلی، خط اصلی و صفحه‌ی اصلی را بنویسید.
- ۶- انواع عکس را از نظر سیستم تصویر بردار نام ببرید و شکل هریک را بکشید.
- ۷- انواع عکس‌های هوایی را برحسب زاویه‌ی میدان دید دوربین نام ببرید.
- ۸- طبق جدول کتاب چهار خصوصیت عکس‌های مایل (با میل زیاد) و عکس مایل (با میل کم) و عکس قائم را به اختصار بنویسید.
- ۹- دوربین‌های با زاویه‌ی باریک در عکس برداری چه نوع مناطقی به کار گرفته می‌شود؟
- ۱۰- دوربین‌های با زاویه‌ی باز در عکس برداری چه نوع مناطقی به کار گرفته می‌شود؟
- ۱۱- متداول‌ترین سیستم مختصات عکس برداری دوربین‌هایی که علائم حاشیه‌ی عکس در وسط اضلاع است چیست و مرکز مختصات را بر چه نقطه‌ای منطبق می‌گیرند؟
- ۱۲- تعریف مقیاس عکس قائم را با ذکر فرمول مقیاس بنویسید.
- ۱۳- طول عارضه‌ای بر روی عکس یک سانتی‌متر و همان طول در روی نقشه ۲۰ سانتی‌متر و مقیاس نقشه $1/500$ است. مقیاس عکس را به دست آورید.
- ۱۴- فاصله‌ی کانونی دوربین عکس برداری ۱۵۲ میلی‌متر است. اگر ارتفاع پرواز هواپیما ۱۵۰۰ متر باشد مقیاس عکس را حساب کنید.
- ۱۵- فرمول مقیاس متوسط را بنویسید.
- ۱۶- با دوربینی به فاصله‌ی کانونی ۱۵ میلی‌متر و ارتفاع پرواز از سطح متوسط زمین ۴۵۰۰ متر عکس برداری کرده‌ایم. مقیاس عکس را محاسبه کنید.
- ۱۷- اگر ارتفاع بلندترین و پست‌ترین نقاط منطقه کمتر از ۵۰ متر باشد ارتفاع پرواز مورد قبول چه مقدار است؟
- ۱۸- با دوربینی به فاصله‌ی کانونی ۲۱ میلی‌متر و ارتفاع پرواز از سطح مبنا ۳۰۰۰ متر عکس برداری شده است اگر ارتفاع متوسط منطقه ۹۰۰ متر باشد، مقیاس متوسط عکس را محاسبه کنید.
- ۱۹- طول و عرض زمینی ۱۰ و ۵ کیلومتر است. فاصله‌ی کانونی دوربین ۱۵ میلی‌متر و ارتفاع پرواز ۱۵۰۰ متر است. اگر ابعاد عکس‌ها 23×23 سانتی‌متر باشد و پوشش طولی ۶٪ و پوشش عرضی ۴٪ ۱- مطلوب است مساحت یک مدل برحسب کیلومتر مربع، ۲- تعداد رن‌های پرواز و ۳- تعداد مدل‌ها در هر رن پرواز.
- راهنمایی: مدل یعنی محدوده‌ی پوشش زوج عکس

فعالیت عملی

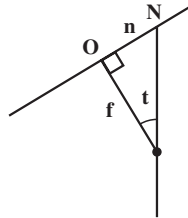
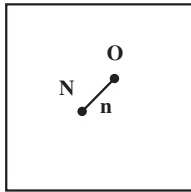
به کمک یک زوج عکس فعالیت‌های زیر را انجام دهید.

۱- 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).

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

۳- 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 $\text{tg } t$ زاویه تیلت خواهد بود.

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



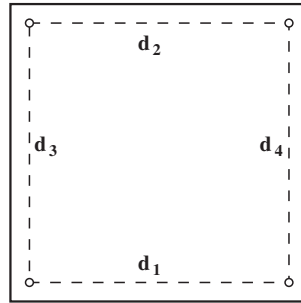
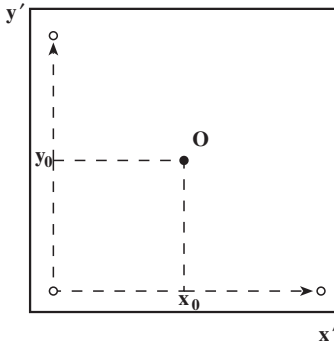
۴- مختصات عکسی تعدادی نقطه را در عکس محاسبه کنید. برای این منظور ابتدا ۴ فاصله‌ی d_1, d_2, d_3, d_4 را اندازه‌گیری کنید سپس مختصات مرکز عکس را به صورت زیر محاسبه کنید:

$$y_0 = \frac{d_2 + d_4}{4} \quad x_0 = \frac{d_1 + d_3}{4}$$

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

$$x = x' - x_0$$

$$y = y' - y_0$$



۵- 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.

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

۷- 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.

۸- مرکز هر عکس را روی عکس دیگر مشخص نمایید و بازعکس را روی هر یک از آن‌ها اندازه‌گیری نموده و میانگین آن‌ها را محاسبه کنید و با توجه به مقیاس عکس، بازه‌یابی را به دست آورید.

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

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:

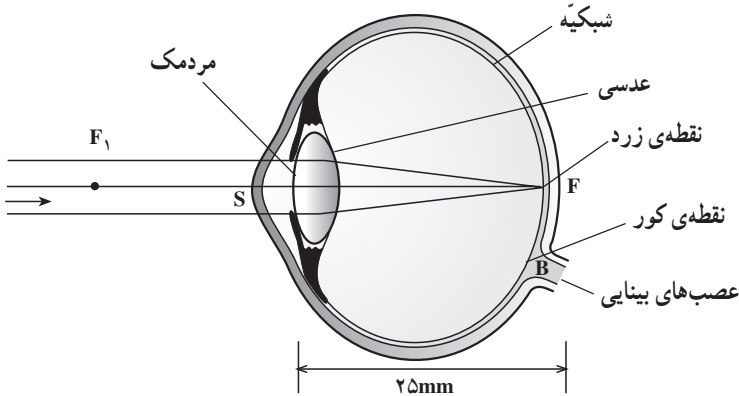
- ۱- اصول برجسته‌بینی را شرح دهد؛
- ۲- زاویه‌ی تقارب و فاصله‌ی تقارب را تعریف کند؛
- ۳- تشخیص عمق به کمک دید یک چشمی را توضیح دهد؛
- ۴- قسمت‌های مختلف چشم را نام ببرد؛
- ۵- عدسی، مردمک و عنبیه را تعریف کند؛
- ۶- قدرت تفکیک را تعریف کند؛
- ۷- دید دو چشمی را توضیح دهد؛
- ۸- تطابق و تقارب را شرح دهد؛
- ۹- خصوصیات یک زوج عکس را برای برجسته‌بینی ذکر کند؛
- ۱۰- روش‌های ایجاد مدل برجسته را نام ببرد؛
- ۱۱- مشاهده با محورهای دید متقاطع و متقارب و موازی را تعریف کند و شکل آن‌ها را رسم کند؛

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

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

۱-۳- اصول برجسته بینی

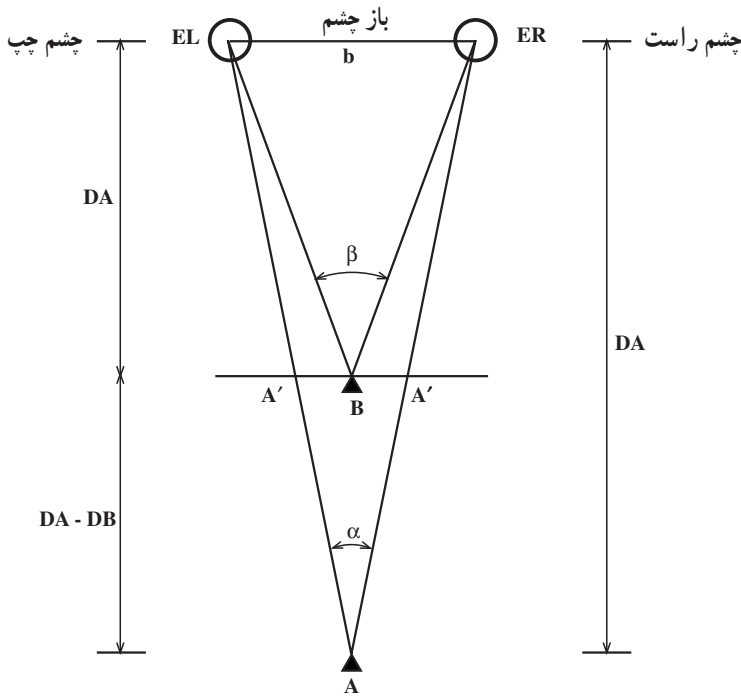
برجسته بینی برای اصل قرار گرفته است که «دو تصویری که از یک جسم بر روی شبکیه های دو چشم تشکیل می شود کاملاً مشابه نیستند.» این دو تصویر، قسمتی یا به طور کامل، از نظر فیزیولوژیکی به وسیله مغز انسان رؤیت می گردند و تجسمی از واقعیت آن جسم در ذهن ما به وجود می آورند. از این پدیده برای ایجاد دید برجسته بینی در فتوگرامتری استفاده شده است. اگر چشم خود را به نقطه ای مانند A خیره کنیم این طور به نظر می رسد که تصویر نقطه ی A بر روی شبکیه حرکت می کند و نقطه ی زرد نزدیک بر آن منطبق می شود. یادآوری می کنیم که نقطه ی زرد جایی است که اعصاب باصره ی چشم در آن قرار دارند و تصاویر اجسام را قابل رؤیت می سازند (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳

۲-۳- تشخیص عمق

انسان ها به علت دارا بودن دو دسته شعاع های دیدگانی مجزا، از دو چشم، فواصل یا نزدیکی و دوری اجسام را تشخیص می دهند و قادر به دید سه بعدی یا برجسته بینی می شوند. فاصله ی بین مراکز دو چشم را باز چشم (b) گویند و این فاصله را در امتداد افقی در نظر می گیرند مثلاً باز چشم افراد معمولی بزرگسال ۶۵ میلی متر است. در شکل ۲-۳ وقتی با دو چشم به نقطه ای مانند B نگاه کنیم محورهای دیدگانی دو چشم در آن نقطه همدیگر را قطع می کنند که این عمل به نام تقارب خوانده می شود. زاویه ی محورهای دیدگانی متقارب را در هر نقطه زاویه ی تقارب آن نقطه گویند. فاصله ی نقطه تا محور باز چشم ها را فاصله ی تقارب نقطه گویند. همچنین اگر نقطه ی A را با دو چشم نگاه کنیم زاویه ی تقارب دیگری داریم که کوچک تر از زاویه ی تقارب برای نقطه ی B است. تغییر عمق دو



شکل ۲-۳

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 $\hat{B} > \hat{A}$. برای درک عمیق‌تر مطلب فوق به مثال زیر توجه کنید.

اگر انگشت خود را به طرف جسمی که در دوردست قرار دارد بگیریم به طوری 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 به هم تشکیل شده باشد برجسته و حجیم می‌بیند.

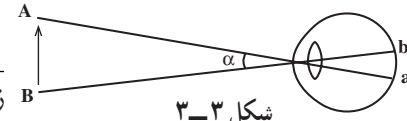
در شکل ۲-۳ اگر با چشم چپ نقطه‌ی B را نگاه کنیم، نقطه‌ی A را در A' خواهیم دید، و با نگاه کردن با چشم راست به نقطه‌ی B، نقطه‌ی A را در A'' خواهیم دید و نقطه‌ی A هر چه از چشم‌ها دور شود فاصله‌ی $A'A''$ نیز بزرگ‌تر می‌گردد و هر چه نقطه‌ی A به چشم‌ها نزدیک شود فاصله‌ی $A'A''$ کم‌تر می‌گردد. پس اندازه‌ی $A'A''$ با عمق نقطه یعنی DA بستگی دارد. افرادی که

با دو چشم اجسام را می بینند و عمق دید اجسام را تشخیص می دهند دارای برجسته بینی و دید دو چشمی می باشند چنین افرادی با بستن یک چشم دارای دید یک چشمی خواهند شد. از جمله عواملی که می توانند در تشخیص عمق، در دید یک چشمی مؤثر باشند، چنین خواهند بود:

- الف - اشیای نزدیک تقریباً اشیای دور را می پوشانند.
 - ب - هرگاه دو جسم مشابه هم، یکی دورتر و دیگری نزدیکتر را در نظر بگیریم جسم نزدیکتر بزرگتر از جسم دورتر به نظر می رسد.
 - ج - به نظر نمی رسد که عمل تطابق مستقیماً بتواند در تشخیص فواصل مؤثر باشد بلکه در تشخیص تغییرات فواصل بیشتر مؤثر می افتد.
 - د - مه، تیرگی و غبار را نیز نمی توان در تشخیص فواصل اجسام نادیده گرفت، چه اگر جو کاملاً صاف و عاری از گرد و غبار باشد، اجسام نزدیکتر به نظر می رسند.
- اهمیت عوامل فوق در فواصل دور و نزدیک متفاوت است. این عوامل در دید دو چشمی نیز بسیار مؤثرند.

قدرت تفکیک: زاویه ای را که تحت آن چشم، جسمی را می بیند قطر ظاهری دید می گویند و کوچک ترین زاویه ای دیدی که چشم می تواند دو سر جسمی را به طور متمایز تشخیص دهد «قدرت تفکیک چشم» می نامند.

این زاویه در حدود یک دقیقه است. یعنی اگر قطر ظاهری دید دو نقطه بیش از یک دقیقه باشد می توان دو نقطه را از یکدیگر به طور تفکیک شده تمیز داد^۱ قدرت تفکیک هر چشم تابع ساختمان پرده ای حساس و فاصله ی سلول های آن از یکدیگر است و به سن اشخاص نیز مربوط می باشد. اندازه ی قدرت تفکیک چشم، معکوس زاویه ی فوق خواهد بود. یعنی برای زاویه ی یک دقیقه، قدرت تفکیک $\frac{1}{\alpha}$ یا یک خواهد بود. می توان قدرت تشخیص چشم های مختلف را مطابق رابطه ی زیر داشت.

$$\text{قدرت تشخیص چشم} = \frac{1}{\alpha} = \frac{\text{زاویه ی یک دقیقه}}{\text{زاویه ی حقیقی هنگام دید}}$$


شکل ۳-۳

۱- چشم طبیعی دو نقطه را در صورتی که زاویه ای معادل یک دقیقه تشکیل دهند از هم جدا خواهد دید. این مقدار در چشم های قوی تر و یا تحت شرایط بهتر (مثل خطوط سیاه و باریک و تقریباً بلندی که اساس و رتبه را تشکیل می دهد و در اکثر تشویلت ها مورد استفاده دارد) تا کمتر از یک دقیقه نیز می تواند باشد.

۳-۳- دید دو چشمی

تشخیص عمق در فضای اطراف ما به دلیل آن که 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 عکس برداری شده است قرار دهیم. این دو عکس باید دارای خصوصیات زیر باشند تا یک زوج عکس بتوانند جهت دید برجسته تشکیل دهند.

۱- محورهای دوربین عکس برداری در موقع گرفتن عکس‌ها بایستی تقریباً در یک سطح قرار گیرند.

