

## 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 به عنوان 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 عکس برداری هوایی در فاصله‌ی زمانی اختراع عکاسی<sup>۱</sup> و اختراع هواپیما<sup>۲</sup>، در سال ۱۸۵۸ از داخل بالون انجام گرفت.

با پیشرفت صنایع شیمیایی و تهیه‌ی فیلم‌های مناسب و با تحولاتی که در دوربین‌های عکس برداری هوایی (از نظر سیستم اپتیکی) صورت گرفت، هواپیماهای مخصوص به دوربین‌های پیشرفته مجهز شدند. عکس برداری 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، به عنوان علم سنجش عکس، در نقشه برداری 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 پوشش دار 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.

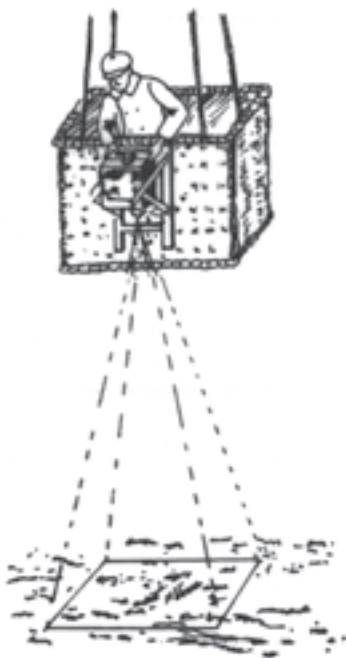
- ۷- روش عکس‌برداری هوایی را تشریح نماید.
- ۸- چگونگی استفاده از علائم کناری در عکس‌های هوایی را توضیح دهد.
- ۹- ضمن تعریف نقشه‌ی عکسی مراحل تهیه‌ی آن را توضیح دهد.
- ۱۰- موارد اختلاف عکس و نقشه را مشروحاً توضیح دهد.
- ۱۱- منظور از تفسیر عکس هوایی و ماهواره‌ای را بیان کند.
- ۱۲- منظور از بازنگری نقشه‌های 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<sup>۱</sup> و از آن به بعد در کشورهای مختلف نیز به‌طور آزمایشی انجام گرفت تا این که در سال ۱۸۸۵ سازمانی<sup>۲</sup> 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 ج - دوربین رقومی Ultracam - D



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

شکل ۱-۲-۱ 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 ۳-۱



شکل ۴-۱- 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.

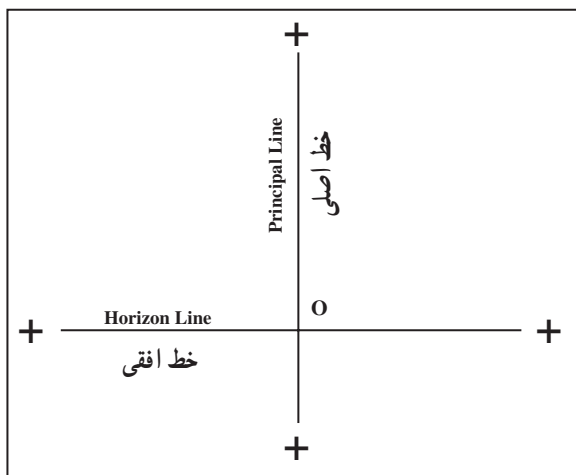
فتوتئودولیت ترکیبی از دوربین عکس برداری زمینی و زاویه‌یاب یک ثانیه‌ای است.

دوربین عکس برداری زمینی P<sub>31</sub> و بلد شکل (۱-۶) قابل تعویض با فتوتئودولیت، 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<sub>31</sub> و بلد عکس‌هایی با ابعاد ۱۰×۱۲/۵ سانتی‌متر می‌گیرد.



