

## دوربین‌های عکسبرداری هوایی

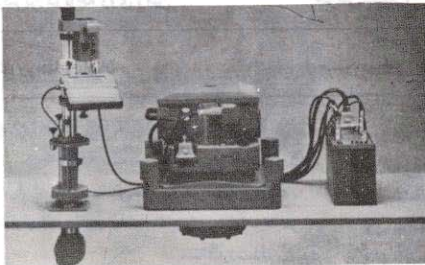
عکسبرداری هوایی با هر نوع دوربینی انجام می‌گیرد. بسیاری از کاربردهای عکسهای هوایی که مورد استفاده است، از درون هواپیمای سبک توسط دوربین‌های سی و پنج میلیمتری گرفته می‌شود. سادگی و هزینه کم تهیه و انجام عملیات عکسبرداری با دوربین‌های سی و پنج میلیمتری برای آنالیز نواحی کوچک، آنها را به عنوان سنجنده‌ای ایده‌آل در آورده است (اندازه واقعی تصاویر گرفته شده با این سیستم  $24 \times 36$  میلیمتر است). در مواردی از دوربین‌های هفتاد میلیمتری نیز استفاده می‌شود (اندازه واقعی تصاویر با این گونه سیستم‌ها  $55 \times 55$  میلیمتر است). بهرحال، در اکثر عکسبرداری‌های هوایی از دوربینی استفاده می‌شود که دارای دقت مناسب باشد. این دوربینها طوری طراحی شده‌اند که امکان عکسبرداری تعداد زیادی عکس را به سرعت پشت سر هم با همگونی هندسی فراهم می‌باشد.

در حال حاضر بیش از یکصد نوع دوربین عکسبرداری مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد که می‌توان آنها را در یکی از چهار گروه اصلی طبقه‌بندی نمود:

- (۱) دوربینهای تک فریم<sup>(۱)</sup>
- (۲) دوربینهای با فریم چند لتری<sup>(۲)</sup>
- (۳) دوربینهای استریپ<sup>(۳)</sup>
- (۴) دوربینهای پانورامیک<sup>(۴)</sup>

### ○ دوربینهای تک فریم - Single - Lens - Cameras

دوربین تک فریم، متداولترین دوربینی است که دارای کاربرد فراوان می‌باشد. این نوع دوربین در تهیه عکسهای هوایی به صورت عام و در تهیه نقشه به طریق نقشه‌برداری هوایی (فتوگرامتری) به طور خاص بیشترین کاربرد را دارد. دوربینهای نقشه‌برداری<sup>(۵)</sup> که معمولاً به دوربینهای متریک یا کارتوگرافی شناخته شده‌اند، دوربینهای تک فریمی هستند که برای تهیه تصاویر هندسی با کیفیت بسیار بالایی طراحی گردیده‌اند.

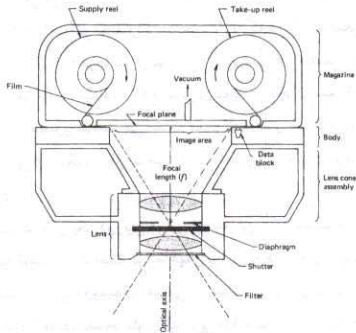


نگاره (۱): دوربین نقشه‌برداری هوایی با پایه نصب در هواپیما، تلسکوپ ناوبری و ترمینال کنترل (چپ) و دستگاه کنترل مرکزی با ریزپردازنده (راست).

این نوع دوربین را می‌توان به GPS (سیستم تعیین موقعیت جهانی) متصل نمود. این نوع دوربین از یک سیستم انحراف لنز محدودی برخوردارند که در یک وضعیت ثابت نسبت به سطح فیلم نگه داشته می‌شود. اندازه فرمات فیلم (اندازه اسمی هر تصویر) مربعی به ابعاد ۲۳۰ میلیمتر است. عرض فیلم مورد استفاده ۲۴۰ میلیمتر و گنجایش مخزن فیلم تا ۱۲۰ متر فیلم است. با زدن هر شاتر دوربین یک فریم تصویر بدست می‌آید که معمولاً به طور خودکار در یک تناوب ثابت و معین توسط دستگاه الکترونیکی (دستگاه زمان سنجی که به منظور اندازه‌گیری زمان بین دو عمل استفاده می‌شود) تنظیم می‌شود.