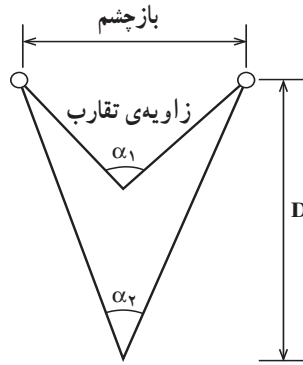
۲- مقیاس عکس‌های گرفته شده تقریباً بایستی یکسان باشد. هر چند تا ۱۵٪ تغییر مقیاس قابل تحمل بوده و چشم می‌تواند عمل ترکیب تصاویر را انجام دهد، لیکن ترجیح داده می‌شود که اندازه‌گیری‌هایی که روی مدل برجسته انجام می‌گیرد تغییر مقیاس بیش از پنج درصد نباشد.

۳- باز یا فاصله‌ی بین دو ایستگاه عکس برداری باید نسبت به فاصله‌ی بین دوربین عکس برداری تا زمین خیلی زیاد نباشد.

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

۱-۳-۳- تطابق: تغییر تحدب عدسی چشم را تطابق گویند. در نتیجه‌ی عمل تطابق است که ما می‌توانیم فواصل بین 15° میلی‌متر تا بی‌نهایت را به راحتی مشاهده کنیم. فاصله‌ی معمولی تطابق برای خواندن و نوشتن حدود 25° میلی‌متر است.

۲-۳-۳- تقارب: تلاقی شعاع‌های دید دو چشم در نقطه‌ی مشاهده را تقارب گویند. فاصله‌ی این عمل از 15° میلی‌متر تا بی‌نهایت امکان پذیر 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 25° درجه خواهد بود.



شکل ۴-۳- تقارب

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

$$\alpha_1 \neq \alpha_2$$

میزان اختلاف تقارب می‌تواند وضع دوری و نزدیکی جسم را مشخص کند و آن را زاویه‌ی

$$\alpha_1 - \alpha_2 = \beta$$

اختلاف پارالاکس (β) می‌نامند.

بین تقارب و تطابق رابطه‌ی $2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{E}{D}$ 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 توأمأ و به طور خودکار انجام می‌گیرد.

روش‌های ایجاد مدل برجسته

۱- محورهای دید متقاطع

۲- محورهای دید متقارب

۳- محورهای دید موازی

۱- محورهای دید متقاطع: همان‌گونه که از شکل ۵-۳ پیداست محورهای دید در فاصله‌ای

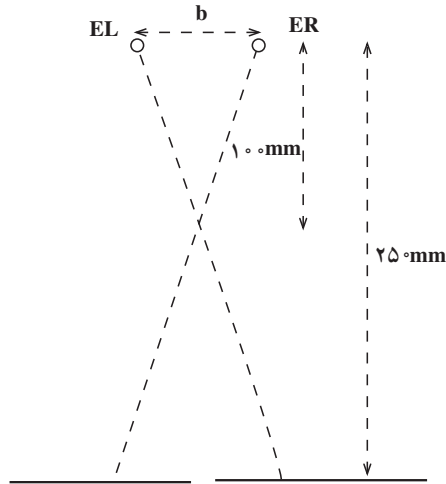
کم‌تر از فاصله‌ی تطابق چشم که 25° میلی‌متر است متقاطع شده‌اند. این نوع دید مستلزم آن است که

عمل تطابق و تقارب در دو فاصله‌ی متفاوت انجام گیرد. لذا تقارب در فاصله‌ی 10° میلی‌متر و

تطابق در فاصله‌ی 25° میلی‌متر انجام می‌گیرد. این شیوه در عمل کم‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد

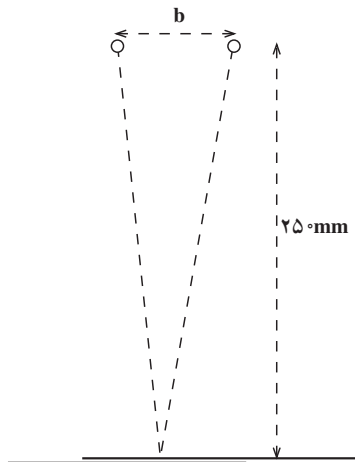
زیرا برای چشم خسته‌کننده است. مقدار b در شکل ۵-۳ برابر باز چشم می‌باشد.

بازچشم = b



شکل ۳-۵- دید متقاطع

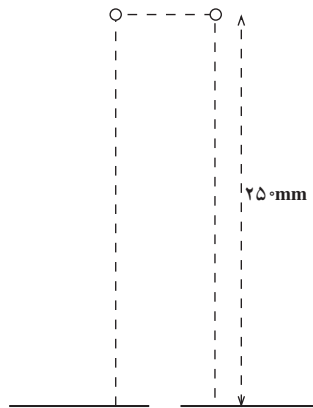
۲- محورهای دید متقارب: همان گونه که از شکل ۳-۵ پیداست فاصله‌ی تطابق و تقارب مساوی و برابر 25° میلی متر است. این نوع برجسته بینی را دید متقارب گویند. اشکالی که در این نوع دید وجود دارد آن است که باید دو عکس بر یکدیگر منطبق شوند. برای حل این مشکل باید یا عکس‌ها را بر روی هم چاپ کرد و یا به وسیله‌ای، آن‌ها را روی یکدیگر تصویر نمود.



شکل ۳-۶- دید متقارب

۳- محوره‌های دید موازی: مشاهده با محوره‌های دید موازی با استفاده و یا بدون استفاده از لوازم اپتیکی امکان‌پذیر است که در زیر هر یک را شرح می‌دهیم.

الف- بدون استفاده از لوازم اپتیکی: شکل ۳-۷ دید محوره‌های موازی را نشان می‌دهد. بدون استفاده از لوازم اپتیکی تقارب در بی‌نهایت و تطابق در فاصله 25° میلی‌متری صورت می‌گیرد. در این روش جداسدگی 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.

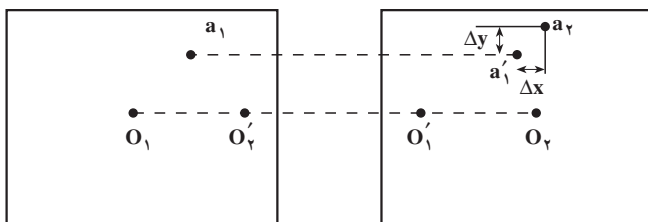


شکل ۳-۷- دید موازی

ب- 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 محوره‌های 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.

۴-۳- برجسته‌بینی عکس‌ها

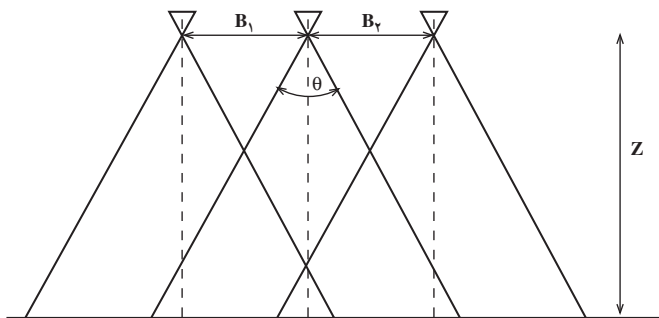
اگر به‌جای مشاهده‌ی یک منظره‌ی طبیعی به عکس‌هایی که از دو ایستگاه با باز B از آن منظره گرفته شده است نگاه کنیم، به‌طور قابل قبولی از عکس دوبردی، دید سه بعدی خواهیم داشت. برای این‌که تصویر بر روی شبکه‌ی قابل رؤیت باشد، باید با توجه به شکل ۳-۸، شرایط زیر برقرار شود:



شکل ۸-۳

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

۲- 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 عکس برداری و Z فاصله‌ی شیء و خط حاصل از اتصال دو ایستگاه عکس برداری 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 ۹-۳

۳- برای برجسته‌بینی باید مقیاس دو عکس تقریباً یکی باشد. البته اختلاف مقیاس تا ۱۵٪ دید برجسته‌بینی را از بین نخواهد برد اما 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 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).

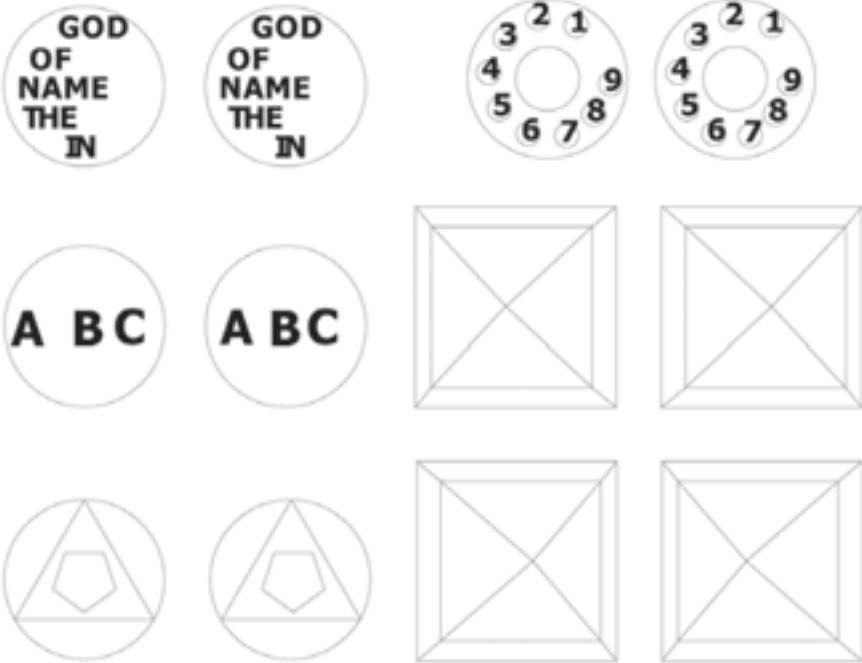
خودآزمایی

- ۱- باز چشم را تعریف کنید و بگویید مقدار باز برای افراد معمولی چه مقدار است؟
- ۲- زاویه‌ی تقارب را تعریف کنید.
- ۳- فاصله‌ی هر نقطه تا محور باز چشم را چه می‌نامند؟
- ۴- اگر زاویه‌ی تقارب نقطه‌ی B برابر $\hat{\beta}$ و زاویه‌ی تقارب نقطه‌ی A برابر $\hat{\alpha}$ باشد، به طوری که $\hat{\beta} > \hat{\alpha}$ ، کدام یک از دو نقطه‌ی A یا B در عمق کم‌تری نسبت به چشم‌ها واقع است؟
- ۵- قدرت تفکیک را تعریف کنید.
- ۶- دید دو چشمی و برجسته‌بینی از عکس‌ها چگونه است؟
- ۷- برای برجسته دیدن یک زوج عکس احتیاج به چه خصوصیتی است؟ چهار مورد را بگویید.
- ۸- تطابق را تعریف کنید و بگویید بین چه فواصلی انجام می‌شود.
- ۹- تقارب را تعریف کنید.
- ۱۰- روش‌های ایجاد مدل برجسته را نام ببرید.
- ۱۱- برای برجسته‌بینی اختلاف مقیاس عکس‌ها از چند درصد نباید بیش‌تر باشد که چشم خسته نشود؟

فعالیت عملی

۱- هر هنرجو به کمک خط کش و آینه باز چشم خود را اندازه گیری نماید. (در مقابل آینه ایستاده و با قرار دادن خط کش در مقابل چشم، فاصله بین دو مردمک را اندازه گیری کنید.)

۲- تمرین برجسته بینی با ایجاد دید موازی بدون استفاده از استرئوسکوپ.



برای برجسته بینی 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 برجسته بینی ممکن می شود و عمق تصاویر نسبت به هم معین می گردد.

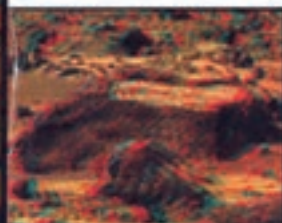
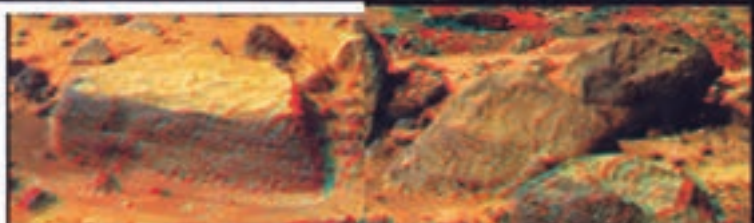
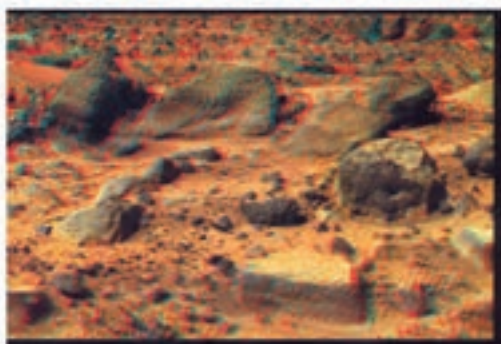
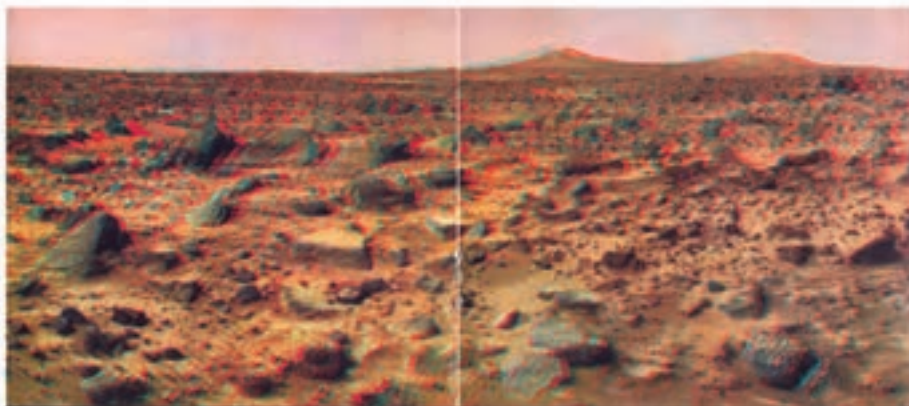
۳- برجسته بینی متقارب با استفاده از تصاویر

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 سبزی را با شیشه سبزی مشاهده نمود. به این صورت دو تصویر به صورت مجزا توسط دو چشم مشاهده شده و سه بعدی دیده می‌شود.



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:

- ۱- انواع استرنوسکوپ را نام ببرد؛
- ۲- باز چشم را تعریف کند؛
- ۳- قسمت‌های مختلف انواع استرنوسکوپ را نام ببرد؛
- ۴- طرز کار استرنوسکوپ آینه‌دار را شرح دهد؛
- ۵- اختلاف منظر (پارالاکس) را تعریف کند؛
- ۶- طرز اندازه‌گیری اختلاف پارالاکس دو نقطه را شرح دهد؛
- ۷- قسمت‌های مختلف «پارالاکس بار» را نام ببرد؛
- ۸- طرز کار پارالاکس بار را شرح دهد؛
- ۹- طرز به‌وجود آمدن «نقطه‌ی شناور» را توضیح دهد؛
- ۱۰- قسمت‌های مختلف پارالاکس‌بار را ذکر کند؛
- ۱۱- طرز کار پارالاکس‌بار همراه با استرنوسکوپ را شرح دهد؛
- ۱۲- فرمول‌های نهایی مربوط به اختلاف منظر را بنویسد؛
- ۱۳- فرمول تعیین ارتفاع به کمک اختلاف منظر را بنویسد؛
- ۱۴- رسم منحنی میزان به کمک استرنوسکوپ و پارالاکس‌بار را شرح دهد.
- ۱۵- 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 انکساری برد و اصول تاریکخانه را شرح داد و در مورد قسمت‌های مختلف چشم بحث کرد. رساله نور ابن هیثم نفوذ زیادی در اروپا گذاشت. کارهای وی توسط کمال‌الدین فارسی پیگیری شد.