شکل ۱-۶





شکل ۷-۱

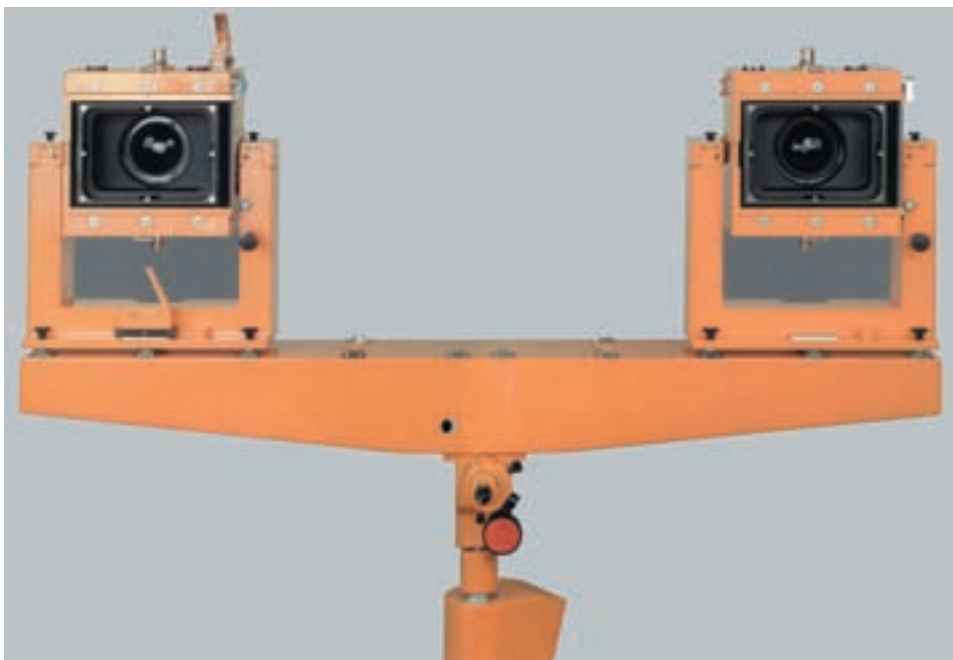
دوربین عکس برداری زمینی P<sub>32</sub> شکل ۸-۱ مستقیماً روی تلسکوپ تئودولیت نصب می شود، در نتیجه، دوربین با کمک دوران های تئودولیت توجیه می گردد. این دوربین می تواند هم با فیلم شیشه ای و هم با فیلم پلاستیکی عکس بگیرد و ابعاد عکس های آن ۶۰×۸۰ میلی متر است. فاصله ای اصلی در این دوربین ۶۴ میلی متر است اما برای فاصله ای ۲۵ متر تنظیم شده است.



شکل ۸-۱

یک زوج دوربین P<sub>32</sub> ویلد در شکل ۱-۹ مشاهده می‌شود که روی باز کوتاه‌تری سوار شده

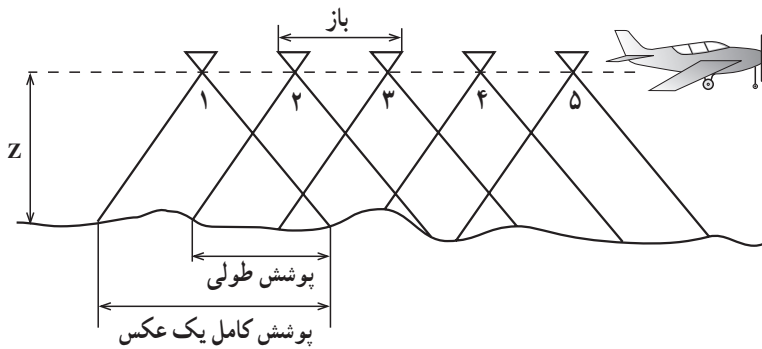
است.



