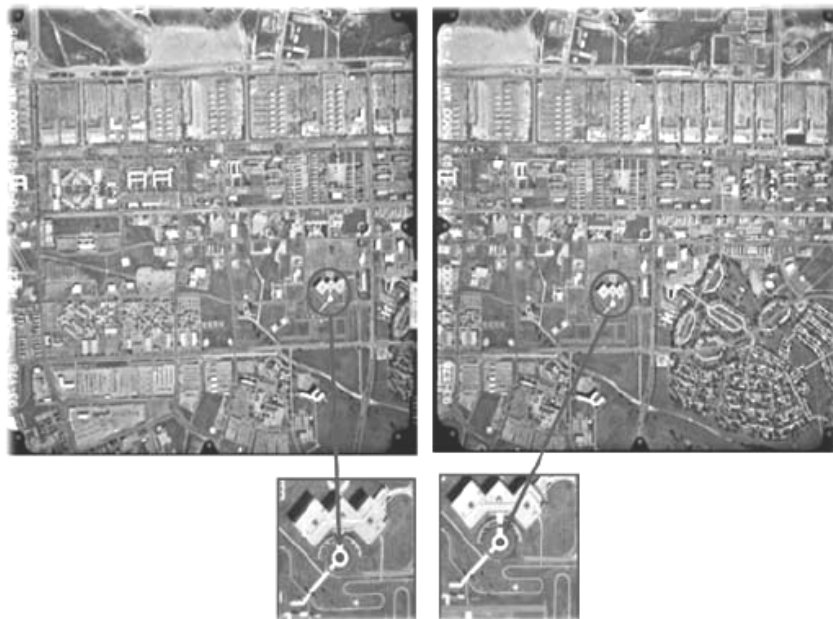
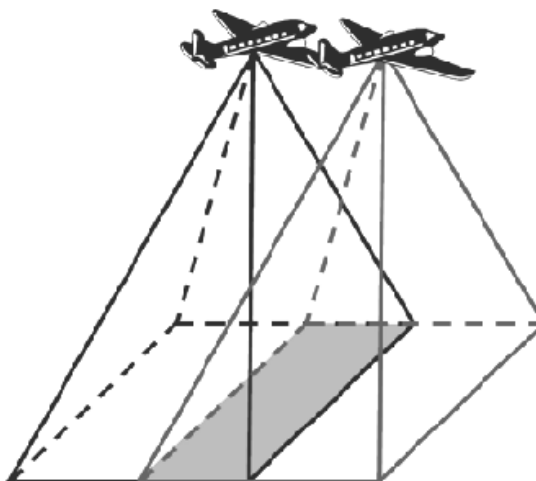




دانشگاه آزاد اسلامی واحد تفت

گروه مهندسی عمران - نقشه برداری

مسابی فتوگرامتری (۱)



کردآوری: کریم تقدی

فصل اول

مفاهیم و کلیات

علم، هنر و فن آوری بدست آوردن اطلاعات کمی و کیفی از روی عکس یا تصویر را فتوگرامتری^۱ می گویند. از آن جهت علم است که از علوم ریاضیات و فیزیک استفاده می کند و از آن جهت هنر است که هنر عکاسی و عکسبرداری در آن نهفته شده و از آن جهت فن آوری می گوئیم که از سیستمها و دستگاههای پیشرفته صنعتی در آن بهره می بریم. کلمه فتوگرامتری (photogrammetry) از سه بخش photo به معنی عکس و gram به معنی ثبت و metry به معنی اندازه گیری تشکیل شده است و بصورت زیر تعریف می شود.

همانطور که در تعریف دیده می شود، این علم اساساً بر تجزیه و تحلیل عکسی استوار است. به طور کلی فتوگرامتری شامل مراحل عکسبرداری هوایی، پرواز، تهیه عکس، نقاط کنترل زمینی و استفاده و تفسیر عکسهای هوایی با وسایل ساده تا دستگاههای تبدیل می باشد.

از مزایای فتوگرامتری نسبت به نقشه برداری می توان به سرعت بالا آن در تهیه نقشه، صرف هزینه خیلی کم، کار در محیطی بدور از مشکلات ناشی از برخورد مستقیم با طبیعت، مناسب بودن برای تهیه نقشه از مناطق وسیع، امکان اتوماسیون، ثبت عوارض بصورت طبیعی و امکان نظارت و کنترل بیشتر بر محاسبات و پردازشها اشاره کرد.



¹ Photogrammetry: Science or art of obtaining reliable measurements or information from photographs or other sensing systems.