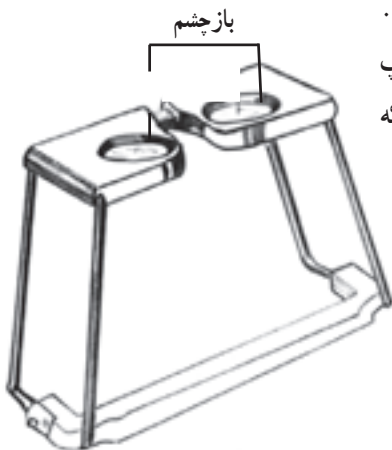
۱-۴- استرئوسکوپ و انواع آن

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 مشاهده‌کننده 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.

۱- استرئوسکوپ جیبی، ۲- استرئوسکوپ آینه‌دار.

۱-۴-۱- استرئوسکوپ جیبی: استرئوسکوپ

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



شکل ۱-۴- 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 ۱-۴- استرنوسکوپ جیبی

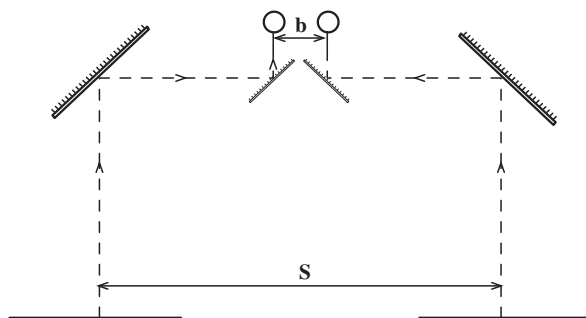
بزرگ‌نمایی عدسی‌هایی که در این استرنوسکوپ‌ها به کار می‌رود حدود $2/5$ برابر است. اگر فاصله‌ی کانونی عدسی 10° میلی‌متر باشد، فاصله‌ی بین دو نقطه‌ی مشابه در این روش 25° میلی‌متر است.

$$\text{بزرگ‌نمایی} = \frac{25^\circ}{f} = \frac{25^\circ}{10^\circ} = 2/5$$

شکل ۱-۴- یک نمونه استرنوسکوپ جیبی را نشان می‌دهد.

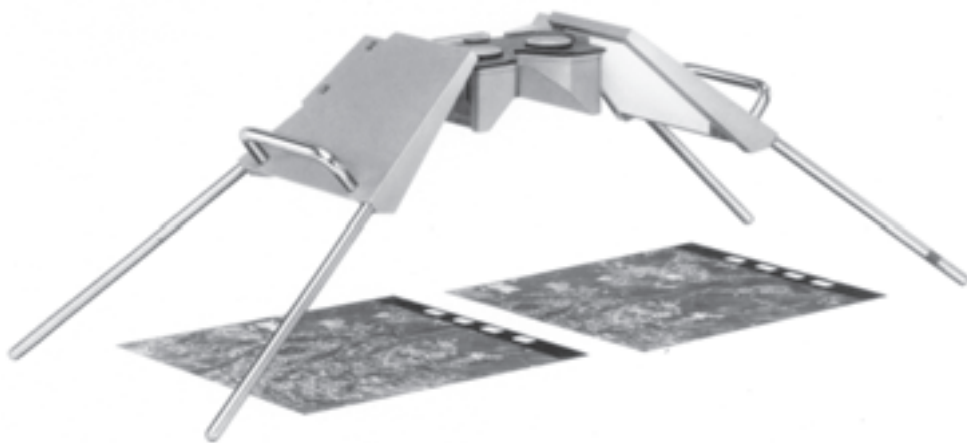
۲-۱-۴- استرنوسکوپ آینه‌دار: این نوع استرنوسکوپ علاوه بر دو عدسی، چهار آینه نیز دارد که دوتای آن بزرگ و دوتای آن کوچک است و آینه‌ها دو به دو (یکی بزرگ و دیگری کوچک) با هم موازی‌اند و آینه‌های هم اندازه عمود بر یکدیگر واقع شده‌اند. شکل ۲-۴ اساس

ساختمان استرنوسکوپ 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 استرنوسکوپ قرار گیرند، لذا اشکالی که برای استرنوسکوپ جیبی بود برای استرنوسکوپ آینه‌دار وجود نخواهد داشت.



شکل ۴-۲

استرنوسکوپ 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 آسیب دیدن محفوظ بماند. شکل ۴-۳ استرنوسکوپ آینه‌دار را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۳

با استفاده از آینه، فاصله‌ی بین دو نقطه‌ی مشابه از دو عکس افزایش یافته و از 25° تا 35° میلی‌متر تغییر خواهد کرد. هرگاه فاصله‌ی کانونی عدسی f باشد، بزرگ‌نمایی عدسی طبق تعریف برابر با $\frac{25^\circ}{f}$ خواهد بود. در این نوع استرئوسکوپ طول مسیر اشعه از عکس تا عدسی حدود 300 میلی‌متر است. این فاصله همان فاصله‌ی کانونی عدسی‌های به کار رفته است.

$$\text{بزرگ‌نمایی} = \frac{25^\circ}{f} = \frac{25^\circ}{300} = 0/8$$

در این جا بزرگ‌نمایی $0/8$ است و تصویر نه تنها بزرگ نمی‌شود بلکه به اندازه‌ی $0/8$ 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 ۴-۴).

دوربین‌های چشمی برای بزرگ‌نمایی روی استرئوسکوپ‌ها سوار می‌شود.



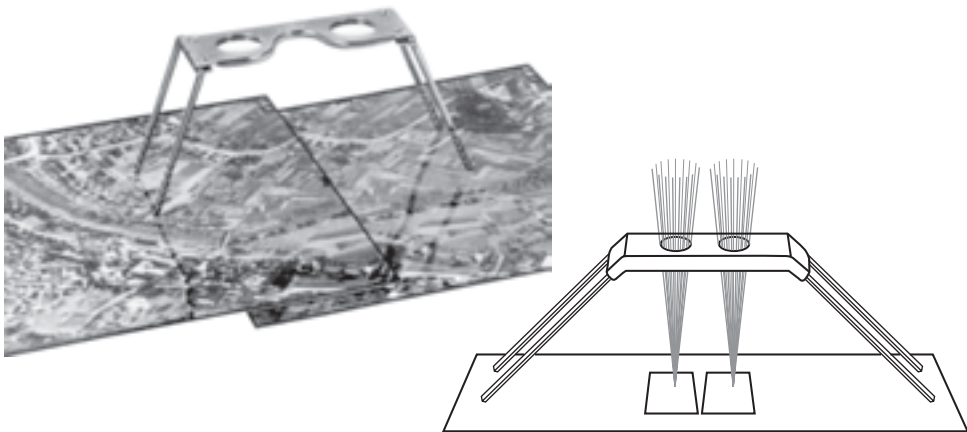
شکل ۴-۴

۲-۴- نحوه‌ی استفاده از استرنوسکوپ

۱-۲-۴- طرز کار با استرنوسکوپ جیبی: در استرنوسکوپ جیبی فاصله‌ی مرکز

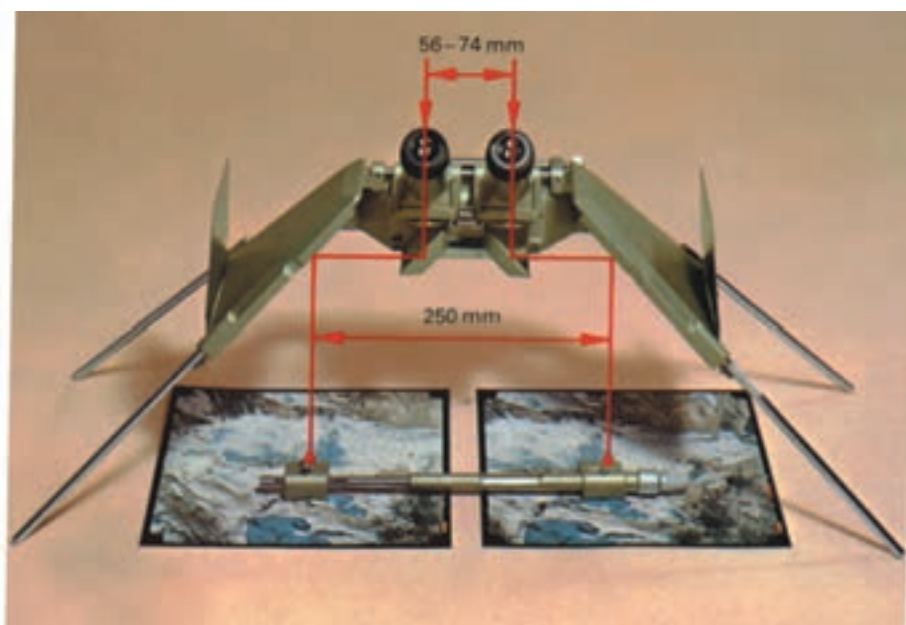
عدسی‌ها از یک‌دیگر متغیر و از ۵۵ الی ۷۵ میلی‌متر می‌باشد، یعنی معادل فاصله‌ی بین دو مردمک چشم که برای افراد مختلف متفاوت است. چنان‌که می‌دانید فاصله‌ی متوسط بین دو چشم یا باز چشم حدود ۶۵ میلی‌متر است.

برای کار با استرنوسکوپ آن را روی میز مستقر می‌کنیم و دو عکس را به‌گونه‌ای روی میز و زیر استرنوسکوپ 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 استرنوسکوپ 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 باز چشم 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 به نظر نمی‌آید با چرخاندن ملایم عکس‌ها در جهت مناسب آن را به وضعی درآوریم تا برجسته دیده شود در شکل ۴-۵ استرنوسکوپ جیبی و یک طرح از آن را مشاهده می‌کنید.



شکل ۴-۵

۲-۲-۴- طرز کار با استرنوسکوپ آینه‌دار: مراکز عکس‌ها را به طریقی که قبلاً اشاره شد با کمک فیدوشل مارک‌ها به دست می‌آوریم و مرکز هر عکس را بر روی عکس دیگر منتقل می‌کنیم، به طوری 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 90° میلی‌متر است). سپس عکس‌ها را به گونه‌ای روی میز قرار می‌دهیم که خط پرواز تقریباً موازی لبه‌ی میز باشد و دستگاه استرنوسکوپ را روی عکس‌ها به حالتی که باز چشم موازی خط پرواز باشد قرار می‌دهیم. دو عدسی چشم استرنوسکوپ با چشم و باز چشم قابل تنظیم است. با قرار دادن چشم‌ها روی عدسی‌های چشمی فاصله‌ی عدسی‌ها را با باز چشم خود هم اندازه می‌کنیم و چشمی‌ها را به گونه‌ای می‌چرخانیم که عدسی‌ها مناسب دید چشم ناظر شود. در حالی که در عدسی‌ها نگاه می‌کنیم دو عکس، زیر استرنوسکوپ 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 ۴-۶).



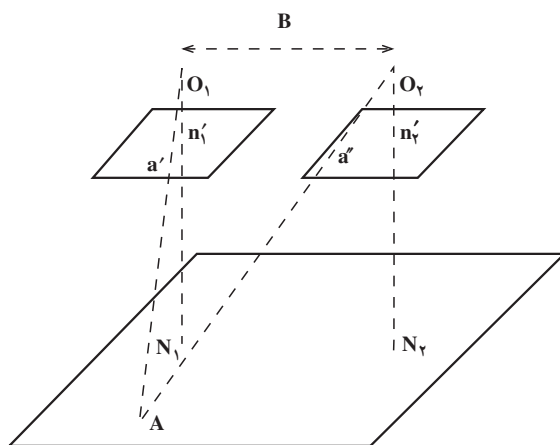
شکل ۴-۶

۴-۳- اختلاف منظر (پارالاکس)

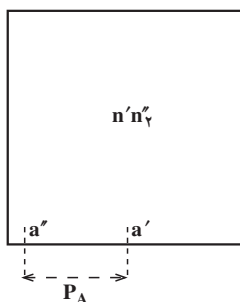
۴-۳-۱- تعریف پارالاکس: تغییر مکان تصویر یک نقطه را بر روی دو عکس متوالی،

به منظور تغییر ایستگاه دوربین عکس برداری، پارالاکس گویند.

زمانی که از دو ایستگاه با فاصله B (باز عکس برداری) به طور متوالی عکس برداری 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 ۴-۷ شیء A دارای تصویر a' در عکس سمت چپ و تصویر a'' در عکس سمت راست می‌باشد.



شکل ۴-۷



شکل ۴-۸

طبق شکل ۴-۸ اگر دو عکس چپ و راست

را طوری روی یکدیگر قرار دهیم که دو نقطه‌ی نادیر n'_1 و n'_2 برهم منطبق باشند، فاصله‌ی $a'a''$ را پارالاکس استرنئوسکوپی نقطه‌ی A گویند که معمولاً آن را با حروف اختصاری P_A مشخص می‌کنند.

۱- در کارهای فتوگرامتری نقاط واقع در عکس یا صفحه، تصویر چپ را با علامت پریم (-) و راست را با علامت زگونند

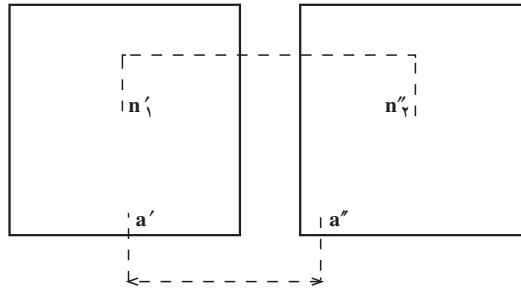
(') نشان می‌دهند.