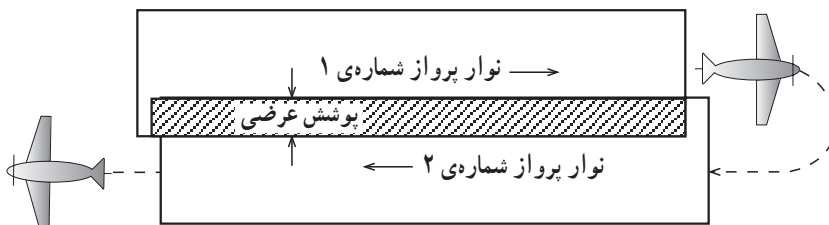
شکل ۱-۹

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



پوشش طولی عکس در راستای نوار پرواز

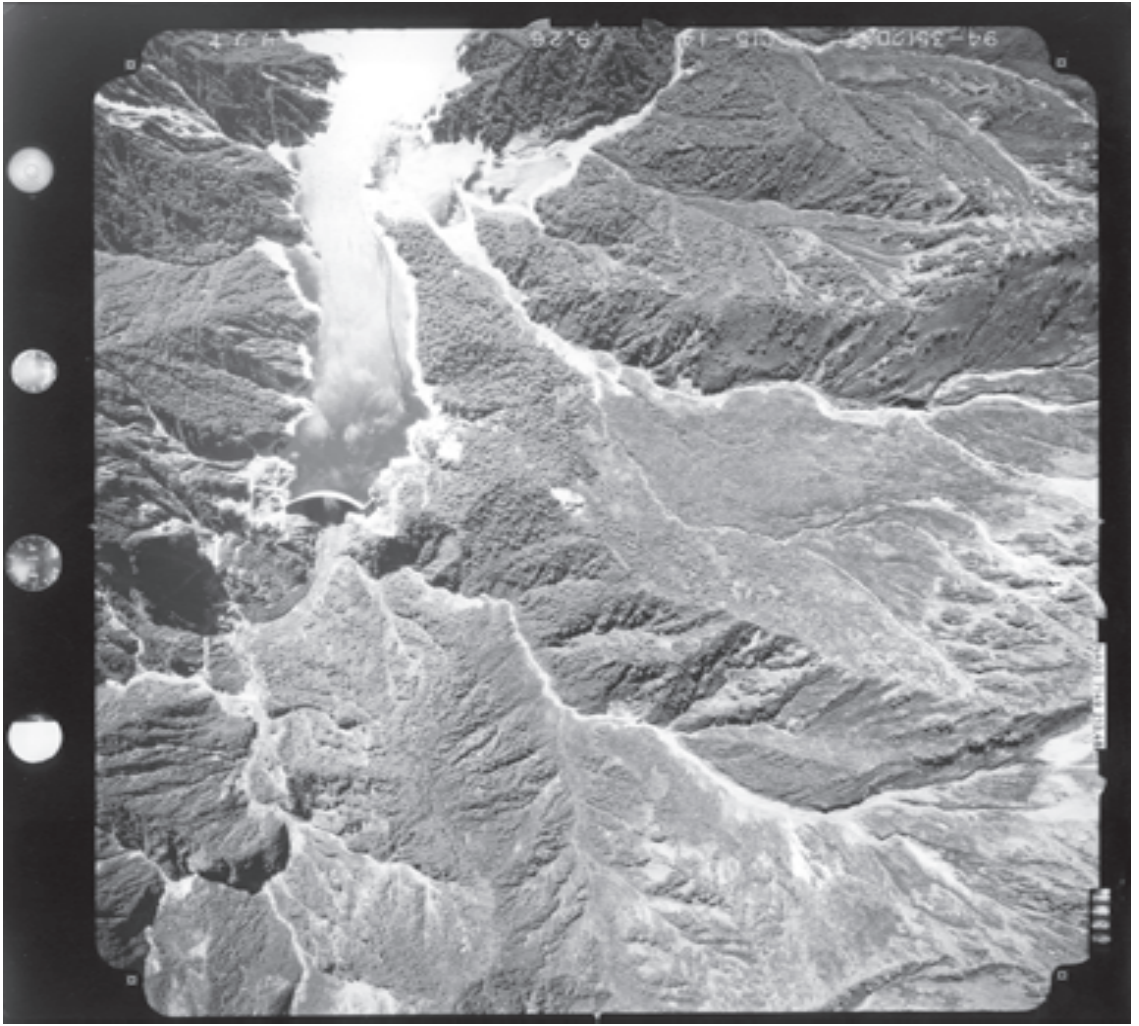


پوشش عرضی نوارهای عکس برداری

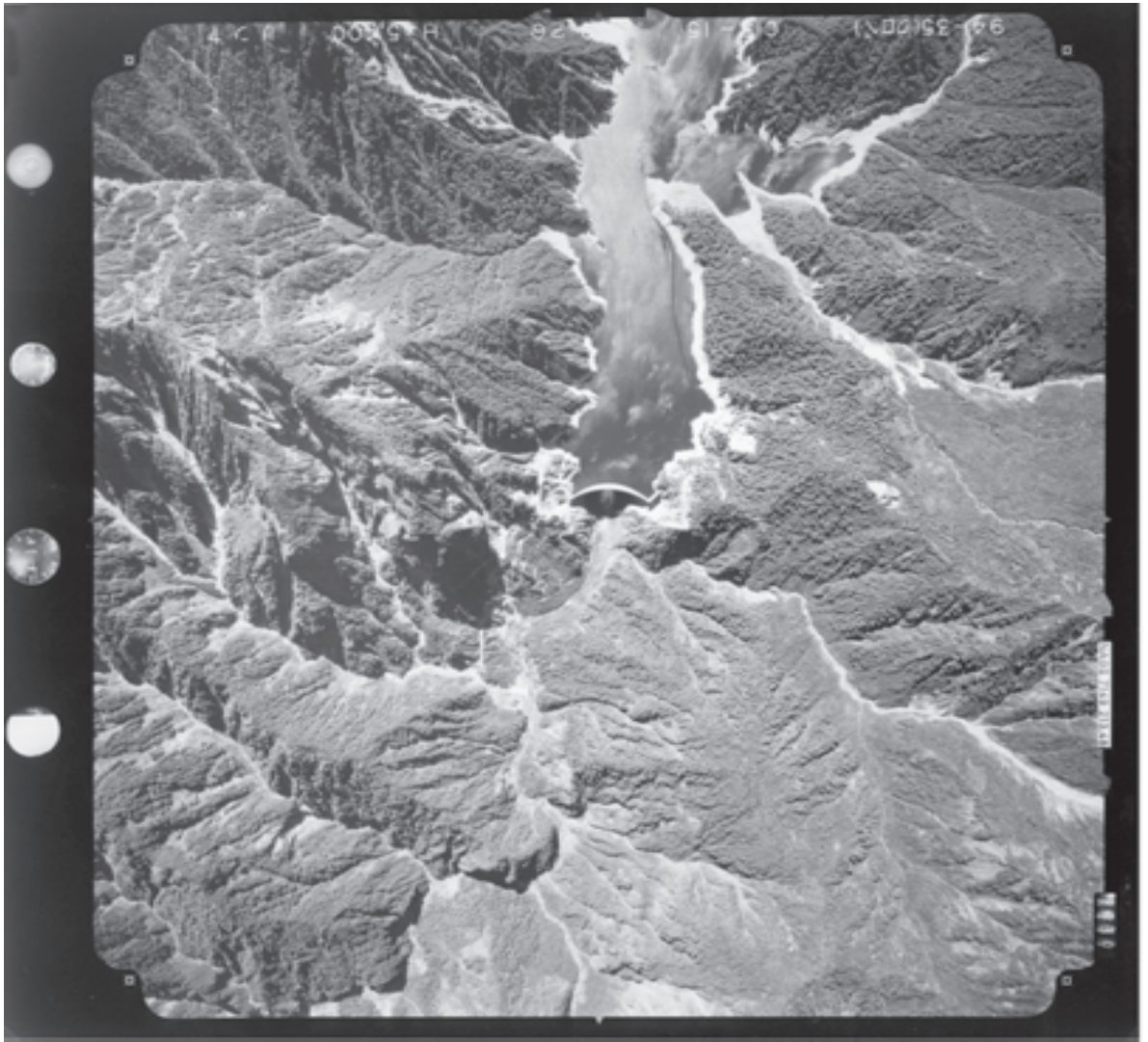
شکل ۱۰-۱



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.

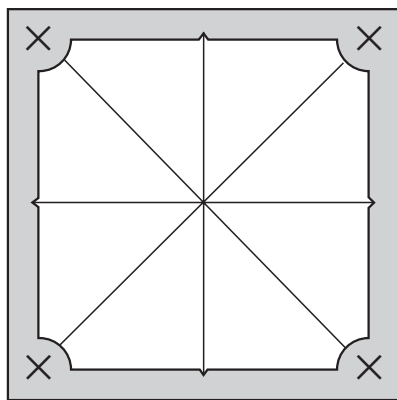


شکل ۱-۱۵

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

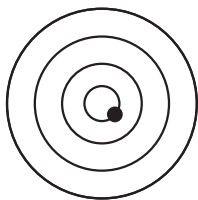


تعیین مرکز عکس استفاده کرد؛ به این طریق که وقتی علائم متقابل را به هم وصل می‌کنند محل تقاطع آن‌ها مرکز عکس را مشخص می‌کند.