فتوگرامتری از نظر سکو (Plat Form) یعنی جایی که دوربین عکسبرداری روی آن قرار میگیرد به چند گروه تقسیم می شود:

- الف) فتوگرامتری برد کوتاه (Close-range photogrammetry): ($L < 300m$)
 در این حالت دوربین در فاصله کمتر از 300 متر از شی قرار دارد که کاربرد صنعتی آن را Industrial Photogrammetry و کاربرد پزشکی آن را Medical Photogrammetry می گویند.
- ب) فتوگرامتری هوایی (Aerial Photogrammetry): ($300m < L < 15000m$)
 در این حالت عکسبرداری توسط دوربین نصب شده روی هواپیما یا هلیکوپتر انجام می شود.
- ج) فتوگرامتری فضایی (Space Photogrammetry): ($250km < L < 40000km$)
 در این حالت دوربین روی ماهواره نصب است که به آن فتوگرامتری ماهواره ای یا سنجش از دور هم گفته میشود.

فتوگرامتری از نظر کاربرد به دو دسته زیر تقسیم می شود:

۱- فتوگرامتری تفسیری

عبارت است از تشخیص و تعیین نوع اجسام بر اساس یک سری تجزیه و تحلیل سیستماتیک یا به عبارت دیگر به تفسیر عکس و کسب اطلاعات موضوعی و توصیفی می پردازد. در این نوع از فتوگرامتری از عکسهای رنگی استفاده می شود و به شناسایی و تعیین کیفی عوارض می پردازد.

۲- فتوگرامتری متریک

نوعی از فتوگرامتری که به اندازه گیری دقیق از روی عکس می پردازد که در نهایت به تولید نقشه می انجامد.

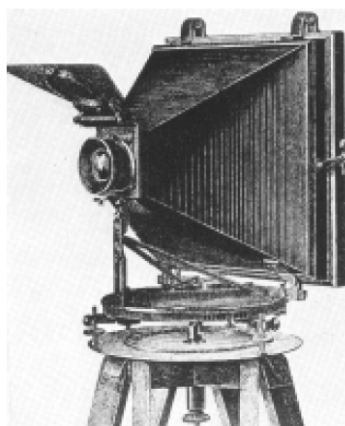
کاربردهای فتوگرامتری:

از کاربردهای فتوگرامتری می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱) تهیه انواع نقشه از موقعیت زمین : ۱) نقشه خطی (vector) ۲) نقشه عکسی photomap
- ۲) تهیه نقشه های مربوط به دیواره سرها (فتوگرامتری زمین)
- ۳) تهیه نقشه های آثار باستانی به منظور امکان ترمیم خرابی های احتمالی و دیگر موارد استفاده (فتوگرامتری زمینی)
- ۴) تهیه انواع نقشه های احداث و تعویض آزاد راهها در راههای راه آهن و تونل ها.
- ۵) تهیه نقشه های کاداستر (نقشه برداری ثبتی)
- ۶) انواع نقشه های خدمات شهری از قبیل (ثبتی، شهرسازی، لوله کشی گاز بین شهری و ...)
- ۷) استفاده از فتوگرامتری در ترافیک شهری
- ۸) استفاده در پزشکی فتوگرامتری از اشعه X ، فتوگرامتری پزشکی
- ۹) استفاده در معماری، فتوگرامتری معماری

تاریخچه فتوگرامتری:

ارسطو حدود سال ۳۵۰ قبل از میلاد به تصویر کردن اشیاء با استفاده از نور پرداخت، در اوایل قرن ۱۸ دکتر تایلور کتابی را در زمینه پرسپکتیو خطی چاپ کرد و مدتی بعد از آن جی - لامبرت، پیشنهاد استفاده از این اصول پرسپکتیو را در تهیه نقشه ارائه کرد و در واقع فتوگرامتری با پیدایش عکاسی تحول اساسی یافت. اولین بار در سال ۱۸۳۹ یک پارسی به نام لوئیس داگور اعلان کرد که توانسته است با استفاده از دید نقره، یک صفحه فلزی حساس در مقابل نور تهیه و برای گرفتن عکس مورد استفاده قرار دهد. اصول روش داگور، امروزه هم مورد استفاده قرار می گیرد.

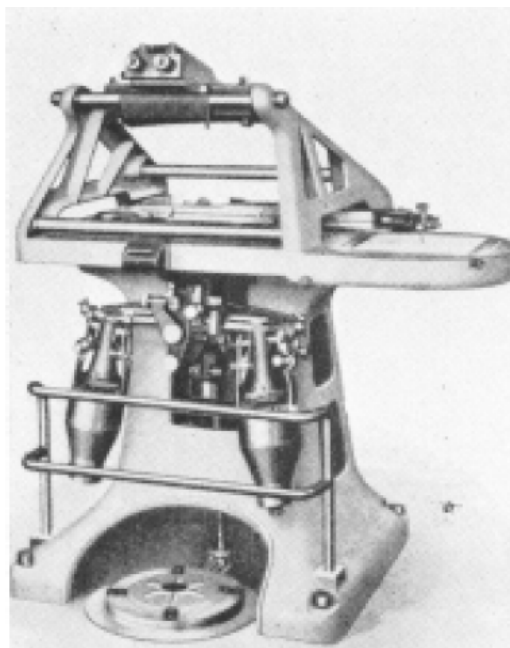


یک سال بعد از اختراع، آراگو ژنودزی دان آکادمی علوم فرانسه، نشان داد که عکس می تواند در تهیه نقشه توپوگرافی مورد استفاده قرار گیرد. اولین تجربه علمی در استفاده از عکس برای نقشه توپوگرافی در سال ۱۸۴۹ زیر نظر سرهنگ لاسدات از گروه مهندسی ارتش فرانسه انجام گرفت. وی از بالن و کایت برای گرفتن عکسهای هوایی استفاده کرد.