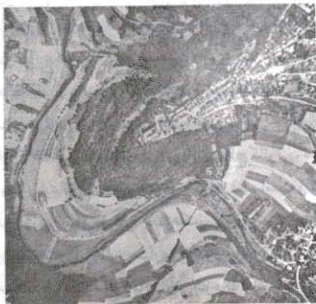
بایستی توجه داشت که برای یک دوربین هوایی فاصله بین مرکز سیستم لنز و سطح فیلم برابر با فاصله کانونی است. لنز در این فاصله ثابت است تا شعاعهای نوری که فاصله بی‌نهایت دور از دوربین می‌رسند، بر روی فیلم متمرکز شوند. (اکثر دوربینهای هوایی نقشه برداری را نمی‌توان برای استفاده در یک فاصله نزدیک متمرکز نمود). برای اهداف نقشه برداری، لنزهایی با فاصله کانونی ۱۵۲ میلیمتری به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. لنزهایی با فاصله کانونی ۳۰۰ میلیمتری نیز برای نقشه برداری هوایی استفاده می‌شوند. فاصله کانونی بیشتر نظیر فاصله کانونی ۳۰۰ میلیمتری برای کاربردهایی با ارتفاع بسیار بالا بکار می‌رود. فریم لنزهای دوربین اغلب به اصطلاح زاویه نرمال<sup>(۶)</sup> (زمانی که میدان زاویه دید سیستم لنز تا ۷۵° درجه باشد)، زاویه باز<sup>(۷)</sup> (وقتی میدان دید ۷۵° درجه تا ۱۰۰° درجه باشد) و زاویه خیلی باز<sup>(۸)</sup> (زمانی که میدان دید بزرگتر از ۱۰۰° درجه باشد) خواننده می‌شود زاویه در امتداد مورب تصویر اندازه‌گیری می‌شود.

لنز معمولاً متشکل از چندین جزء است که اشعه‌های نوری از منظره جمع‌آوری نموده و سپس آنها را در سطح کانونی متمرکز می‌نماید. فیلترها هم به نوبه خود برای اعمال مختلفی بکار گرفته می‌شوند. شاتر و دیافراگم بین اجزای لنز قرار می‌گیرند و میزان نوررسانی را کنترل می‌کنند. شاتر مدت زمان نور دادن را (از  $\frac{1}{1000}$  تا  $\frac{1}{100}$  ثانیه) تنظیم می‌کند، در صورتی که دیافراگم روزنه‌ای است که می‌توان اندازه دهانه آنرا تغییر داد. دوربین در درون خود یک مکانیزم الکتریکی محرک فیلم برای حرکت فیلم به جلو و مسطح کردن فیلم در طی عکسبرداری و همچنین ضربه کلید شاتر و رها شدن شاتر را دارد. مخزن دوربین عکاسی در خود حلقه‌های رساندن و جمع کردن فیلم، جلو بردن فیلم و مکانیزم مسطح کردن فیلم را جای داده است. در اغلب موارد، صاف کردن سطح فیلم در طی عکاسی یا کشیدن فیلم در برابر یک صفحه خلاء که پشت سطح کاغذ قرار دارد، تحقق می‌یابد. سطح کانونی، سطحی است که در آن فیلم در معرض نور قرار می‌گیرد. محور اپتیکی دوربین عمود بر سطح فیلم است و تا مرکز سیستم لنز ادامه دارد. در طی زمانی که شاتر دوربین برای گرفتن یک عکس باز می‌شود حرکت هواپیما باعث می‌شود که تصویر تار گردد. به منظور تصحیح این اثر، بسیاری از دوربین فریم‌دار در درون خود مجهز به دستگاه تصحیح و ترمیم تصویر هستند. دستگاه مزبور باعث می‌شود تا فیلم را با سرعتی از سطح کانونی بگذرانند که سرعت حرکت تصویر است. در نگاره (۳) یک عکس عمودی را که با دوربین نقشه برداری هوایی گرفته شده، نشان می‌دهد. محور اپتیکی این عکس در لحظه نور دادن به فیلم سعی شده است که تا حد امکان