شکل ۱۶-۱

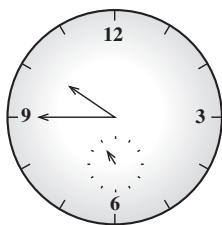
**ب - حباب تراز:** حباب تراز به صورت تقریبی وضعیت افقی بودن دوربین عکس برداری را نشان می‌دهد، به عبارت دیگر افقی بودن یا نبودن صفحه‌ی فیلم را، در موقع عکس برداری، از روی حباب تراز تشخیص می‌دهند. مسئول گرفتن عکس در هواپیما موظف است همیشه قائم بودن محور دوربین را در لحظه‌ی عکس برداری بررسی نماید. البته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



شکل ۱۷-۱- دوایر

متحدالمرکز در تراز

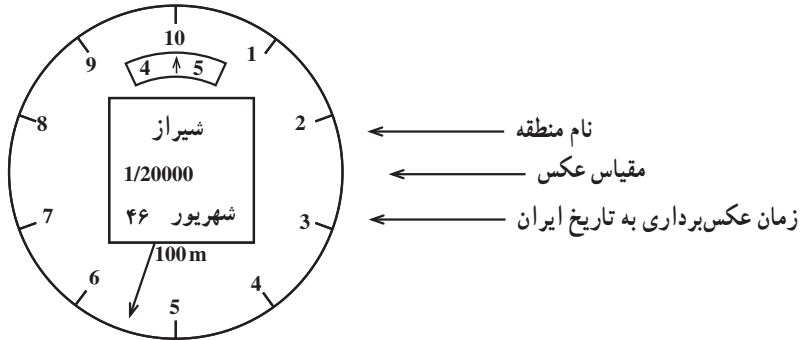
معمولاً در روی شیشه‌ی محافظه‌ی تراز تعدادی دوایر متحدالمرکز وجود دارد که می‌توان به کمک آن میزان تقریبی انحراف دوربین را برآورد کرد.



شکل ۱۸-۱

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

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<sup>۱</sup>. ارتفاع در شکل ۴۵۵ متر است.

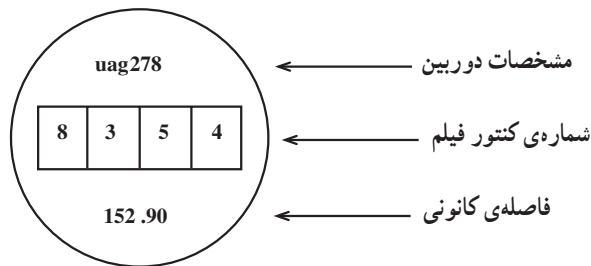


شکل ۱۹-۱

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.

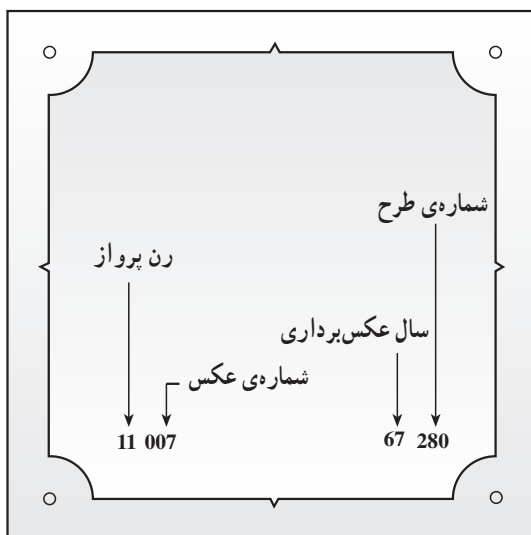


شکل ۲۰-۱

ح - نوار<sup>۲</sup> 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

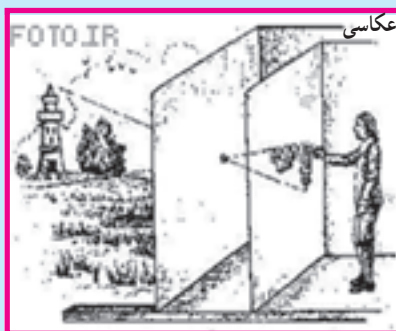
## آیا می‌دانید



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.