به علت مشکلاتی که در تهیه عکسهای هوایی وجود داشت، لاسدات بیشتر تلاش خود را بر فتوگرامتری زمینی متمرکز کرد. به دلیل فعالیتهای آغازگرانه و تلاشهای مداومی که لاسدات نمود، امروزه او را به نام پدر علم فتوگرامتری می شناسند. در سال ۱۸۸۶ کاپیتان دوویل نقشه بردار کانادایی استفاده از اصول لاسدات را در تهیه نقشه

حتی از مناطق ناهموار و کوهستانی مناسب تشخیص داد. در سال ۱۸۹۵ اولین دستگاه دارای دید برجسته بینی را طراحی و ساخت. سازمان نقشه برداری آمریکا در سال ۱۸۹۴ برای نقشه برداری از مرز آمریکا و کانادا از فتوگرامتری بهره جست.



استفاده از عکسهای زوج استریوسکوپی، اولین بار در سال ۱۹۰۹ توسط دانشمند آلمانی دکتر پولفریش شروع شد. کارهای این دانشمند مبنای ساخت و توسعه بسیاری از وسایل امروزی فتوگرامتری است. گر چه اختراع هواپیما توسط برادران رایت در سال ۱۹۰۲ صورت گرفت، استفاده از هواپیما برای عکسبرداری اولین بار در سال ۱۹۱۳ انجام شد.



در سال ۱۹۰۱ دکتر کارل پولفریش با استفاده از نقطه شناور دستگته هایی بنامهای استرنوکمپاراتور و استرنواوتوگراف ساخت. اختراع هواپیما در سال ۱۹۰۲ توسط برادران رایت بزرگترین قدم در پیشبرد فتوگرامتری هوایی نوین بود. اولین عکسبرداری با هواپیما در سال ۱۹۰۹ از یکی از شهرهای ایتالیا انجام شد ، بعد از آن با شروع جنگ جهانی اول در سال ۱۹۱۳ عکسبرداری از طریق هواپیما برای تهیه نقشه به اوج خود رسید و در فاصله بین دو جنگ جهانی ، شرکتهای خصوصی و سازمانهای زیادی در اروپا و آمریکای شمالی برای تهیه نقشه های توپوگرافی و غیره با استفاده از فتوگرامتری تأسیس شد ، با شروع جنگ جهانی دوم ، بدلیل نیاز شدید به نقشه روشها و دستگاههای جدیدی جهت تهیه نقشه با کمترین زمان ساخته شد، که از جمله می توان به ساخت دستگاه مولتی-

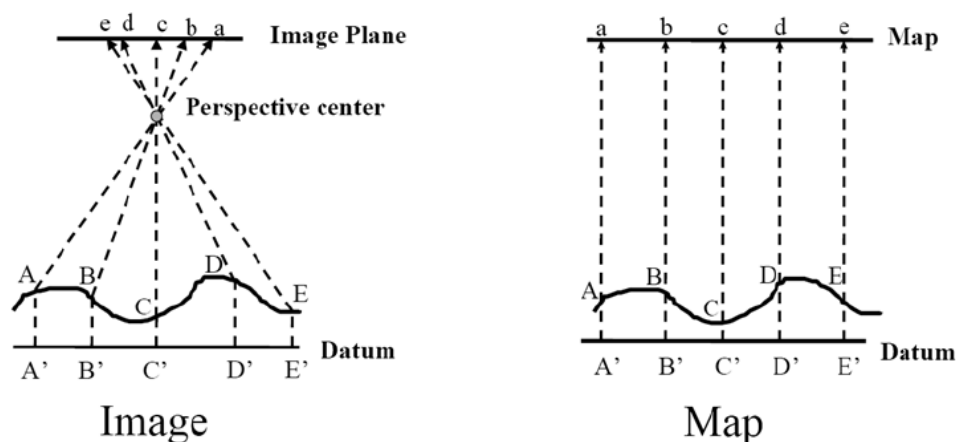
پلکس توسط ارتش آمریکا برای تهیه نقشه های مورد نیاز در جنگ ، اشاره کرد. در این دوره تفسیر عکس نیز به اوج خود رسیده بود. اعزام اولین قمر مصنوعی بنام Spunik در اکتبر ۱۹۷۵ بوسیله اتحاد جماهیر شوروی و سپس اعزام ماهواره های دیگر بخصوص در سری ماهواره های Landsat بوسیله آمریکا ، با دوربینهای چند طیفی و با طول موجهای گوناگون ، توانسته ابعاد جدیدی را در فتوگرامتری بنام علم سنجش از دور بوجود آورند.