نگاره (۲): مؤلفه‌های اصلی یک دوربین نقشه‌برداری با فریم تک لنز

در جهت نزدیک به عمود باشد. به علامتهای حاشیه‌ای<sup>(۹)</sup> که در وسط حاشیه هر چهار وجه عکس آمده است، توجه نمایید. علامتهای مزبور فریم مرجح را برای اندازه‌گیری‌های فضایی که از چنین عکسهایی هوایی ساخته می‌شود، تعیین می‌کنند. خطوطی که علامتهای حاشیه‌ای متقابل را بهم وصل می‌کنند، در یک نقطه اصلی عکس همدیگر را قطع می‌نمایند. فاصله کانونی دوربین، فواصل علامت حاشیه‌ای عکس و محل دقیق نقطه اصلی با دقت مناسب در کالیبراسیون سازنده دوربین نقشه‌برداری هوایی تعیین شده است. نگاره (۴) یک دوربین نقشه‌برداری هوایی مدل بزرگ<sup>(۱۰)</sup> جهت برآورده نمودن نیازهای کاری در ارتفاعات مداری زمین ساخته شده است. این دوربین در اولین حالت عملیاتی خود که در دهانه قسمت محموله فضایی شاتل سوار شده بود به مدار زمین پرتاب و پس از عکسبرداری مجدداً به زمین برگردانده شد.

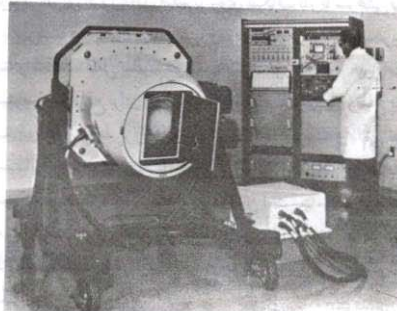


نگاره (۳): عکس هوایی از ناحیه Langenburg رانشان می‌دهد که به طریقه قائم با فیلم 230x230mm گرفته شده است.



LFC یک دوربین کارتوگرافی دقیق با همگونی بسیار بالای دقت هندسی است و دارای مکانیزم پیشرفته برای جبران حرکت تصویر (سرعت زمینی شاتل تقریباً 27000 کیلومتر در ساعت است) می باشد.

این دوربین هوایی دقیقی دارای لنزهایی با فاصله کانونی 305 میلیمتر و فرمات تصویر 230x460 میلیمتر با اندازه‌های طولانی است که در جهت مسیر پرواز قرار گرفته است. دوربین به نحوی طراحی و ساخته شده که با برخورداری از سیستم‌های فشار، دما و کنترل حرکت ضمن قابلیت کارایی در محیطهای فضایی، توانایی دارد که پروازهای متعدد فضایی شاتل را تحمل کند.



نگاره (۴). دوربین LFC (دوربین با فرمات بزرگ) به نمایش درآمده است.

باید توجه داشت که دوربین‌های زیادی با لنز تک فریم در بازار وجود دارد که برخلاف دوربینهای نقشه برداری، تنها دوربین شناسایی هستند. دوربینهای شناسایی در مدل‌های بسیار گسترده ارائه شده‌اند که در اینجا از آنها صحبتی نمی‌شود. بیشتر دوربینهای شناسایی به صورتی طراحی شده‌اند که بدون تأکید بر حساسیت دقت هندسی، با دقت جزئیات را ثبت و ضبط می‌کنند. در هر صورت به منظور تهیه عکسهای رنگی با کیفیت بالا، دوربین‌ها باید از لنز تصحیح رنگ برخوردار باشند تا تمام رنگها را در همان سطح و پلان تصویر متمرکز کنند.

دوربینهای تک فریم برای تهیه عکسهایی از یک منطقه بکار برده می‌شود که طول موج وسیعی از طیف الکترومغناطیسی را دارند.