اکنون دو عکس چپ و راست را همان گونه که بایست با استرئوسکوپ مشاهده کرد، از یکدیگر دور می‌نماییم. در شکل ۹-۴ به وضوح دیده می‌شود که پارالاکس استرئوسکوپی نقطه‌ی A

عبارت است از

$$P_A = a'a' - n'n'$$

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



شکل ۹-۴

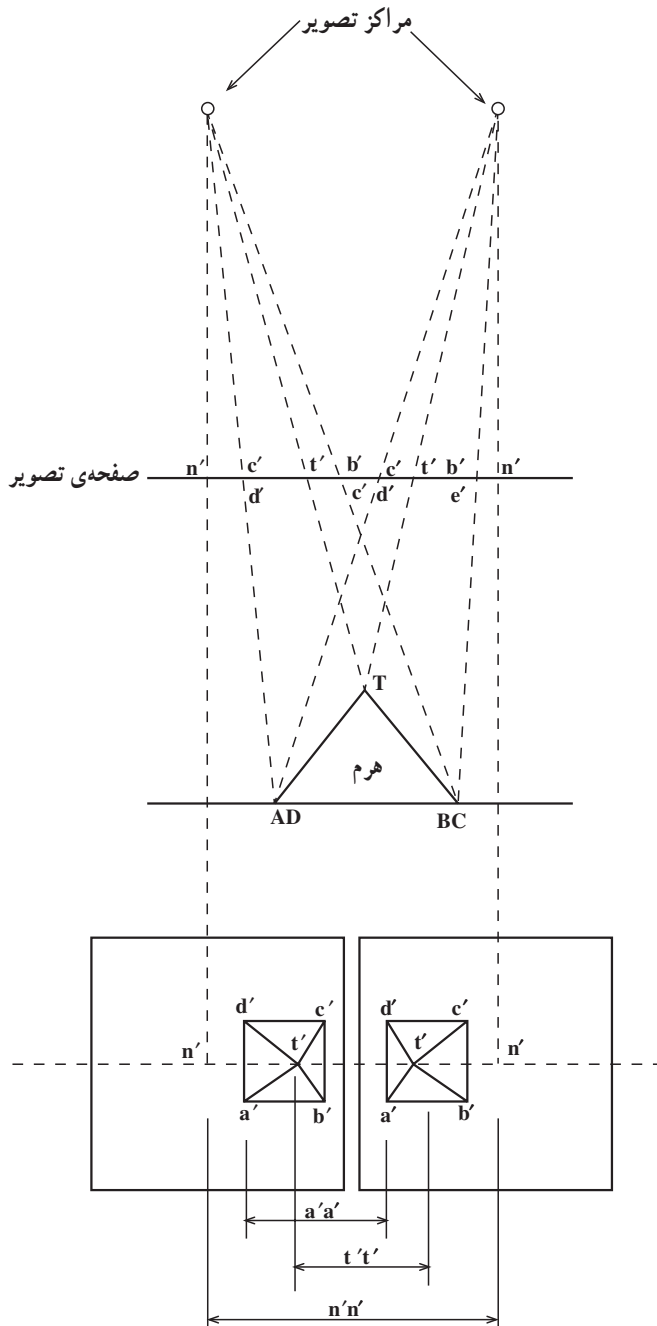
۲-۳-۴- اختلاف پارالاکس دو نقطه: در شکل ۱۰-۴ دو تصویر از یک هرم نشان داده شده است. هرگاه دو عکس را بر روی یکدیگر قرار دهیم پارالاکس نقطه‌ی T برابر $t't'$ و پارالاکس نقطه‌ی A برابر $a'a'$ بوده و مسلم است که $a'a'$ برابر $t't'$ نمی‌باشد.

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

اما 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 این رو 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 ۱۰-۴، اندازه‌گیری



شکل ۱۰-۴- اختلاف پارالاکس x

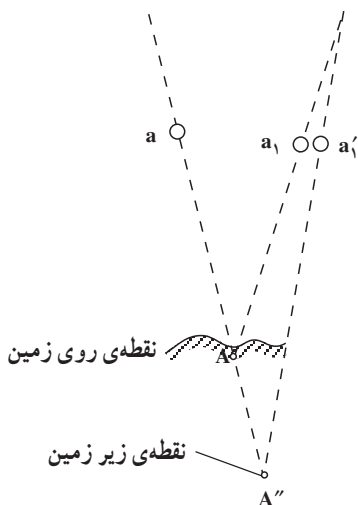
کرده، سپس در فرمول زیر قرار داد.

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

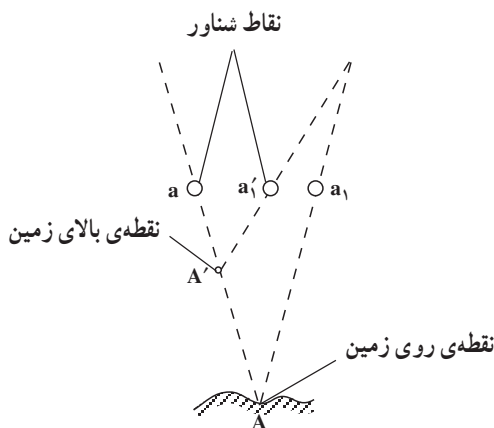
چنان که در رابطه‌ی صفحه‌ی قبل دیده می‌شود فاصله‌ی مراکز دو عکس یعنی $n'n'$ حذف شده و کافی است برای به دست آوردن اختلاف پارالاکس استرئوسکوپی دو نقطه، فقط فواصل تصاویر این دو نقطه را از یکدیگر کم کنیم. اگر با خط کش $a'a'$ و $t't'$ را اندازه‌گیری نماییم داریم: میلی متر $a'a' = 18$ و میلی متر $t't' = 16$ ، اما 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.

۴-۴-۴ اساس نقطه‌ی شناور (Floating Mark)

همان گونه که در مبحث قبل گفتیم پارالاکس هر نقطه را می‌توان به کمک یک خط کش 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. به وجود آمدن نقطه‌ی شناور از آزمایش زیر نتیجه‌گیری می‌شود: شکل ۴-۱۱ نقطه‌ی شناور را به صورت $(^\circ)$ و یا $(+)$ نمایش می‌دهد. اگر شعاع‌های دید خود را بر روی نقطه‌ی A متمرکز کنیم در این صورت دو مارک (نقطه‌ی شناور) a و a_1 که در مسیر نوری نقطه‌ی A قرار گرفته‌اند به صورت یک نقطه بر روی نقطه‌ی A دیده می‌شوند.



شکل ۴-۱۲



شکل ۴-۱۱

حال اگر یکی از نقطه شناورها، مطابق شکل ۴-۱۱، مثلاً نقطه‌ی a_1 به طرف نقطه‌ی a حرکت کند و در جایی متوقف شود که نقطه‌ی a'_1 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 به صورت یک نقطه‌ی واحد و منطبق بر زمین مشاهده کرد. هرگاه یکی از این نقاط را به سمت نقطه‌ی دیگری یا به سمت مخالف آن حرکت دهیم نقطه‌ی شناور بالای زمین و یا زیر زمین دیده خواهد شد. در شکل ۴-۱۲ نقطه‌ی شناور، زیر زمین به نظر می‌رسد. معمولاً چشم انسان، از نظر فیزیولوژیکی، نسبت به این که 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.

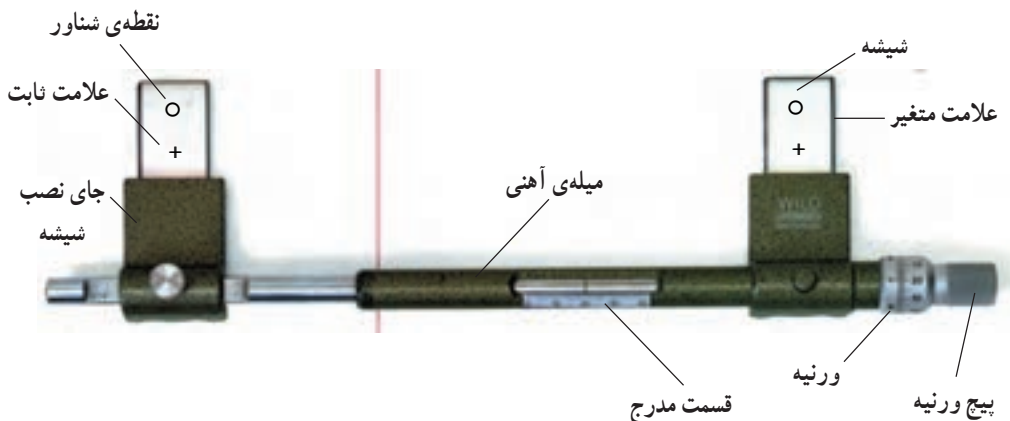
۴-۵- اندازه‌گیری اختلاف منظر

اندازه‌گیری اختلاف منظر اساساً با پارالاکسبار Parallax-bar و استرنوسکوپ انجام می‌گیرد. ۴-۵-۱- ساختمان پارالاکسبار و اندازه‌گیری اختلاف منظر: پارالاکسبار شامل دو قطعه شیشه‌ی مستطیل شکل است که روی هر کدام از شیشه‌ها یک نقطه‌ی اندازه‌گیر یا نقطه‌ی شناور مانند شکل ۴-۱۳ حک شده است.



شکل ۴-۱۳

تذکر: با استفاده از پارالاکسبار و استرنوسکوپ می‌توان دو نقطه‌ی اندازه‌گیر را به صورت یک نقطه‌ی شناور مشاهده کرد. شکل ۴-۱۴ پارالاکسبار را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴-۴- ساختمان پارالاکسبار

این دو قطعه شیشه که حامل نقطه‌ی شناور است به یک میله‌ی فلزی متصل می‌باشند. طول این میله به وسیله‌ی 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 حد 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 قرائت بیش‌تر نشان دهنده‌ی ارتفاع 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 $10^\circ-4$ را نشان می‌دهد. با توجه به مطالب گفته شده اختلاف پارالاکس T و A چنین خواهد بود:

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

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

$$\Delta P_{AT} = M_A - M_T \quad (1)$$

۲-۵-۴- کار با پارالاکسبار همراه با استرنوسکوپ: مطابق شکل ۱۵-۴ ابتدا دو عکس مورد نظر 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 استرنوسکوپ 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 $0/1$ تا $0/001$ 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 آن است به‌طور تقریبی قرار گیرند. مثلاً کناره‌ی پشت بام یک ساختمان که



شکل ۱۵-۴

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 استرنوسکوپ 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 $\pm 0.3\%$ 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.

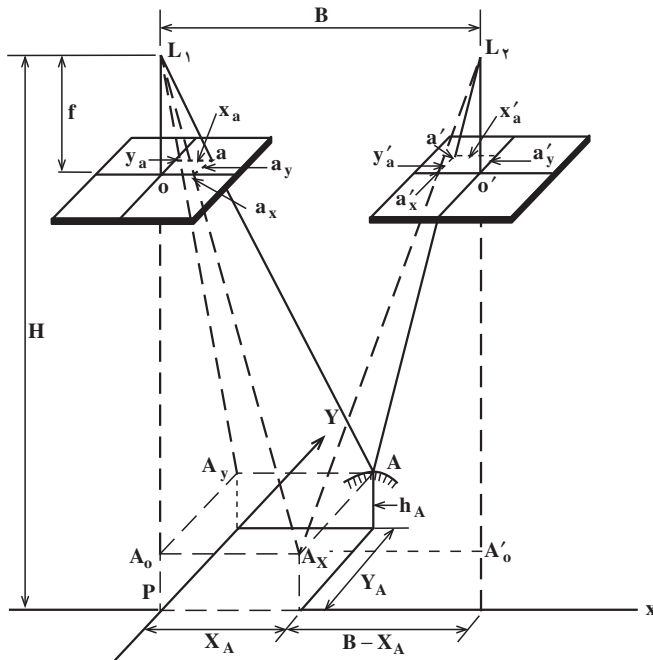
مسئله‌ی ۱: بوسیله‌ی پارالاکسبار قرائت نقاط A و T برابر 22mm و 18mm است اختلاف پارالاکس A و T را محاسبه کنید.

$$M_A = 22\text{mm} \quad M_T = 18\text{mm}$$

$$\Delta P_{AT} = M_A - M_T \quad \text{طبق رابطه‌ی (۱) داریم:}$$

$$\Delta P_{AT} = 22 - 18 = 4\text{mm}$$

۴-۶- معادلات مربوط به اختلاف منظر



شکل ۴-۱۶

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 می باشد. نقطه ی زمینی A در شکل ۴-۱۶ مشاهده می شود که دو تصویر a و a' را در عکس ها دارد. اکنون برای محاسبه ی مختصات زمینی نقطه ی A (X_A, Y_A) و ارتفاع نقطه ی A از سطح مبنا یعنی h_A ، از روابط زیر استفاده می نماییم:

$$X_A = B \frac{x_a}{P_a}$$

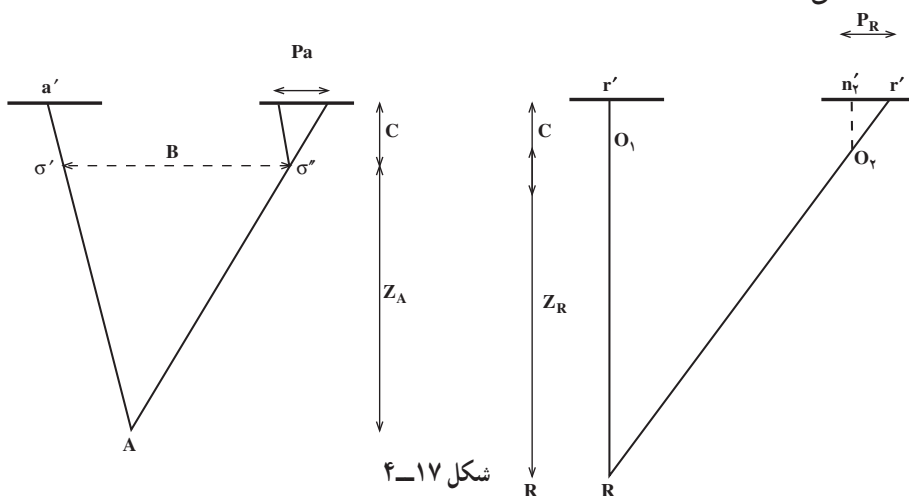
$$Y_A = B \frac{y_a}{P_a}$$

$$h_A = H - \frac{Bf}{P_a}$$

در رابطه های بالا نقطه ی A از سطح مبنا و H ارتفاع پرواز از سطح مبنا و B بازه ای و f فاصله ی کانونی دوربین عکس برداری و P_a پارالاکس نقطه ی A و X_A و Y_A مختصات زمینی نقطه ی A در سیستم مختصات اختیاری و x_a و y_a مختصات عکس نقطه ی a که در عکس سمت چپ اندازه گیری می شود.

۴-۷- تعیین ارتفاع به کمک اختلاف منظر

اختلاف ارتفاع دو منظر باعث اختلاف پارالاکس می شود. در مبحث قبل برای تعیین ارتفاع نقطه A ، یعنی h_A می بایست از پارالاکس نقطه و ارتفاع پرواز و بازه ای و فاصله ی کانونی دوربین استفاده کرد. اما در این جا، همان طور که قبلاً گفته شد، رابطه ی مستقیمی بین اختلاف پارالاکس و اختلاف ارتفاع وجود دارد. با توجه به شکل ۴-۱۷ اختلاف ارتفاع نقاط A و R از رابطه ی زیر به دست می آید:



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

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.

$$P_R = (11/52 + 11/53 + 11/52 + 11/51) / 4$$

$$P_R = 11/52$$

$$P_A = (13/76 + 13/74 + 13/74 + 13/76) / 4$$

$$P_A = 13/75$$

$$\Delta h = \frac{Z_R}{P_R} \times \Delta P_{AR} \quad \text{داریم:}$$

$$\Delta P_{AR} = P_A - P_R = 13/75 - 11/52 = 2/23 \text{ mm}$$

$$\Delta h = \frac{1500 \text{ m}}{11/52 \text{ mm}} \times 2/23 \text{ mm} = 290/36 \text{ m}$$

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

$$S = 1:20000 \quad C = 210 \text{ mm} = 0/21 \text{ m}$$

$$S = \frac{C}{Z} \quad \frac{1}{20000} = \frac{0/21}{Z}$$

$$Z = 4200 \text{ متر} \quad \Delta P_{AR} = P_A - P_R = 14 - 13/8 = 0/2 \text{ میلی‌متر}$$

$$\Delta h = \frac{Z_R}{P_R} \Delta P \quad \Delta h \approx \frac{Z_R}{P_R} \Delta P_{AR}$$

$$\Delta h = \frac{4200}{13/8} \times 0/2 = 60/86 \text{ m}$$

۸-۴- ترسیم منحنی میزان به کمک استرئوسکوپ و اختلاف منظر

ساده ترین روش تهیهی نقشه با استرئوسکوپ همراه با پارالاکسبار، بدین گونه است که برای اندازه گیری طول و عرض هر نقطه از مدل می توان نقطه ی شناور پارالاکسبار را روی آن نقطه برد و پس از برجسته کردن آن نقطه و مماس کردن نقطه ی شناور بر عارضه ی روی مدل، مختصات نقطه ی شناور را که مختصات آن عارضه نیز می باشد روی نقشه پیاده کرد؛ آن گاه با داشتن نقاط، عوارض مسطحاتی را رسم کرد که این عوارض مسطحاتی با دقت کم است.