فصل دوم

عکس و عکسبرداری

تعریف عکس: تصویر مرکزی عوارض بر روی یک صفحه مستوی که از تاثیر نورهای بازتابیده از عوارض بر روی یک لایه حساس به نور (Emulsion) ایجاد می شود. (عکس تصویر مرکزی عوارض است)

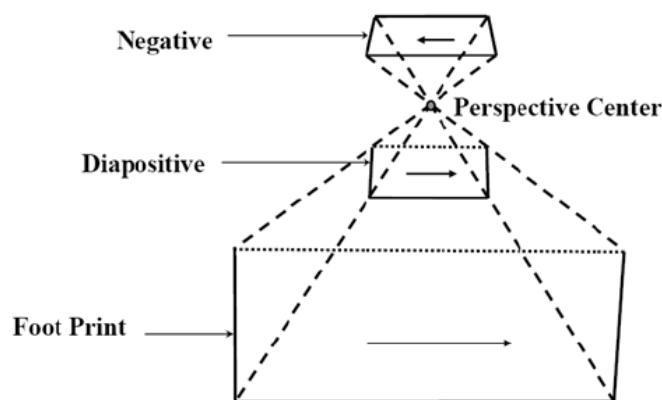


تفاوت عکس با نقشه

نقشه	عکس
سیستم تصویربرداری نقشه موازی قائم است	سیستم تصویربرداری عکس مرکزی
انتخاب برخی از عوارض جهت نمایش	نمایش تمام عوارض
عدم احتیاج به تفسیر	احتیاج به تفسیر
مقیاس ثابت	مقیاس متغیر
اختلاف ارتفاع به صورت صریح و مطلق	اختلاف ارتفاع نسبی
سطح جزئیات دلخواه	سطح جزئیات زیاد

تصاویر مورد استفاده در فتوگرامتری به سه دسته تقسیم می شوند:

- ۱- نگاتیو: فیلم عکاسی که نقاط تاریک را روشن و نقاط روشن را تاریک نشان می دهد.
 - ۲- پوزیتیو: در این نوع از فیلم ها نسبت رنگ ها همانند حالت طبیعی است. (مانند عکس)
 - ۳- دیاپوزیتیو: عکسی است که بر روی یک صفحه شفاف مانند تلق، شیشه و غیره چاپ می شود.
- چنانچه صفحه تصویر بین زمین و عدسی باشد، فیلم پوزیتیو و اگر زمین و صفحه تصویر در دو طرف عدسی باشند فیلم نگاتیو است .



ساختار فیلم عکاسی:

فیلم عکاسی از دو قسمت تشکیل شده است:

۱- لایه حساس (امولسیون)

۲- صفحه حامل

لایه حساس (امولسیون)
مواد سلولوئیدی
مواد ضد هاله

لایه حساس از جنس هالید نقره بوده و نسبت به امواج الکترومغناطیس حساس می باشد. نور هنگام برخورد با لایه حساس موجب تجزیه آن و تشکیل پیوندهای ضعیف نقره و هالید می شود، در این صورت یک تصویر نهان بر روی فیلم نقش می بندد.

در هنگام ظهور فیلم محل هایی که به آن نور رسیده است سیاه تر دیده می شوند و قسمت هایی که به آن ها نور نرسیده روشن تر دیده می شوند. (مقدار سیاهی تابعی از مقدار نوردهی در حین عکسبرداری می باشد). اگر صفحه حامل سفید رنگ نباشد (شیشه یا فیلم پلاستیکی) قسمت های نور ندیده شفاف باقی می مانند. مواد ضد هاله بدین منظور به کار می روند تا نورهای اضافی از پشت فیلم وارد نشوند تا عکس مبهم به نظر نرسد.

انواع فیلم های عکاسی:

۱- فیلم تند

۲- فیلم کند

فیلم های کند به زمان بیشتری برای نوردهی احتیاج دارند و فیلم های تند به زمان کمتری برای نوردهی نیازمند هستند. فیلم های تند دارای دانه بندی درشتی هستند و فیلم های کند دانه بندی ریزی دارند.

ابعاد عکس ها در فتوگرامتری متفاوت می باشد که ابعاد استاندارد آن $23\text{cm} \times 23\text{cm}$ و $18\text{cm} \times 18\text{cm}$ می باشد که در ایران از $23\text{cm} \times 23\text{cm}$ استفاده می شود

کاغذها و فیلمهای عکاسی با لایه های حساس مختلفی وجود دارد که به چند نمونه اشاره می شود:

۱- پانکروماتیک (سیاه - سفید)

۲- رنگی

که هر کدام از آن ها به دو قسمت معمولی و مادون قرمز تقسیم می شوند.

الف) عکسهای با لایه حساس پانکروماتیک سیاه و سفید^۱ معمولی که از برمور نقره تشکیل یافته است در فتوگرامتری معمولاً برای تهیه نقشه و تفسیر عکس بکاربرده می‌شود.

ب) عکسهای با لایه حساس رنگی معمولی که برای تفسیر ود وسعت محدود برای تهیه نقشه بکار می‌رود.