#### ○ دوربین چندلنزی

عکسهای چند باندهای، عکسهایی هستند که در یک زمان از یک نقطه مناسب هندسی با ترکیبی متفاوت فیلم و فیلتر گرفته شود. این عکسها منظره یکسان و مشابهی را که بر روی فیلم مادون قرمز سیاه و سفید، با استفاده از فیلتر برای تشخیص طول موج باندهای طیف آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز گرفته شده، ارائه می‌نمایند.

مسئله اصلی در خصوص استفاده از عکسبرداری چند باندهی این است که تجزیه و تحلیل همزمان چند تصویر از یک منظره یا سوژه زمینی با دشواری همراه است.

#### ○ دوربین استریپ

دوربین‌های استریپ، تصاویر را به وسیله عبور حرکت فیلم در مقابل یک شکاف باریک ثابت در هنگامی که دوربین به طرف جلو حرکت نماید، در سطح کانونی ثبت می‌کنند. شاتر دوربین استریپ در تمام مدت عکسبرداری باز می‌ماند. تار بودن تصویر از طریق عبور دادن فیلم بر روی شکاف باز یا سرعتی برابر با سرعت حرکت تصویر (متناسب با سرعت هواپیما) از بین می‌رود. در نتیجه، دوربین استریپ، حرکت تصویر را جبران می‌کند. پهنای شکاف قابل تنظیم دوربین، میزان نوردهی را تعیین می‌کند. دوربینهای استریپ در واقع برای عملیات شناسایی نظامی یا ارتفاع پابین و سرعت بالا طراحی شده است. در این شرایط پروازی، جبران حرکت پیوسته و ذاتی تصویر در دوربین‌های استریپ امکان دستیابی به عکسهای بسیار دقیق و جزئی را فراهم می‌نماید که نمی‌توان با یک دوربین تک فرم بدست آورد. در همین راستا، برای دوربین استریپ میدان کوچتری از دید برای عرض معینی از پوشش زمین نیاز است. برای مثال، یک منطقه را می‌توان با ۷۴ درجه لنز دوربین استریپ (از پهلو به پهلو) پوشش داد و همان منطقه را می‌توان با ۹۰ درجه لنز دوربین فریم (از گوشه به گوشه) پوشاند. در نتیجه انحراف لنز کمتر است.

دوربین استریپ زمانی مورد استفاده نظامی قرار می‌گیرد که به جزئیات در امتداد خطی ناحیه مورد مطالعه نیاز باشد. برای مثال، در انتخاب مسیر خطوط انتقال نیرو یا بزرگراه‌ها، از مقبولیت همگانی برخوردار است. با وجود این، هنگامی که از دوربین استریپ در ارتفاع بالا و با سرعت متوسط استفاده می‌شود، هرگونه تغییری در مسیر و سرعت یا ارتفاع هواپیما باعث پدید آمدن انحراف در تصویر می‌گردد. این عامل همراه با اصلاحات بعمل آمده در لنز و در مشخصه‌های جبران حرکت تصویر دوربین‌های فریم کاربرد عکسبرداری استریپ را محدود ساخته است.

#### دوربین‌های پانورامیک

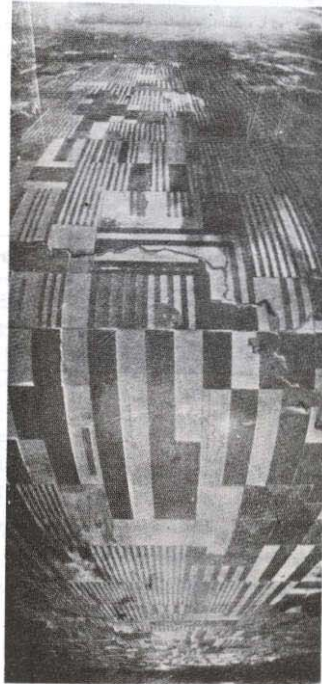
آخرین نوع دوربینی که در اینجا بررسی می‌شود، دوربین پانورامیک است. دوربین پانورامیک همانند دوربین استریپ فقط یک میدان زاویه‌دار نسبتاً باریکی را در لحظه معینی از یک شکاف باریک می‌بیند. نواحی زمین یا با دوران لنز دوربین و یا دوران منشوری در جلوی لنز پوشش داده می‌شود.