اکنون برای ترسیم منحنی میزان های نقشه، نقاط بسیاری را به طور تقریبی، مثلاً هر ۱ سانت یک نقطه، به صورت نامنظم و یا به صورت منظم و شبکه مانند با مختصات x و y روی نقشه مشخص می کنیم و با نقطه ی شناور پارالاکسبار به کمک استرئوسکوپ روی نقاط رفته و پس از مماس کردن نقطه ی شناور پارالاکس نقطه را خوانده و ارتفاع آن را حساب کرده و کنار نقطه ای که مشخص کرده ایم یادداشت می کنیم. در ضمن همان طور که نقاط را به صورت شبکه قرائت می کنیم و پیش می رویم و پارالاکس هر کجا از زمین (عوارض روی مدل) را که حالت خاص دارد، مثلاً بلندترین نقطه مثل قله ها و روی تپه ها و گودال ها و کنار ترانشه ها و آبریزهای کوهستان ها و شیب ها، نیز خوانده و ارتفاع آن ها را محاسبه و یادداشت کرده و پس از آن که برای تمام سطح مدل نقطه داشتیم به طریق واسطه یابی Inter Polation بین دو نقطه، نقاط هم ارتفاع را یافته و به هم وصل می کنیم. مثلاً اگر بخواهیم در سطح نقشه، منحنی میزان ۲/۵ متری داشته باشیم و کم ترین ارتفاع ما حدود ۶۲ متر و بالاترین آن ۷۱ متر باشد منحنی های ۶۲/۵، ۶۵، ۶۷/۵ و ۷۰ را ترسیم می کنیم. اکنون منحنی هایی خواهیم داشت که هر یک نشان دهنده ی یک ارتفاع ثابت است. با نگاه کردن به شکل ۱۸-۴ مشاهده می کنیم که منحنی ترازها به منظور نشان دادن ناهمواری های سطح زمین می باشد. تجسم گودی ها و آبریزها و قله ها با دیدن منحنی میزان ها برای ما امکان پذیر است.



شکل ۱۸-۴- تصویر زمین و نقشه‌ی مربوط با منحنی میزان

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

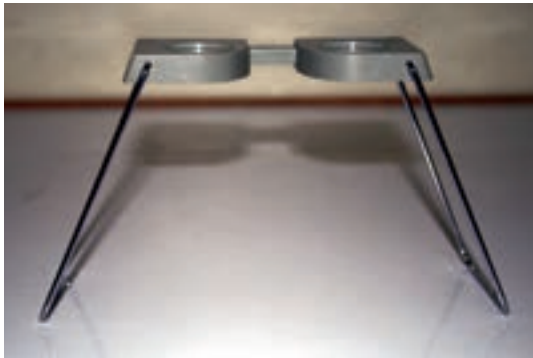


شکل ۱۹-۴

- ۱- برجسته نما (استرئوسکوپ) و انواع آن را نام ببرید.
- ۲- دستگاه استرئوسکوپ جیبی را شرح دهید.
- ۳- دستگاه استرئوسکوپ آینه دار را شرح دهید و طرح کلی آن را ترسیم کنید.
- ۴- چگونگی بزرگ نمایی استرئوسکوپ ها را با فرمول بنویسید و شرح دهید.
- ۵- طرز کار با استرئوسکوپ جیبی را بنویسید.
- ۶- طرز کار با استرئوسکوپ آینه دار را بنویسید.
- ۷- پارالاکس (منظر) را در یک خط تعریف کنید.
- ۸- پارالاکس استرئوسکوپی نقطه ای به نام A را در روی یک عکس و دو عکس نشان دهید.
- ۹- اختلاف پارالاکس (منظر) را توضیح دهید.
- ۱۰- چگونه اختلاف منظر باعث دید سه بعدی می شود؟
- ۱۱- نقطه ی شناور و اساس کار آن را توضیح دهید.
- ۱۲- ساختمان پارالاکسبار را شرح دهید.
- ۱۳- کار با پارالاکسبار همراه با استرئوسکوپ را شرح دهید.
- ۱۴- معادلات نهایی مربوط به اختلاف منظر را بنویسید و پارامترهای مورد استفاده در این معادلات را نام ببرید.
- ۱۵- شیوه ی ترسیم منحنی میزان به کمک استرئوسکوپ و پارالاکسبار را به اختصار بنویسید.
- ۱۶- پارالاکس نقطه ی R را پس از اندازه گیری با پارالاکسبار برابر ۱۶ میلی متر داریم. اگر ارتفاع پرواز در نقطه ی R 150° متر باشد و اختلاف ارتفاع دو نقطه ی A و R برابر 20° متر باشد مقدار ΔP_{AR} (اختلاف پارالاکس دو نقطه ی A و R) را محاسبه کنید.

الف) کار با استرنوسکوپ جیبی

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



- ۲- باز چشم خود را مطابق تمرین فصل قبل به دست آورید (اندازه‌گیری در مقابل آینه) سپس باز استرنوسکوپ را به اندازه باز چشم خود تنظیم کنید.

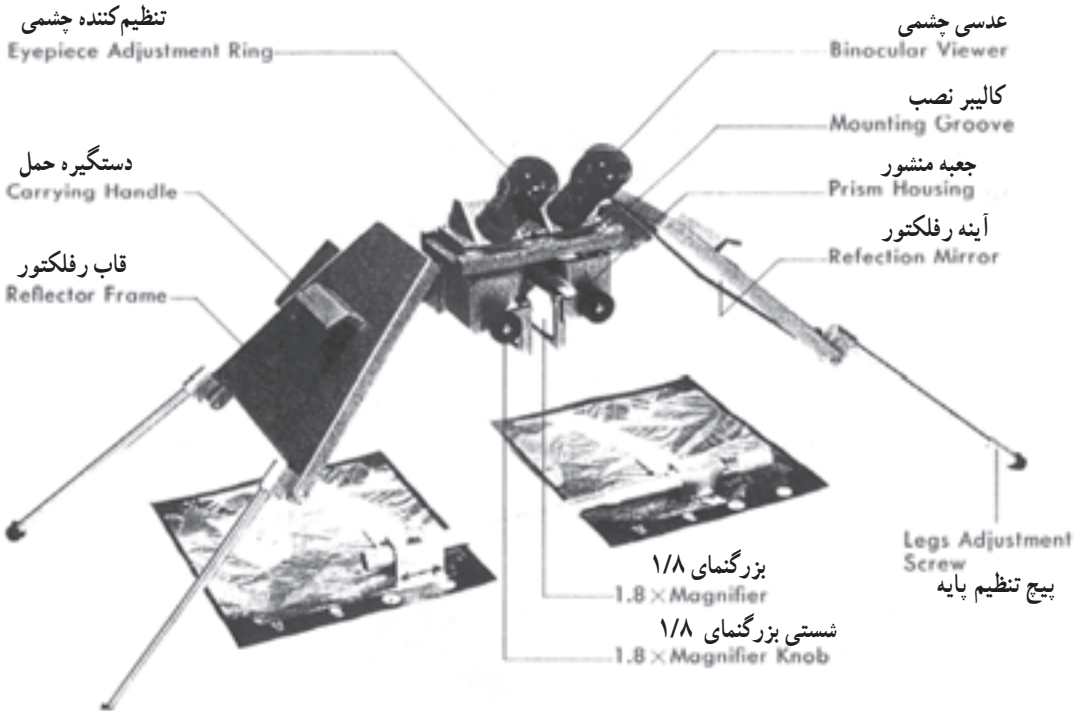


- ۳- با استرنوسکوپ جیبی زوج تصاویر زیر را برجسته ببینید. سپس عوارض را به ترتیب ارتفاعشان از کم به زیاد شماره‌گذاری کنید.

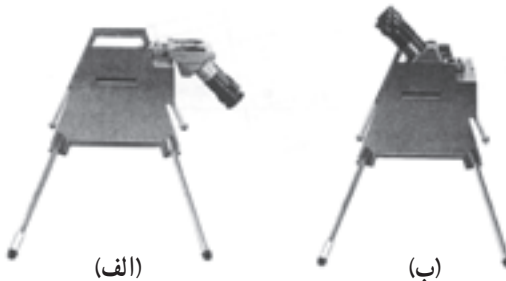


ب) کار با استرنوسکوپ آینه‌دار

قسمت‌های مختلف استرنوسکوپ به شرح شکل زیر است.



در مشاهده با استرنوسکوپ در حالت شکل (الف)، عامل می‌تواند کل مدل را مشاهده نماید زیرا بزرگ‌نمایی تصاویر یک برابر دیده می‌شوند و با استفاده از عدسی‌های بزرگ‌نمایی $1/8$ 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.

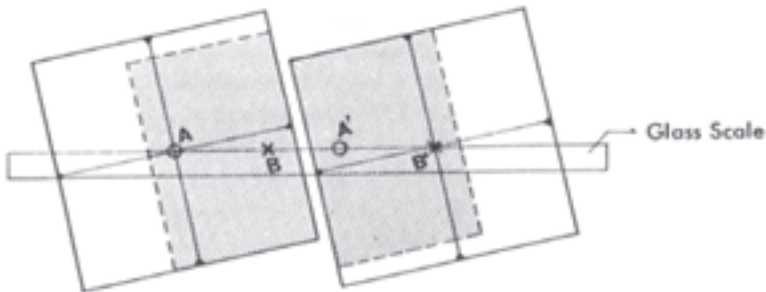
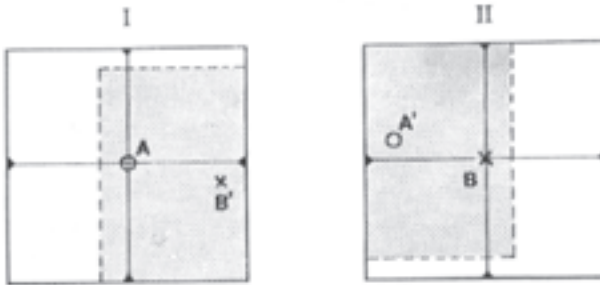


کار با استرنوسکوپ آینه دار سه مرحله دارد.

مرحله اول: آماده سازی عکس ها: در این مرحله با دقت بالا مراکز دو عکس به کمک فیدوشال مارک ها مشخص شده و با فشار آهسته نوک سوزن نقطه علامت زده می شود سپس با قرار دادن عکس در زیر استرنوسکوپ و ایجاد دید سه بعدی و مشاهده مرکز عکس (محل سوزن)، محل آن روی عکس دیگر نیز سوزن زده می شود و مطابق شکل زیر مراکز عکس ها روی هر دو عکس مشخص می شود.

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

عکس ها را باید طوری روی میز چسباند که فاصله هر مرکز عکس تا تصویرش روی عکس دیگر ۲۶ سانتی متر باشد. (برای استرنوسکوپ های (TOPCON)



مرحله‌ی دوم: برجسته‌بینی: استرنوسکوپ را باید طوری روی عکس‌ها قرار داد که امتداد مراکز عکس‌ها و مراکز عدسی‌ها با هم موازی باشند و برای ثابت دست‌گاه و لقی زدن آن از پیچ تنظیم پایه کمک می‌گیریم سپس استرنوسکوپ 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 بینیم.

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 مورد نظر 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.

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

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

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

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

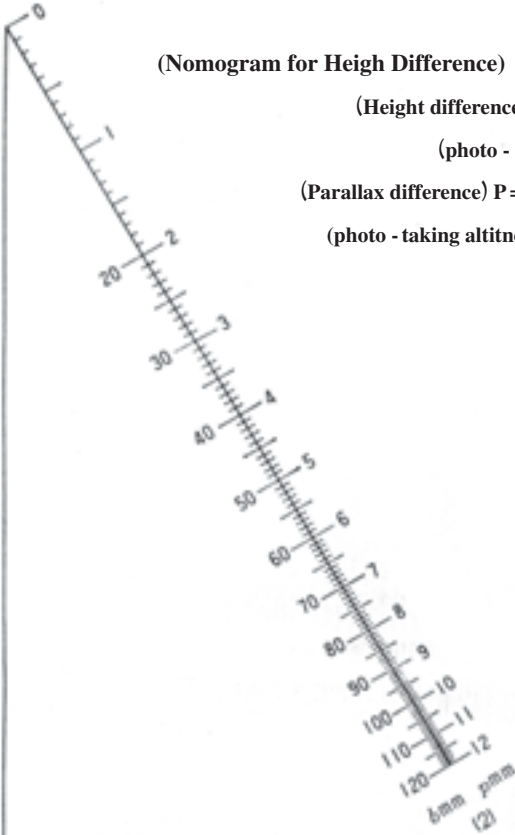
نمودار اختلاف ارتفاع (Nomogram for Height Difference)

(Height difference) h = ارتفاع اختلاف (m)

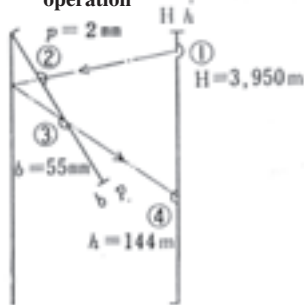
(photo - base) b = بازعکس (mm)

(Parallax difference) P = اختلاف پارالاکس (mm)

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



عملیات
operation



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 عکس برداری از مناطق مورد نظر و تعیین موقعیت زمینی نقاط کنترل (مینا)، عکس‌ها طی مراحل مفصلی تبدیل به نقشه می‌گردند. در این فصل شما با این مراحل آشنا می‌شوید.