لایه حساس به نور آبی
فیلتر زرد
لایه حساس به نور سبز
لایه حساس به نور قرمز
پایه فیلم

ج) عکسهای با لایه حساس سیاه و سفید و حساس به اشعه مادون قرمز^۲ که در تفسیر عکس برای جاسوسی، شناسایی و اکتشافات بکار می‌رود این اشعه بدلیل دارا بودن طول موج بلند راحت به داخل مه نفوذ می‌کند و برای نمایان ساختن اجسام پنهان بکار می‌رود و در تهیه نقشه بندرت بکار می‌رود.

د) عکسهای با لایه حساس رنگی حساس به اشعه مادون قرمز^۳ این عکسها دارای رنگهای مجازی هستند و برای تفسیر عوارض بکار می‌رود.

فیلتر زرد
لایه حساس به نور سبز
لایه حساس به نور قرمز
لایه حساس به مادون قرمز
پایه فیلم

در فتوگرامتری از امواج الکترومغناطیس استفاده می‌شود. چون منبع نور مورد استفاده در عکسبرداری هوایی خورشید است، سیستم عکسبرداری را غیرفعال می‌نامند. بدلیل دور بودن منبع نور، فرض می‌شود که پرتو نورهای تابشی بطور موازی به زمین می‌رسند. نور مورد استفاده در عکسبرداری هوایی بخش مرئی امواج الکترومغناطیس است.

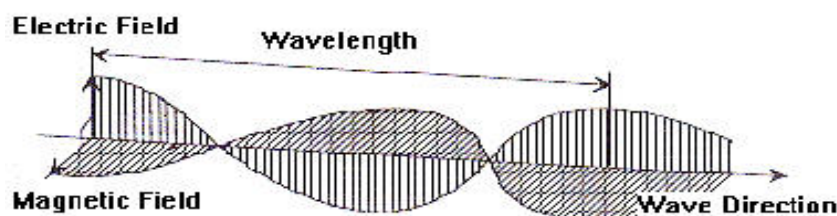
امواج الکترومغناطیسی، انرژی انتقال داده شده در فضا می‌باشند که به شکل نوسانات پریودیک میدانهای الکتریکی و مغناطیسی، با سرعت نور در فضا منتشر می‌گردند. خصوصیات یک موج الکترومغناطیسی، از طریق فرکانس و طول موج آن مشخص می‌شود. این دو عامل به سرعت نور مرتبط بوده و فرمول آن به صورت « سرعت نور = فرکانس × طول موج » می‌باشد.

$$C=f \times \lambda \rightarrow C=3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

^۱ Panchromatic Black & White

^۲ Infrared Black & White

^۳ Infrared color (False color)



فرکانس یک موج الکترومغناطیسی، به منبع آن بستگی دارد. در طبیعت فرکانس های زیادی وجود دارند که شامل فرکانس های پایین امواج الکتریکی تا فرکانس های خیلی بالای اشعه های گاما می گردند. این دامنه وسیع فرکانس امواج الکترومغناطیسی، طیف های مختلف الکترومغناطیسی را تشکیل می دهند. طیف الکترومغناطیسی می تواند بر اساس تغییرات طول موج و فرکانس، به چندین ناحیه تقسیم شود که در بین آنها، فقط باند خیلی باریکی از طیف، یعنی از ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر، با چشم انسان قابل رویت می باشد. بین این نواحی مرز مشخصی وجود ندارد و محدوده های نشان داده شده در شکل های پایین، به صورت تقریبی بوده و بین دونا حیه مجاور، همپوشی وجود دارد.

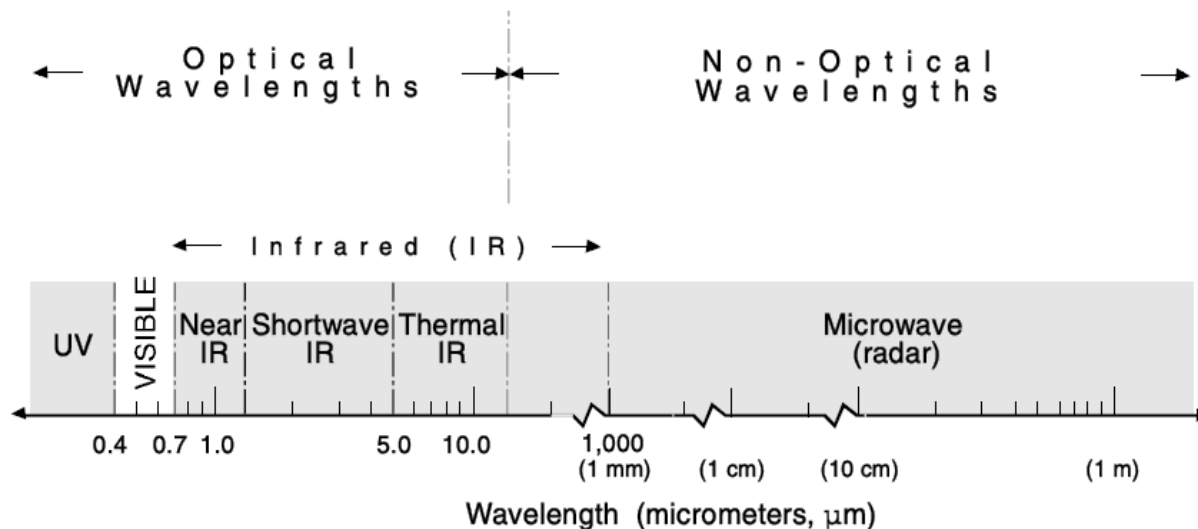
$1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$; (واحد طول موج)