با دوربین پانورامیک زمین از پهلو به پهلو پیمایش می‌شود، بنحوی که با مسیر پرواز متقاطع است. فیلم در امتداد یک سطح منحنی که در فاصله کانونی از دستگاه دوران قرار دارد، نور می‌بیند و پوشش زاویه‌ای دوربین می‌تواند از افق تا افق امتداد یابد. هنگامی لنز دوران پیدا

می‌کند، شکاف یا روزنه عکسبرداری در امتداد فیلم حرکت می‌نماید و فیلم در طی یک عکسبرداری ثابت نگه داشته می‌شود. بعد از اتمام یک اسکن (پیمایش)، فیلم برای عکسبرداری بعدی به جلو رانده می‌شود.

دوربینهای پانورامیک که از منشور دورانی استفاده می‌کنند، دارای یک لنز ثابت و یک پلان تخت فیلم هستند. پیمایش با دوران منشور در جلوی لنز تحقق می‌یابد و در نتیجه تصویری حاصل می‌شود که از حیث هندسی برابر با تصاویر دوربین لنز دورانی است.

نگاره (۵) جزئیات تصویری و مشخصه پوششی ناحیه وسیعی از عکسبرداری پانورامیک را نشان می‌دهد. اعوجاج ذاتی در تصویر پانورامیک نیز در نگاره معلوم است.



نگاره (۵): عکس پانورامیک با زاویه اسکن  $180^\circ$  به جزئیات تصویر، ناحیه وسیع پوشش و اعوجاج هندسی توجه کنید.

اختلاف مقیاس مزبور که به آن اعوجاج پانورامیک گفته می‌شود، بر اثر شکل استوانه‌ای سطح کانونی و طبیعت پیمایش (اسکن) پدید می‌آید. بدلیل حرکت هواپیمابه جلو در طی زمانی که یک پیمایش (اسکن) به عمل می‌آید، اعوجاج مربوط به وضعیت اسکن نیز در تصویر پانورامیک دخالت داده می‌شود. در مقایسه با دوربینهای فریم، دوربینهای پانورامیک نواحی به مراتب وسیعتری از زمین را پوشش می‌دهد و با برخورداری از میدان دید لنز باریک‌تر، تصاویری با جزئیات به مراتب بیشتر از تصاویر فریم تولید می‌کند. بنابراین، تصاویر پانورامیک دید وسیعی از زمین را نمایش می‌دهند که در آن جزئیات به خوبی آمده است. چنین عواملی هستند که دوربین‌های پانورامیک را سنسورهای مطلوب در آنالیز عکسبرداری ناحیه وسیعی ساخته‌اند. با این همه عکسهای پانورامیک این اشکال را دارند که فاقد همگونی هندسی تصاویر دوربین فریم هستند. همچنین، تأثیرات جوی در قسمتهای مختلف به شدت تفاوت پیدا می‌کند زیرا فاصله از دوربین تا زمین در قسمتهای متفاوت منظره با دوربینهای پانورامیک به مراتب بیشتر از دوربینهای فریم، به ویژه وقتی که از زاویه اسکن  $180^\circ$  استفاده می‌شود، تغییر پیدا می‌کند.

#### مهدی مدیری

منبع:

۱) مدیری، مهدی: عکاسی و عکسبرداری در مهندسی نقشه‌برداری، سازمان جغرافیایی، تهران، ۱۳۷۹.

#### پاورقی:

- 1) Single-Lens Frame
- 2) Multi Lens Frame
- 3) Strip
- 4) Panoramic
- 5) Mapping Cameras

Frame یک تصویر کامل روی فیلم، در استاندارد فیلمهای سی و پنج میلیمتری در هرثانیه ۲۴ فریم از مقابل پروژکتور نمایش عبور کرده و یا در هنگام تهیه، فیلمبرداری می‌شود

- 6) Normal Angle
- 7) Wide Angle
- 8) Super Wide Angle
- 9) Fiducial Marks
- 10) Large Format Camera - LFC