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

- ۱- مراحل مختلف آماده‌سازی نقشه را به کمک فتوگرامتری نام ببرد؛
- ۲- مطالب مهم در برنامه‌ریزی پرواز به منظور عکس برداری را ذکر کند؛
- ۳- امکانات لازم جهت عکس برداری هوایی را نام ببرد؛
- ۴- مورد استفاده‌ی «اندکس پرواز» را ذکر کند؛
- ۵- رابطه‌ی بین مقیاس و فاصله‌ی کانونی و ارتفاع پرواز را بنویسد؛
- ۶- خصوصیات دوربین تصویر بردار را بیان کند؛
- ۷- موقعیت نقاط تالی را در عکس‌های هوایی تشخیص دهد؛
- ۸- مراحل کار تهیه را نام ببرد؛
- ۹- امکانات مورد نیاز برای عکس برداری هوایی را نام ببرد؛
- ۱۰- اطلاعاتی را که از یک اندکس پرواز به دست می‌آید نام ببرد؛
- ۱۱- مراحل کامل رسم اندکس را توضیح دهد؛
- ۱۲- منظور از ترانسفر نقاط را بیان کند؛
- ۱۳- تفاوت نقشه برداری زمینی و نقشه برداری هوایی (فتوگرامتری) را بنویسد؛
- ۱۴- با طراحی نقاط کنترل زمینی روی اندکس آشنا باشد؛

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

۱-۵- آماده‌سازی نقشه به کمک فتوگرامتری

مراحل تهیه نقشه به روش فتوگرامتری عبارت‌اند از:

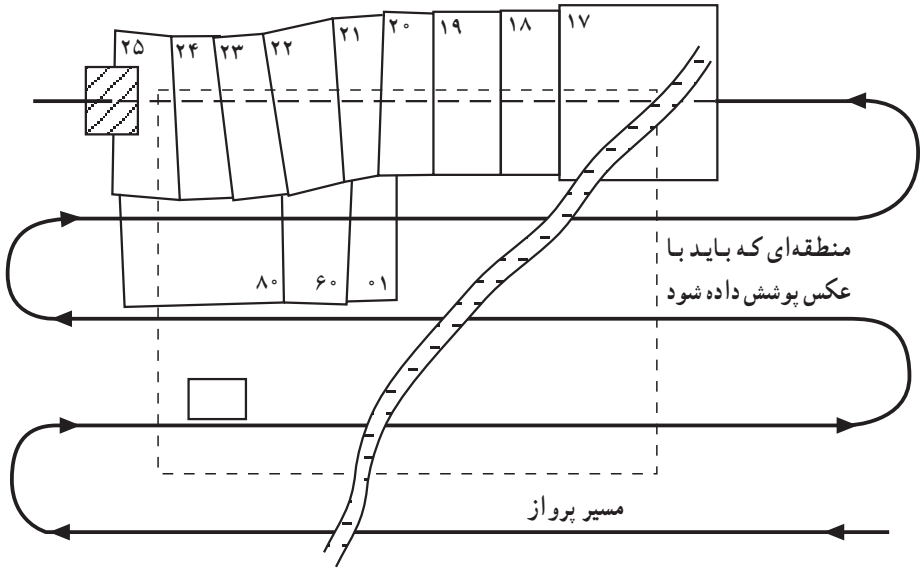
- ۱- پرواز، ۲- عکاسی، ۳- تهیه، ۴- طراحی نقاط کنترل زمینی، ۵- نقشه برداری، ۶- مثلث‌بندی، ۷- محاسبات فتوگرامتری، ۸- تبدیل، ۹- کارتوگرافی و ۱۰- چاپ.

۱-۱-۵- 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. 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.

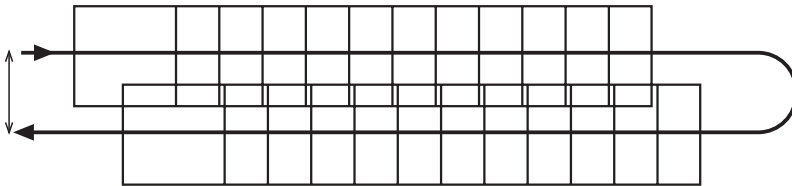
شکل ۱-۵ نشان دهنده‌ی یک نقشه‌ی ۱/۵۰۰۰۰ است که منطقه‌های مورد سفارش و مشخصات دیگر در آن دیده می‌شود و عکس‌های گرفته شده از نظر نمایشی مشخص شده است و

۱- این‌گونه نقشه‌ها در ناوبری کاربرد دارد.

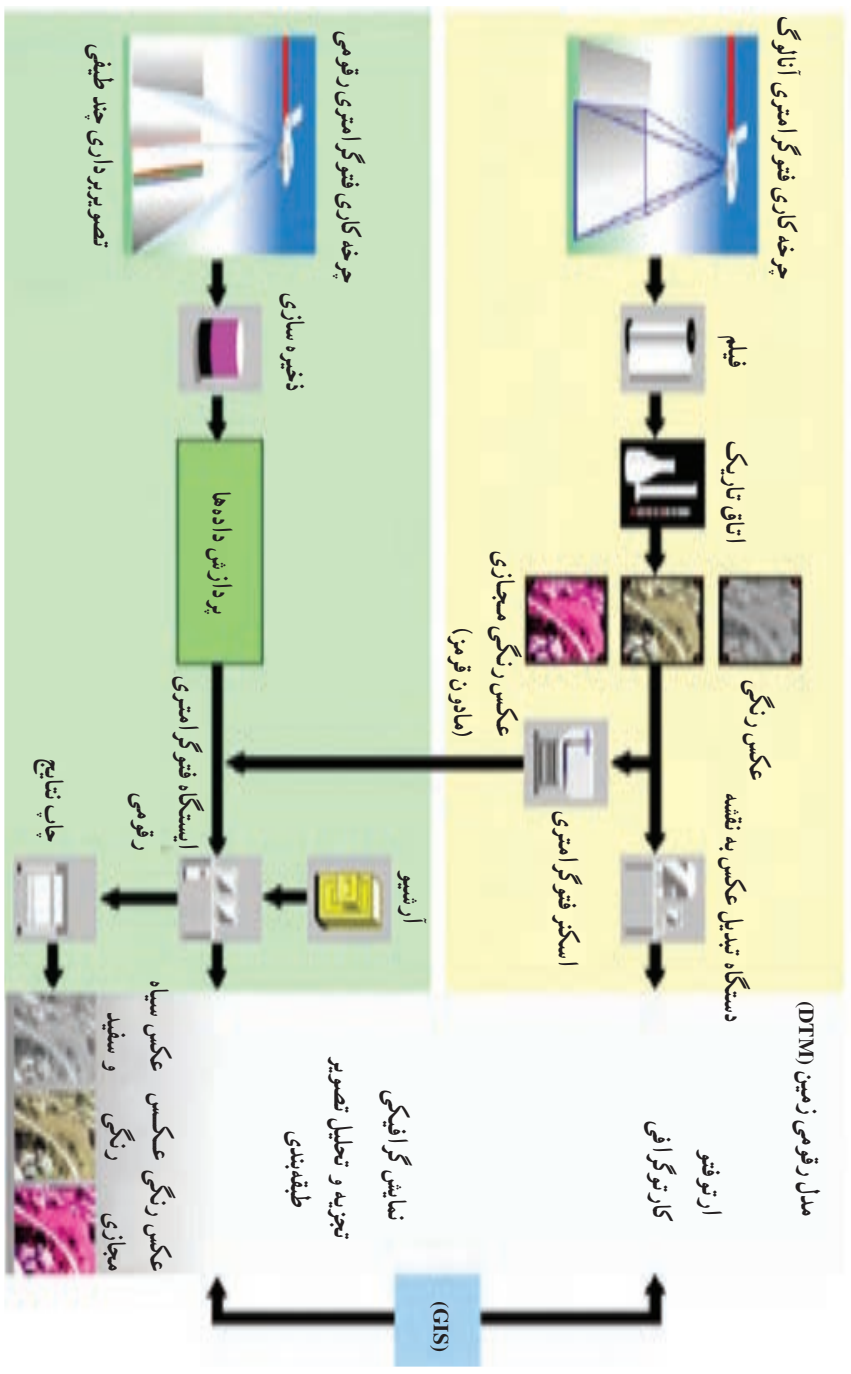
شکل ۵-۲ رن‌ها را که مدل‌ها روی آن‌ها مشخص شده است نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱

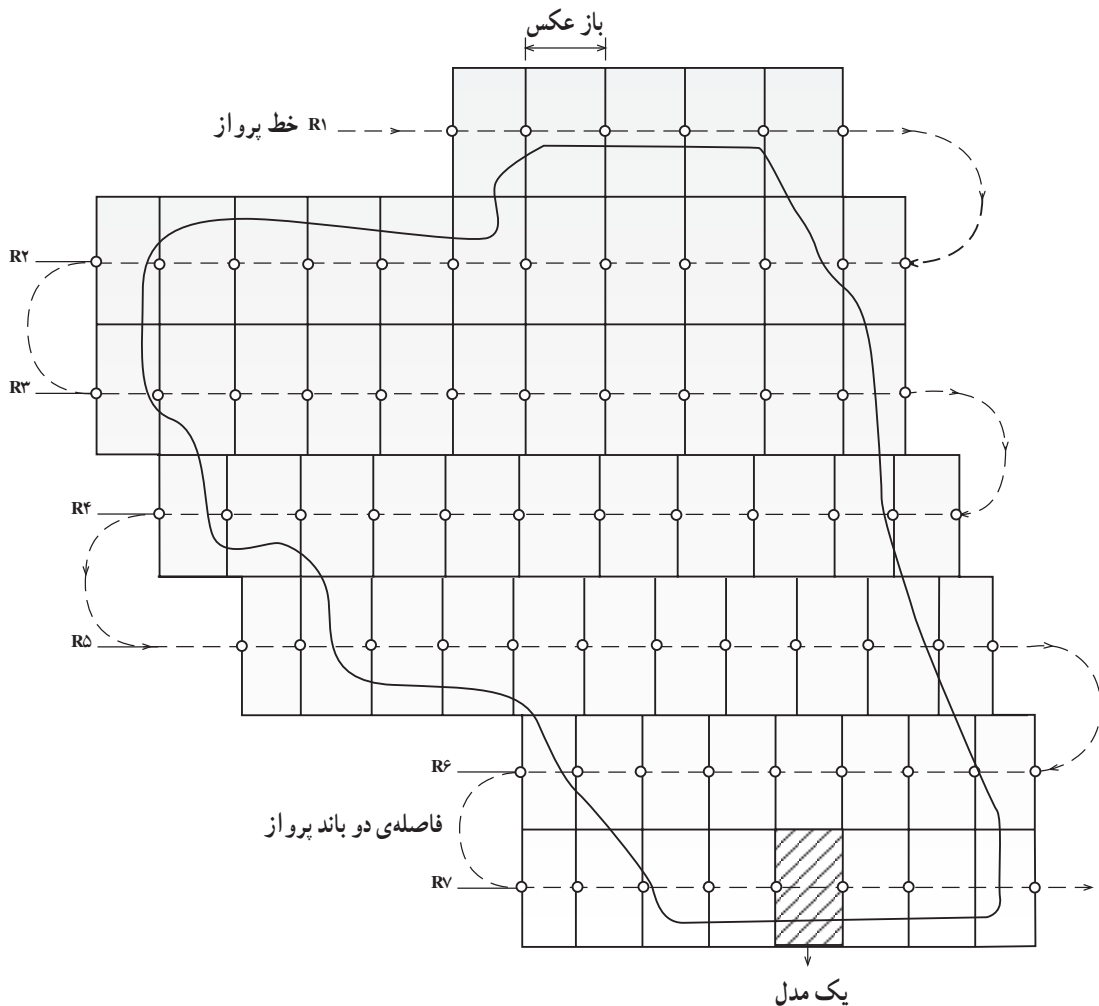


شکل ۵-۲



شکل ۳-۵

شکل ۵-۴ در زیر برای فهم مطلب می باشد.



شکل ۵-۴

۲-۱-۵- عکاسی: برای عکاسی به هواپیمای مخصوص و دوربین عکس برداری 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 عکس برداری، فاصله‌ی کانونی دوربین، جهت حرکت هواپیما، سرعت هواپیما، پوشش عکس‌ها، تعداد رن‌ها و تعداد حلقه‌های فیلم لازم مشخص شده است. در زیر به شرح هر یک از این موارد می‌پردازیم.

مقیاس عکس: مقیاس عکس باید طبق نظر سفارش دهنده انتخاب شود. ولی به طور معمول مقیاس عکس‌ها را حدود $\frac{1}{5}$ برابر مقیاس نقشه‌ی مورد نظر انتخاب می‌کنند. به طور مثال اگر درخواست‌کننده، نقشه‌ای به مقیاس $\frac{1}{3000}$ نیاز دارد باید از عکس‌های $\frac{1}{6000}$ استفاده کرد، ضمن این که باید دانست مقیاس عکس بستگی به وضع 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 به دست می‌آورند. فرمول مقیاس عکس را داریم $S = \frac{F}{H}$ و با انتخاب فاصله‌ی کانونی f و ارتفاع پرواز می‌توانیم مقیاس مطلوب خود را داشته باشیم. به طور مثال اگر منطقه‌ای دارای ارتفاعات بیش‌تری باشد معلوم است که باید ارتفاع پرواز را نیز بیش‌تر کرد. از این رو 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.

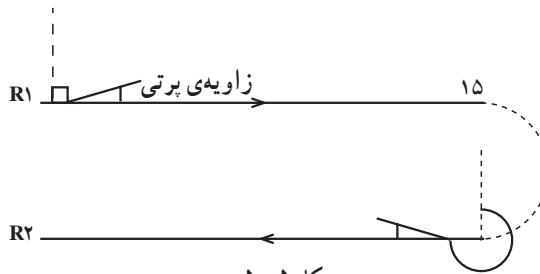
زمان عکس برداری: زمان پرواز و عکس برداری باید از نظر فصل و ساعتی از روز مشخص باشد؛ بدین خاطر معمولاً فصلی از سال را در نظر می‌گیرند که مشاهده‌ی سطح زمین از بالا به خوبی امکان‌پذیر باشد و یا هوای منطقه از نظر جوی در وضعیت مساعدی قرار داشته باشد. از نظر ساعت هم معمولاً ساعتی از روز را انتخاب می‌کنند که زاویه‌ی تابش خورشید 30° درجه باشد. در یک فصل و یک روز ممکن است این 30° درجه در ساعت ۸ صبح باشد و در فصل و روز دیگری ساعت ۱۱ صبح برای مناطق دشت، با حداقل زاویه‌ی تابش 20° درجه هم می‌توان عکس برداری کرد.

دوربین عکس برداری: امروزه از دوربین‌های هوایی مجهزی برای عکس برداری استفاده می‌شود. این دوربین‌ها به گونه‌ای دقیق طراحی شده‌اند که زمان عکس برداری را بسیار کوتاه می‌کند، دیافراگم و شاتر آن سریع عمل کرده و در زمان $\frac{1}{3000}$ تا $\frac{1}{10000}$ ثانیه عکس می‌گیرد. به همین 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 عکس برداری است که تأثیر خوب یا بد آن در مراحل بعدی بسیار مؤثر است، بنابراین کیفیت عکس برداری و چاپ عکس‌های واضح و خوب برای دقت کار بسیار مهم است.

هنگام عکس برداری مشخصات لازم از جمله فاصله‌ی کانونی دوربین، ساعت عکس برداری

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.