$1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$; (واحد طول موج)

$1\text{Hz}=1\text{cycle/s}$ (واحد فرکانس)

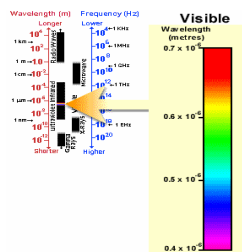
Electromagnetic Spectrum

1



امواج مرئی:

این امواج دارای طول موج ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر می باشند که ترکیبات رنگی مختلف زیر را تشکیل می دهند



قرمز : طول موج ۶۱۰-۷۰۰ نانومتر

نارنجی : طول موج ۵۹۰-۶۱۰ نانومتر

زرد: طول موج ۵۷۰-۵۹۰ نانومتر

سبز : طول موج ۵۰۰-۵۷۰ نانومتر

آبی : طول موج ۴۵۰-۵۰۰ نانومتر

نیلی : طول موج ۴۳۰-۴۵۰ نانومتر

بنفش : طول موج ۴۰۰-۴۳۰ نانومتر

ماورای بنفش : طول موج های ۳ تا ۴۰۰ نانومتر

امواج مادون قرمز

این امواج دارای طول موج ۰,۷-۳۰۰ میکرومتر می باشند که خود به چندین باند طیفی مختلف، تقسیم بندی می شوند:

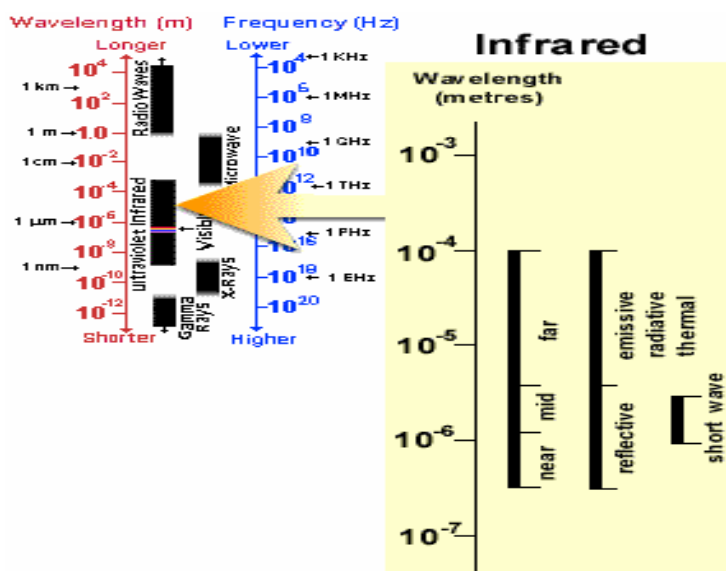
NIR ، میکرومتر ۰,۷-۱/۵ ، مادون قرمز نزدیک دارای طول موج

SWIR ، مادون قرمز با طول موج کوتاه دارای طول موج ۱,۵-۳ میکرومتر

MWIR ، مادون قرمز با طول موج متوسط دارای طول موج ۳-۸ میکرومتر

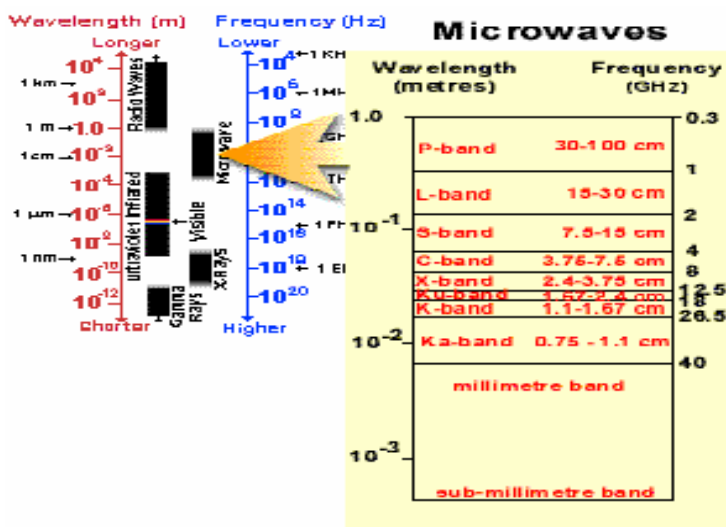
LWIR ، مادون قرمز با طول موج بلند دارای طول موج ۸-۱۵ میکرومتر

FIR ، مادون قرمز دور با طول موج طولانی تر از ۱۵ میکرومتر



امواج Microwave

طول موج این امواج از یک میلی متر تا یک متر می باشد که خود به چندین باند طیفی مختلف، تقسیم بندی می شود.