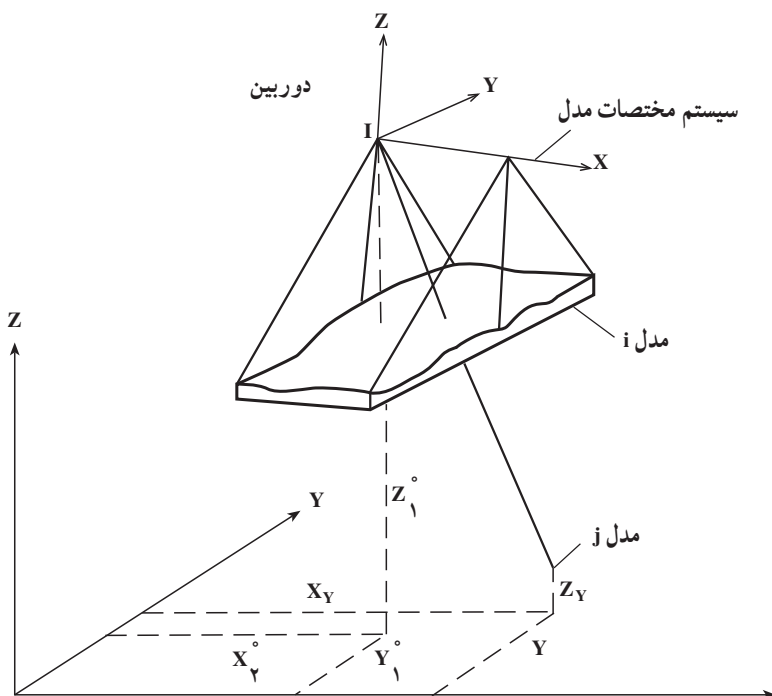
### ۳-۱- کاربرد عکس و تصویر

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 استرئوسکوپ (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 اوّلی 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 کلیه‌ی تورفتگی‌ها و برآمدگی‌ها قابل تشخیص است.



شکل ۲۶-۱- عکس فتوگرامتری زمینی از یک بنا

از آن‌جا که به منظور تهیه‌ی 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.