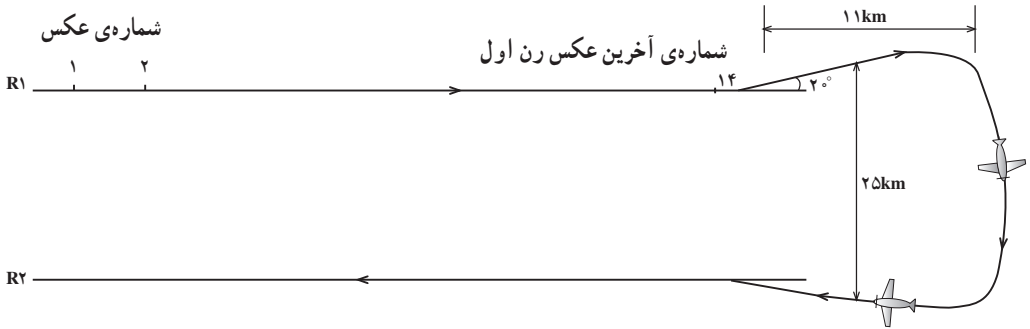
در شروع کار، گروه پرواز، سرعت هواپیما و ارتفاع پرواز را برای خلبان مشخص می‌کند. آن‌گاه با در نظر گرفتن جهت حرکت هواپیما از ابتدای رن اول طبق نقشه‌ی طراحی شده پرواز شروع شده و عامل عکس‌برداری با چشم‌های دوربین‌هایی که تا چند کیلومتر جلوتر را نشان می‌دهد زمین را نگاه کرده و با توجه به نقشه و نسبت به عوارض، 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^۱ مجاز هواپیما از خط پرواز [که نسبت به جهت پرواز 9° یا 27° مانند شکل ۵-۵ مقایسه شود] دستور گرفتن عکس بعدی را می‌دهد.



عکس‌برداری رن اول که تمام شد برای دور زدن و شروع کار رن دوم مطابق شکل ۵-۶ باید از رن اول یک زاویه‌ی حدود 2° از خط پرواز ایجاد کرده و در مقیاس $1:40000$ در انتهای رن اول (R_۱) ۱۱ کیلومتر پرواز را ادامه می‌دهند و دور می‌شوند و سپس هواپیما دور می‌زند و برمی‌گردد به طرف پرواز رن دوم (R_۲) که موازی رن اول است و حدود 2° تا 25 کیلومتر با رن اول فاصله می‌گیرد.^۲ 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 به صورت هر چند رن که لازم باشد می‌پوشانند. سپس حلقه‌های فیلم را به مرکز اصلی فرستاده و یک

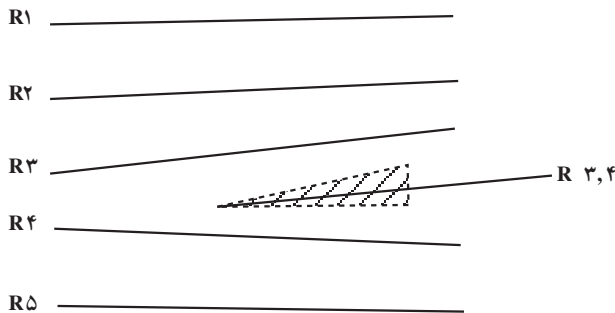
۱- زاویه‌ی پرتی drift

۲- اگر مقیاس عکس‌برداری $1:10000$ باشد به جای ۱۱ کیلومتر به ۳ کیلومتر و فاصله‌ی رن دوم با رن اول به جای ۲۵ کیلومتر مقدار 10 کیلومتر را در نظر می‌گیرد.



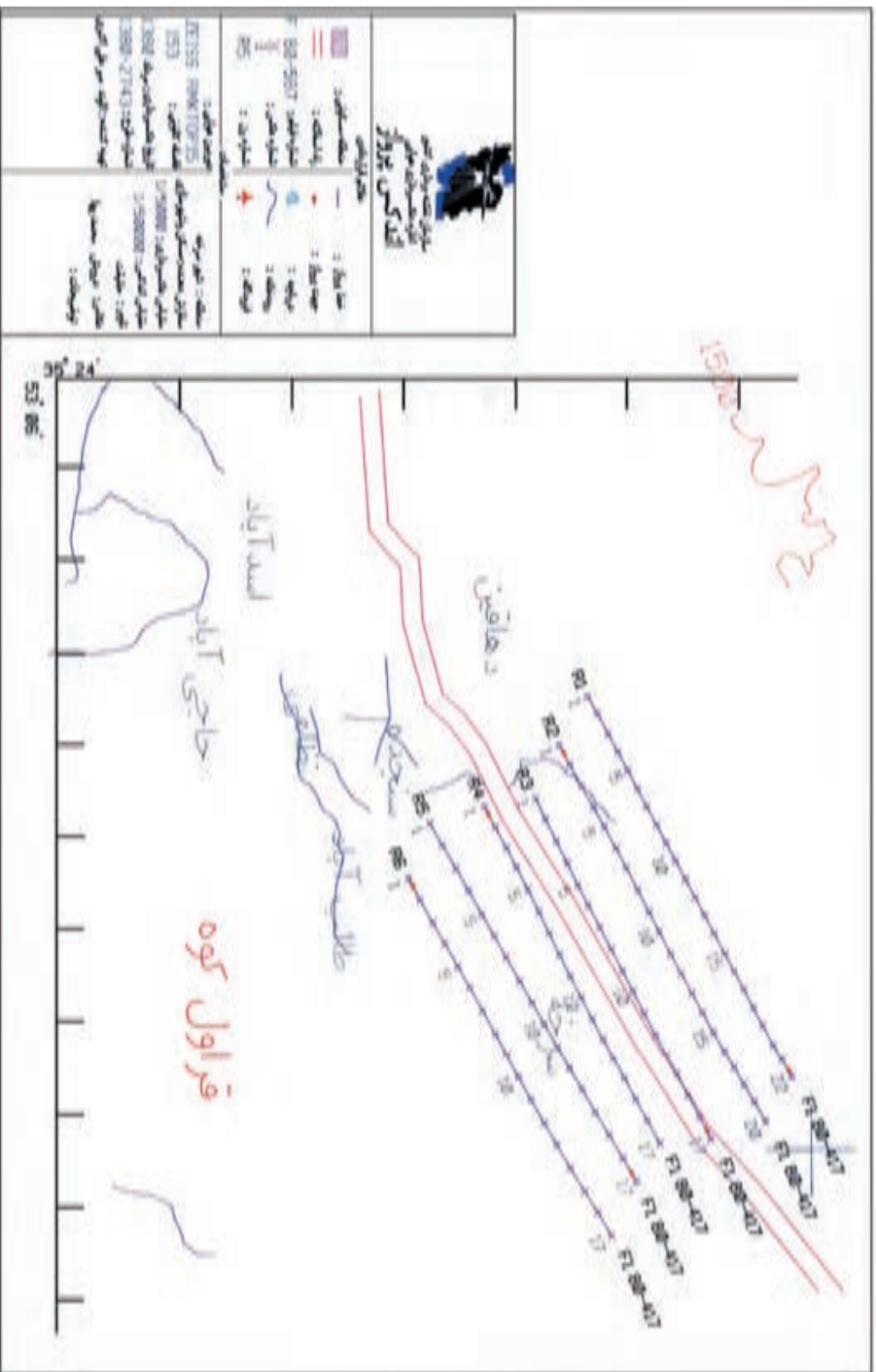
شکل ۵-۶

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 ۵-۷ گویند ایجاد گپ شده است قسمت گپ را با هاشور مشخص کرده‌ایم.



شکل ۵-۷

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 ۵-۸).



شکل ۸-۵- یک نمونه اندکس پروژه

۳-۱-۵- 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 $1/50000$ که حد کار سفارش‌دهنده روی آن مشخص شده است را در اختیار دارد. عملیاتی که باید در قسمت تهیه انجام شود به شرح زیر است:

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

۱- 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 به وسیله‌ی علائم کناری آن‌ها مشخص شده و مرکز عکس‌ها روی عکس‌های مجاور منتقل گردد تا مقدار باز عکسی که معمولاً برابر 90° میلی‌متر است بدست آید.

اکنون 90° میلی‌متر را به مقیاس اندکس که معمولاً $\frac{1}{5}$ مقیاس عکس است می‌بریم.

$$90 \times \frac{1}{5} = 18 \text{ mm} = 1.8 \text{ cm}$$

فاصله‌ی مرکز دوم از اول

اکنون برای ترسیم اندکس، ابتدا خط مستقیمی به‌صورت افقی رسم می‌کنیم. به‌طور اختیاری نوار اول را در نظر می‌گیریم و یک نقطه در ابتدای رن^۲ به‌عنوان اولین مرکز مشخص کرده سپس با خط‌کش از مرکز اول به اندازه‌ی ۱۸ میلی‌متر مرکز عکس دوم را مشخص می‌کنیم و عدد شماره‌ی ۲ را روی آن می‌نویسیم. به همین ترتیب تمام مراکز عکس‌های رن اول مشخص می‌شود (شکل ۹-۵).

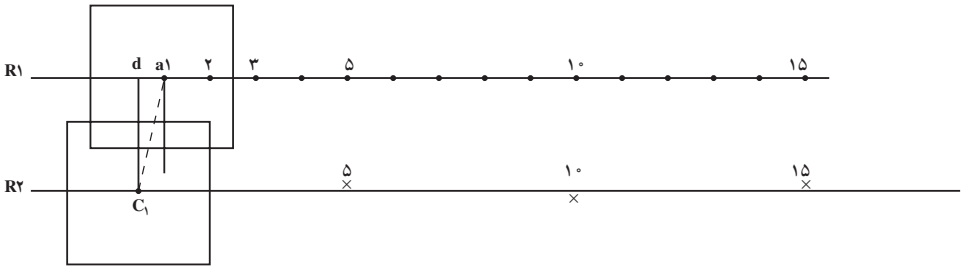


شکل ۹-۵

اکنون برای مشخص کردن دومین رن می‌بایست عکس‌های رن اول را با رن دوم پوشش دهیم که تقریباً حدود 20% درصد پوشش دارند.

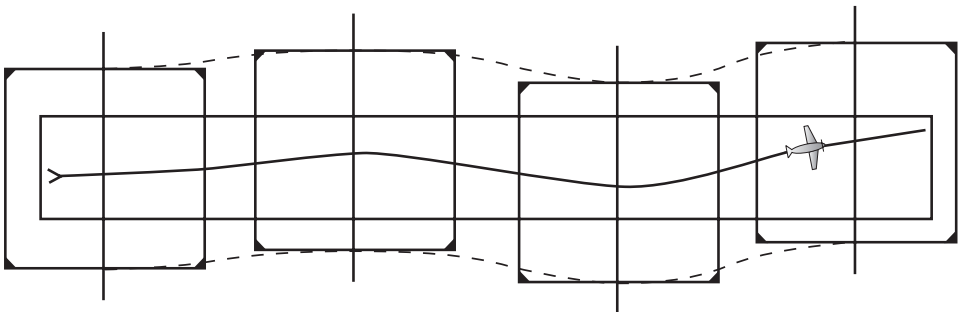
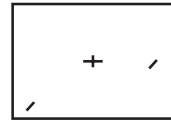
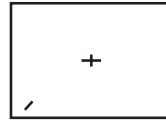
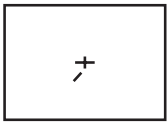
اکنون موقعیت C_1 مرکز عکس شماره‌ی ۱ از رن دوم (R_2) نسبت به نقطه a_1 در رن اول مشخص می‌شود (شکل ۱۰-۵).

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



شکل ۱۰-۵

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. بدین ترتیب 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.

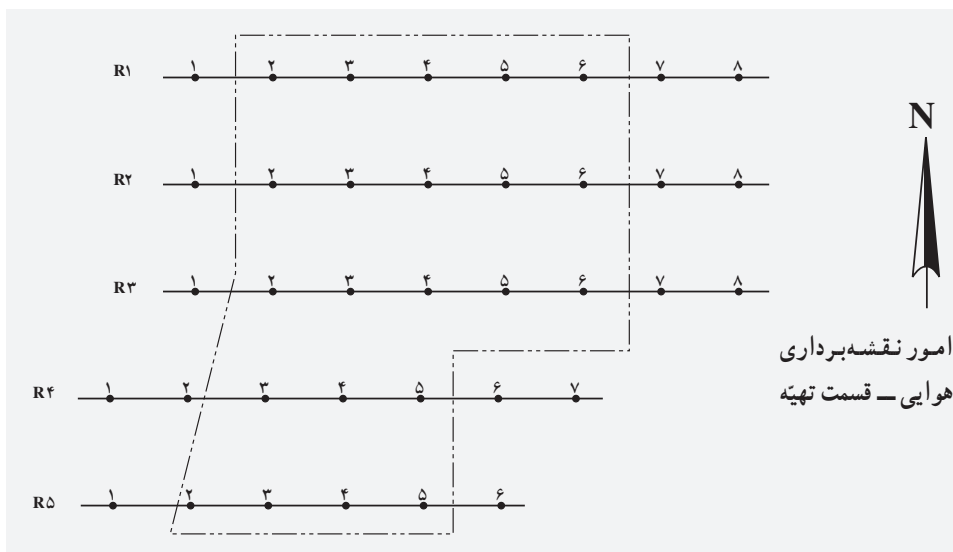


شکل ۱۱-۵

دلیل این که مراکز عکس‌ها روی یک خط مستقیم نیستند نوسانات پرواز است که در شکل ۵-۱۱ نشان داده شده است.

سپس مراکز رن دوم را مانند رن اول مشخص می‌کنیم و به همین 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 این جا نقشه ما $1/50000$ می‌باشد.

در پایین اندکس، سمت راست آن طبق شکل ۵-۱۲ همیشه جدولی نوشته می‌شود که بالای آن نام اندکس یا راهنمای مراکز عکس‌ها نوشته می‌شود و سپس نام منطقه‌ی عکس‌برداری شده که در این جا 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.



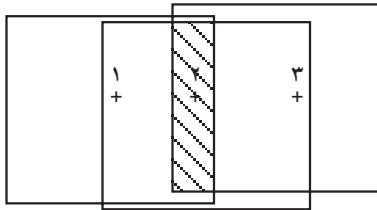
راهنمای مراکز عکس‌های منطقه‌ی کرج

علائم		مشخصات	
•	مرکز عکس	1:5000	مقیاس عکس
---	حد اولویت	1:50000	مقیاس راهنما
----	حد کار تبدیل		
-----	حد کار زمینی		
△	نقطه‌ی پلانی متری	1:1000	مقیاس تبدیل نقشه
○	آلتی متری	نیم متری	فاصله‌ی منحنی میزان
△	پلانی متری و آلتی متری	152.58	فاصله‌ی کانونی
وزارت مسکن و شهرسازی		سفارش دهنده	86 - 184
			شماره‌ی طرح

شکل ۵-۱۲

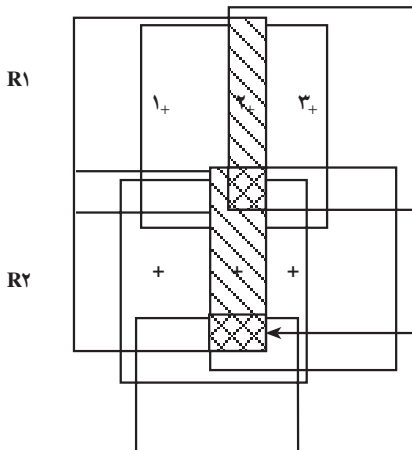
۲- کادرگیری نقاط مشترک:

عکس‌های رن اول را کنار هم چیده به طوری که پوشش مناسب داشته باشند. قسمت پوشش ۳ عکس را هاشور می‌زنیم تا دانش‌آموز بهتر مسئله را درک کند (شکل ۵-۱۳).



شکل ۵-۱۳

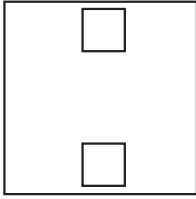
سپس عکس‌های رن دوم را با رن اول پوشش داده و کنار هم می‌چینیم. در این جا پوشش سه عکس رن دوم را با هاشورهایی که ۹۰ درجه خلاف رن اول است مشخص می‌کنیم. مانند شکل ۵-۱۴، قسمت مشترک ۶ عکس را به وضوح می‌بینیم.