تقسیم بندی عکس از نظر زاویه دید

عکس ها از لحاظ دید به سه دسته تقسیم می شوند:

- عکس قائم: عکسی که دقیقاً موازی سطح منطقه (افق گرفته شده باشد) این عکس از رو ابط هندسی ساده ای برخوردار است و زاویه تیلت آن کمتر از 3 درجه است.
- عکس مایل: عکسی که در آن افق دیده نشود. این عکس دارای زاویه تیلت بیش از 3 درجه بوده و برای کارهای تفسیری به کار می رود. این عکس ها دارای هندسه پیچیده ای هستند.
- عکس خیلی مایل: در این عکس افق منطقه قابل رؤیت است و در کارهای شناسایی به کار می روند. همچنین این عکس ها دارای هندسه درهمی هستند.

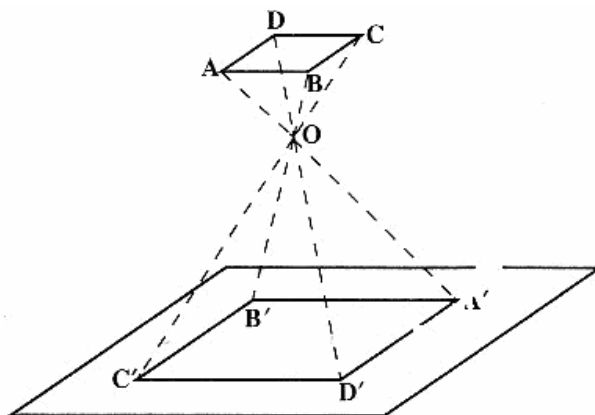
نکته: مقیاس در عکس قائم برای یک ارتفاع ثابت، ثابت است ولی در عکس مایل مقیاس متغیر است.

سیستم های تصویربرداری:

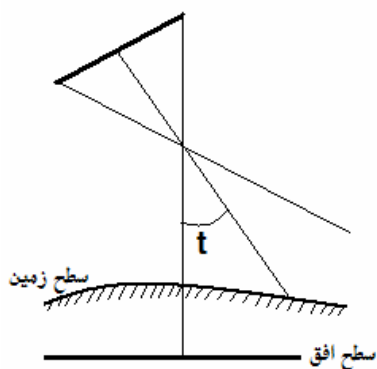
سیستم های تصویربرداری برای نگاشت عوارض بر روی سطح مبنا به کار می روند سیستم های تصویر برداری به دو دسته کلی تقسیم می شوند سیستم تصویر مرکزی و موازی که هر کدام به دو دسته قائم و مایل تقسیم بندی می شوند.

۱- سیستم تصویر برداری مرکزی قائم:

در این سیستم دو صفحه تصویر و عوارض با هم موازی بوده و شعاع های نوری از مرکز می گذرند.



۲- سیستم تصویربرداری مرکزی مایل:

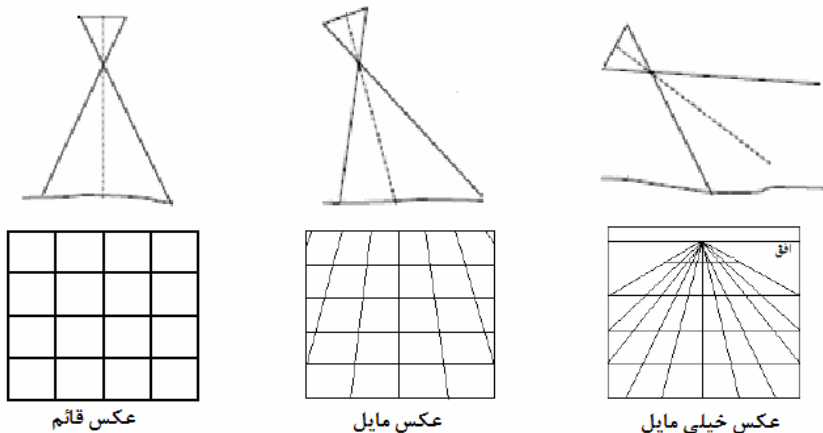


عکسهای مایل خود به دو دسته تقسیم میشوند:

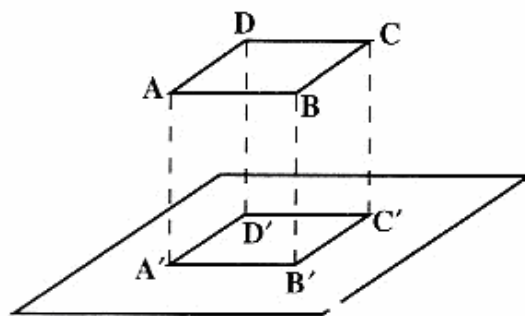
۱- عکسهای مایل که در آن افق دیده نمی شود. (low oblique).