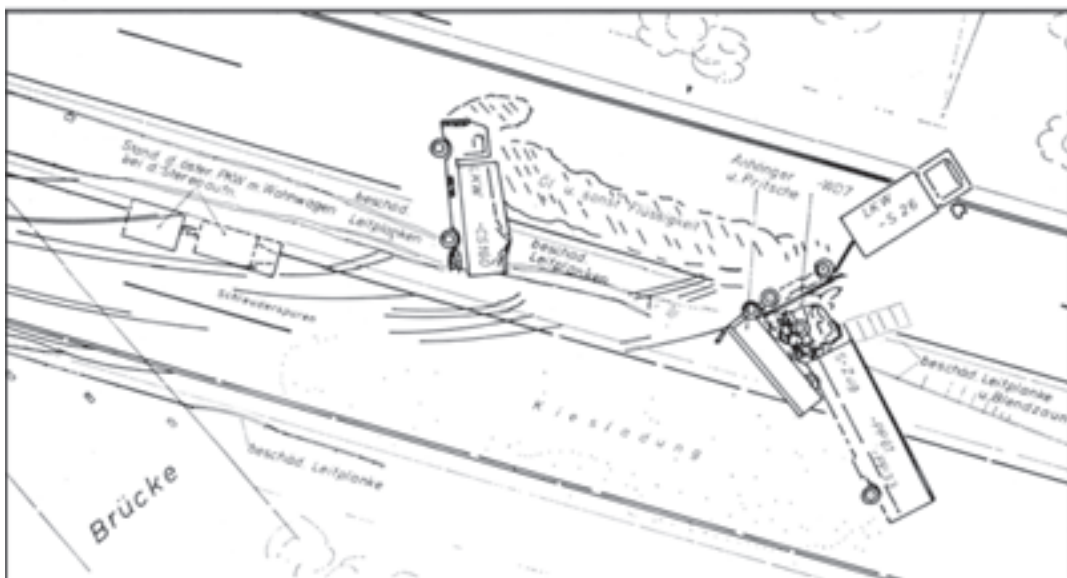
شکل ۲۷-۱- نقشه‌ی بنا

– 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

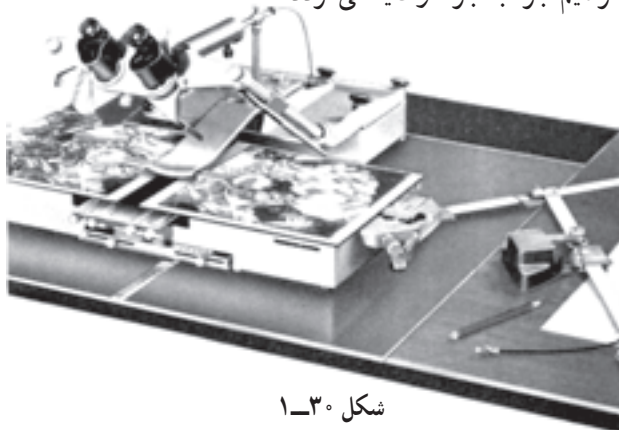
۳-۳-۱- نقشه‌های خطی و نقشه‌های عکسی: به طوری که در فصل ۵ این کتاب خواهید دید به منظور تهیه نقشه، عکس‌ها را به کمک دستگاه‌های مخصوص تبدیل به نقشه می‌نمایند و ضمن این عمل بر روی میز ترسیم که در کنار دستگاه تبدیل قرار دارد قلم رسام، عوارض را ترسیم می‌نمایند و چون در این روش با رسم انواع خطوط، نقشه رسم می‌گردد. 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:

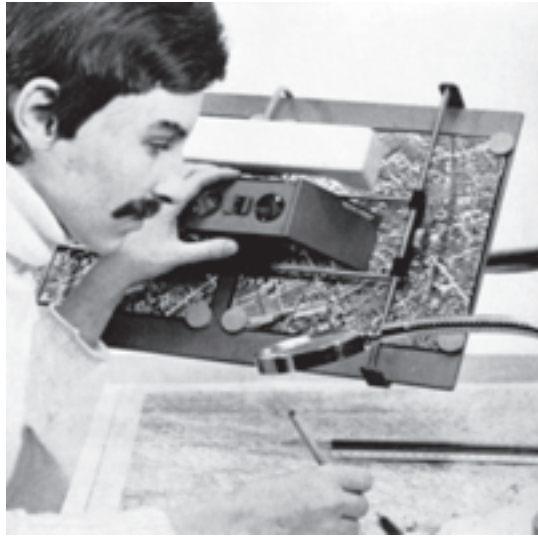
الف- عوارض همان‌طور که در عکس دیده می‌شوند روی نقشه ظاهر می‌گردند و مثلاً خیابان‌ها، ساختمان‌ها و غیره با نشانه‌های خاص خود نشان داده نمی‌شوند. علاوه بر این تعداد زیادی عوارض نامربوط نیز خواه ناخواه در تصویر داخل می‌شود؛ مثل ماشین‌ها، توده‌های مواد ساختمانی و غیره. لذا استفاده‌کننده از نقشه مجبور است 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) به طور 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<sup>۱</sup> 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)

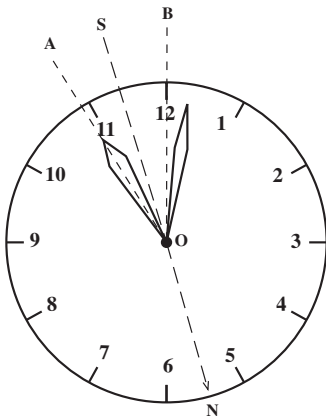
با در اختیار داشتن یک قطعه عکس هوایی قائم یا کپی لیزری هم اندازه آن موارد زیر را انجام دهید:

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.

$$S = \frac{152/48}{3040 \times 1000} = \frac{1}{19937} = \frac{1}{20000}$$