۱+ تعداد مدل‌ها = تعداد عکس‌ها

قسمت مشترک ۶ عکس با ۴ مدل

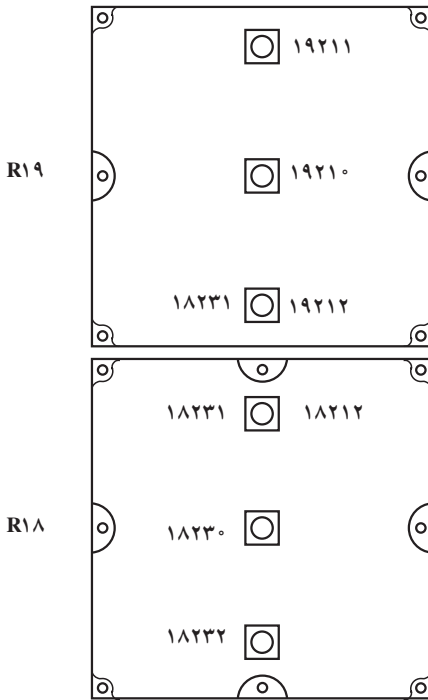
شکل ۵-۱۴



شکل ۱۵-۵

محل مشترک دو مدل (سه عکس) مجاور بر روی عکس وسط هم در بالا و هم در پایین به وسیله‌ی کادری که گوشه‌های عکس‌ها را نشان می‌دهد مشخص می‌شود (شکل ۱۵-۵). این کادر محدوده‌ای است برای تعیین نقاط تالی مورد نظر.

نقاط تالی در بالا و پایین مرکز هر عکس تا حد ممکن نزدیک لبه‌ی عکس در نظر گرفته می‌شود، یعنی در کادر تعیین شده. بنابراین هر عکس دارای ۳ نقطه می‌شود. طبق شکل ۱۶-۵.



نقطه‌ی تالی بالای مرکز که با ۱۹۲۱۱ عدد یک مشخص است.

مرکز عکس که با عدد صفر ۱۹۲۱۰ مشخص می‌شود.

۱۹۲۱۲
و نقطه تالی پایین مرکز که با عدد ۲ مشخص می‌شود.
شماره‌ی عکس
شماره‌ی رن

شکل ۱۶-۵

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 تالی و مرکز دارد که همین در روی فیلم هم وجود

۱- نقاط مشترک بین دو رن

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

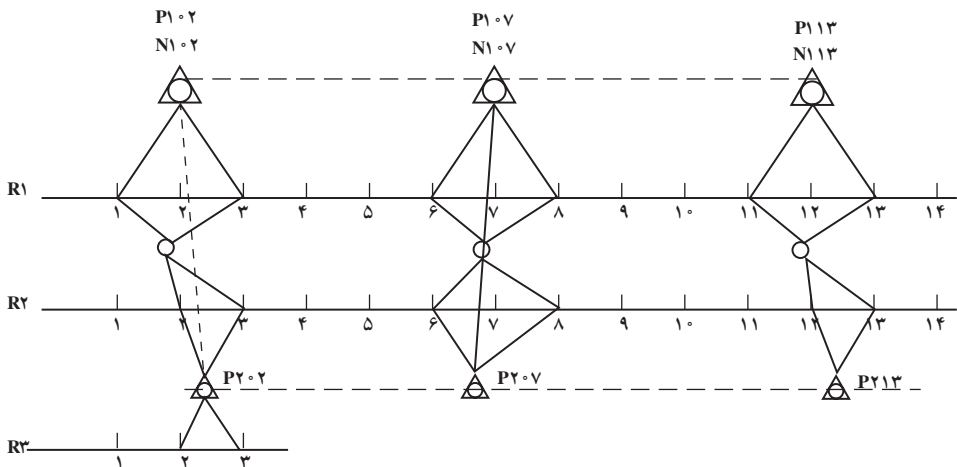
۳- ترانسفر نقاط: در این مرحله نقاط تای هر رن در محل‌های کادرگیری شده را در فیلم

مثبت سوزن زده و سپس نقطه‌ی تای را در یک فیلم از رن بالا به رن پایین ترانسفر^۱ می‌کنند.

۴-۱-۵- طراحی نقاط کنترل زمینی روی اندکس: پیش از آن که طراحی اندکس را

توضیح دهیم بهتر است سؤال کنیم که تفاوت نقشه برداری زمینی با نقشه برداری هوایی (فتوگرامتری) در چیست؟ به این سؤال این گونه می‌توان پاسخ داد که، در تهیه‌ی نقشه به طریق نقشه برداری باید تمام نقاط مورد نیاز برای ترسیم نقشه در محل، یعنی در سر زمین، اندازه‌گیری شود. اما در تهیه‌ی نقشه به طریق فتوگرامتری می‌توانیم تعداد بسیار کم‌تری نقطه‌ی زمینی داشته باشیم. به طریقی که در مراحل بعدی توضیح داده خواهد شد، این تعداد نقاط زمینی را به وسیله‌ی مثلث بندی و محاسبات فتوگرامتری تکثیر می‌کنیم که با این کار در وقت و هزینه صرفه جویی می‌شود.

برای شروع کار اندکس که در قسمت تهیه آماده شده است و اکنون در دست داریم، باید طراحی به طریقی روی آن انجام شود که در شکل ۱۷-۵ می‌بینید. در این جا منطقه‌ای کوچک داریم که شامل دو رن ۱ و ۲ می‌باشد و هر کدام از رن‌ها ۱۴ عکس و یا ۱۳ مدل دارند. انتخاب محل نقاط کنترل زمینی بستگی به دو مورد دارد: ۱- نقاط در محلی از اندکس و مدل‌ها قرار گیرد که منطقه‌ی مورد نظر را به صورت محدوده‌ای در داخل خود بیوشاند ۲- نقاط باید در مدل‌های واقع در نوارهای بالا و پایین مشترک باشند.



۱- انتقال نقاط

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

شکل ۱۷-۵

در طراحی، نقاط پلانی متری^۱ را با شکل مثلث (Δ) و اسم گذاری آن را با حرف P نشان می‌دهند؛ مانند P۱^{۰۲} که P مخفف پلانی متری و عدد ۱ نشان دهنده‌ی رن و عدد ۰۲ شماره‌ی عکس است و نقطه‌ی آلتی متری^۲ را با حرف N نشان می‌دهند و N^{۱۰۲} که N نشان دهنده‌ی آلتی متری 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 مورد نیاز دارد. هر قدر نقشه بزرگ مقیاس باشد و منحنی میزان عدد کوچک‌تری را نشان دهد کار دقیق‌تر است و باید تعداد بیش‌تری نقاط زمین داشته باشیم.

۱- نقاط مسطحانی که دارای x و y دقیق می‌باشند.

۲- نقاط ارتفاعی دارای z دقیق

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

مقیاس عکس	۱:۵۰۰	۱:۱۰۰۰	۱:۲۰۰۰	۱:۲۵۰۰	۱:۵۰۰۰	۱:۱۰۰۰۰	۱:۲۰۰۰۰	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 ۲-۵ - فواصل نقاط کنترل زمینی ارتفاعی برحسب مدل

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

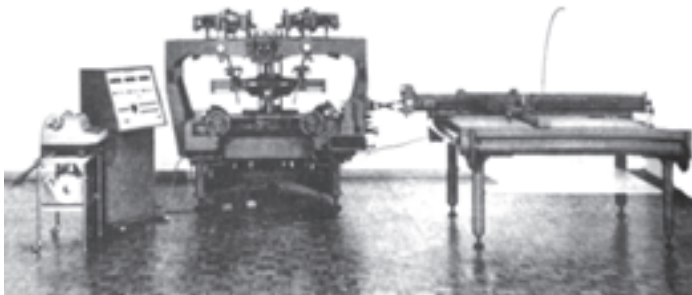
(تنظیم جدول به طریقی انجام گرفته که هم برای نوار و هم برای بلوک قابل استفاده باشد)

۵-۱-۵- نقشه برداری زمینی: در نقشه برداری زمینی، محل دقیق نقاط کنترل زمین

مشخص و کروکی دقیق از آن‌ها کشیده می‌شود؛ آن‌گاه به وسیله‌ی 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 سر 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.

۵-۱-۶- مثلث‌بندی هوایی: با داشتن اندکسی که شامل طراحی نقاط کنترل زمینی است

و داشتن نقاط زمینی که از روی اندکس مشخص و سر زمین اندازه‌گیری کرده‌اند و نیز دو سری عکس‌های مربوط و دیپزیتف یا فیلم‌هایی که نقاط تالی 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 تالی بالا و دو نقطه‌ی تالی پایین و شاید یک یا چند نقطه‌ی پلانی متری و آلتی متری) را در دستگاه قرائت کنیم. اکنون ما یک لیست از نقاطی که همگی مختصات ماشینی دارند، در دست داریم. شکل ۵-۱۸ یک نمونه دستگاه مثلث‌بندی را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱۸- دستگاه مثلث‌بندی A7

۷-۱-۵- محاسبات فتوگرامتری: در قسمت محاسبات زمینی نقاط کنترل زمینی که به وسیله نقشه بردار اندازه گیری شده است مجدداً محاسبه می شود و فهرست مختصات حساب شده ی زمینی و نیز فهرست تمام نقاط مدل ها که در مثلث بندی مختصات ماشینی آن ها قرائت شده است در قسمت محاسبات فتوگرامتری در دسترس است. اکنون در این جا با داشتن برنامه های خاص کامپیوتری تمام نقاط ماشینی، به کمک نقاط واسطه ای کنترل زمینی، تبدیل به نقاط زمینی می شود و یا می شود گفت تکثیر نقطه ی زمینی می شود و این نقاط تکثیر شده را به صورت یک لیست کامپیوتری برای تهیه می فرستند تا شیت های مربوط به تبدیل را آماده کنند. منظور شیت هایی است که در زمان کشیدن نقشه و کارهای مورد نیاز آن لازم است. دومین لیست محاسبات فتوگرامتری (لیست کامپیوتری) را برای قسمت تبدیل می فرستند.

۸-۱-۵- تبدیل: در قسمت تبدیل، دستگاه های مجهز ایبتکی وجود دارد که می تواند عکس ها را به نقشه تبدیل کند.

در این قسمت با داشتن عکس ها و نقاط روی آن و شیت های آماده شده به وسیله ی قسمت تهیه و لیست مختصات زمینی و لیست محاسبات فتوگرامتری (که شامل تمام نقاط ماشینی که به زمینی تبدیل شده) و فیلم ها و عکس های مربوط به منطقه، می تواند به وسیله دستگاه های تبدیل عکس به نقشه، کار را شروع کنند به این طریق که هر زوج عکس پوشش دار را در دستگاه تبدیل گذاشته و یک مدل از منطقه را داشته باشند و با المان های خاص دستگاه تبدیل مدل برجسته که حالت واقعی زمین را در لحظه ی عکس برداری نشان می دهد ایجاد کند و ارتباط دستگاه تبدیل را با میز ترسیم برقرار نماید و به کمک خط کش ها و اتصالات که دستگاه با میز ترسیم دارد می تواند تمام عوارض پلانی متری و آلتی متری (ارتقاعی) را روی نقشه به طریق خاص ترسیم کند. کل این عملیات که با دستگاه تبدیل انجام می شود، توسط یک اپراتور دستگاه تبدیل عکس به نقشه است، که این اپراتور آشنایی کامل را با این فن دارد. شکل ۱۹-۵ دستگاه تبدیل A8 را نشان می دهد و در مرحله ی اول تمام عوارض مسطحاتی ترسیم می شود و بعد از اتمام تمام عوارض مسطحاتی روی نقشه، مرحله ی رسم منحنی میزان های مربوط به منطقه می رسد و نقاط ارتفاعی در هر محلی که لازم باشد یادداشت می گردد. شکل ۲۰-۵ یک نقشه ی رسم شده از عوارض مسطحاتی و منحنی میزان ها را به وسیله ی دستگاه تبدیل نشان می دهد.



شکل ۱۹-۵ - دستگاه تبدیل A8



شکل ۲۰-۵ - یک نقشه‌ی تهیه شده

۹-۱-۵- کارتوگرافی: چون امکان تکثیر از روی اورژینال (Original) فتوگرامتری وجود ندارد و این گونه نقشه‌ها نیز مدادی هستند باید مراحل 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 در مورد 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 مورد نیاز روی اسکرایب (Scoribe) مخصوص طبق دستورالعمل و استانداردهای خاص عوارض ترسیم می‌گردد و با اتمام مراحل کارتوگرافی، نقشه آماده‌ی تولید، چاپ و تکثیر می‌شود.

۱۰-۱-۵- چاپ: در این قسمت علاوه بر تهیه‌ی زینک از روی شیت‌های اسکرایب جهت چاپ افست، عملیات تهیه‌ی ماسک (Zinc-Mask) و تکثیر به روش اوزالید و آموفیلیم 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

- ۱- آیا نقاط گرهی حتماً باید در کادر بین دو رَن باشد؟
- ۲- کارهایی که در مرحله‌ی «تهیه» انجام می‌شود را نام ببرید.
- ۳- یک اندکس چنان رسم کنید که دارای ۳ رَن و هر رَن دارای ۶ مدل باشد. عکس‌های مربوط به آن مقیاس $1/10000$ و نقشه‌ی خواسته شده $1/2000$ و منحنی میزان ۲ متری و جهت پرواز شرقی غربی بوده است.
- ۴- 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.
- ۵- تفاوت عمده‌ی نقشه برداری زمینی با نقشه برداری هوایی (فتوگرامتری) در چیست؟
- ۶- نقشه برداری زمینی را مختصراً شرح دهید.
- ۷- مثلث بندی را به اختصار توضیح دهید.
- ۸- در محاسبات، منظور تکثیر چه نقاطی به چه نقاط است؟

- ۱- زوج عکس‌های هوایی محدوده‌ی هنرستان یا شهر را تهیه کنید.
- ۲- 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.
- ۳- به همراه مربی خود به محل هر نقطه مراجعه نموده و محل دقیق نقطه را روی زمین مشخص نمایید.
- ۴- محل دقیق نقطه را روی عکس به صورت سه بعدی برجسته‌بینی نموده و در یکی از عکس‌ها سوزن بزنید.
- ۵- پشت عکس و در محل سوزن دایره‌ای به قطر یک سانتی‌متر ترسیم نموده و شماره‌ی نقطه را درون آن بنویسید.
- ۶- در فرم صفحه بعد کروکی نقطه را درون دایره مشخص شده ترسیم کرده و شماره‌ی نقطه را به همراه آدرس آن ذکر کنید.
- ۷- توسط GPS دستی مختصات تقریبی نقطه را مشاهده نمایید و در محل مربوطه در فرم کروکی انتقال دهید.

فهرست منابع

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

۲- PHOTOGRAMMETRY

Francis H. Moffitt

Edward M.Mikhail

۳- ELEMENT OF PHOTOGRAMMETRY

Poul R.Wolf

۴- A PRACTICAL GUIDE TO AERIAL PHOTOGRAPHY

John A.Ciciarelli

۵- کتاب‌های تصاویر سه بعدی انتشارات دیباگران تهران