۲- عکسهای خیلی مایل که در آن افق دیده می شود. (high oblique).

شکلهای زیر تصویر حاصل از یک شبکه منظم را در سه حالت قائم، مایل و خیلی مایل نشان می دهد.

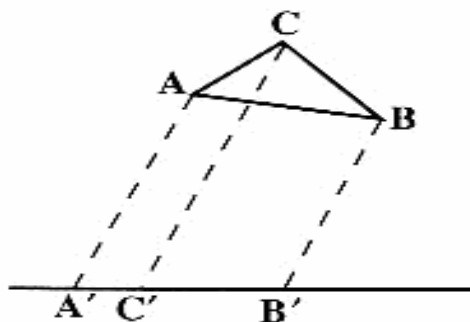


۳- سیستم تصویربرداری موازی قائم:



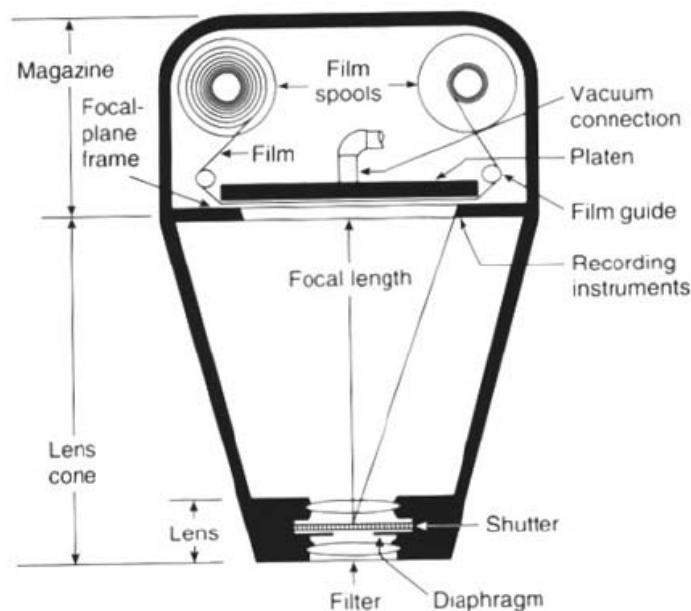
در نقشه برداری از این نوع عکس ها استفاده می شود. زیرا دارای دید عمودی از بالا است و تمام نقاط با زاویه قائم تصویر می شوند.

۴- سیستم تصویربرداری موازی مایل:



دوربین های عکسبرداری:





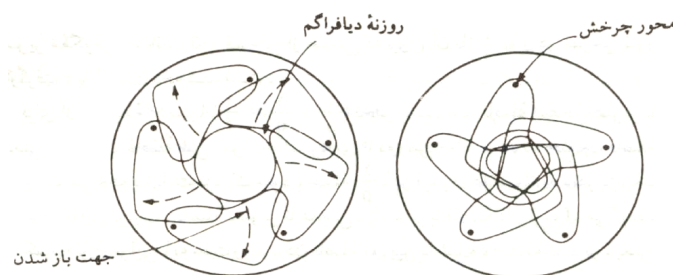
اجزای یک دوربین:

بدنه دوربین: قطعه‌ای که تمام اعضای دوربین در آن جای گرفته است و وظیفه آن نگهداری کل اجزای داخلی دوربین است.

مخزن دوربین: که خود شامل:

- قرقره‌ها: که وظیفه چرخاندن و تعویض فیلم را دارند.
- فیلم: بر روی قرقره‌ها در مخزن دوربین سوار می‌شود
- صاف کننده فیلم: که اکثراً با استفاده از یک سیستم مکشی سطح فیلم را در حین عکسبرداری صاف می‌کنند.

عدسی: که وظیفه آن بزرگنمایی و جمع‌آوری شعاع‌های نوری حاصل از انعکاس اجسام می‌باشد. شاتر: وظیفه این قسمت از دوربین کنترل کردن رسیدن نور به سطح فیلم است. (شاتر فقط باز و بسته می‌شود و بدین صورت در هنگام عکسبرداری عبور نور را کنترل می‌کند). شاتر میتواند در پشت عدسی یا بین عوامل تشکیل دهنده عدسی و یا در سطح کانونی در جلوی فیلم قرار گیرد. دیافراگم: تنظیم کننده میزان نور ورودی است.



فیلتر: این قسمت از دوربین:

- از طریق حذف عامل انکسار و تفرق باعث کم شدن اثر اتمسفری و حفظ شفافیت عکس می‌شود.

- باعث توزیع یکنواخت نور می شود.
- جلوگیری از ورود گرد و غبار به داخل بدنه دوربین و آسیب به عدسی
- قاب دوربین: که دوربین روی آن سوار می شود و قاب از نوسانات دوربین جلوگیری می کند.
- فاصله کانونی: فاصله نودال عقبی (نقطه گرهی عقبی) تا سطح فیلم را فاصله کانونی گویند.

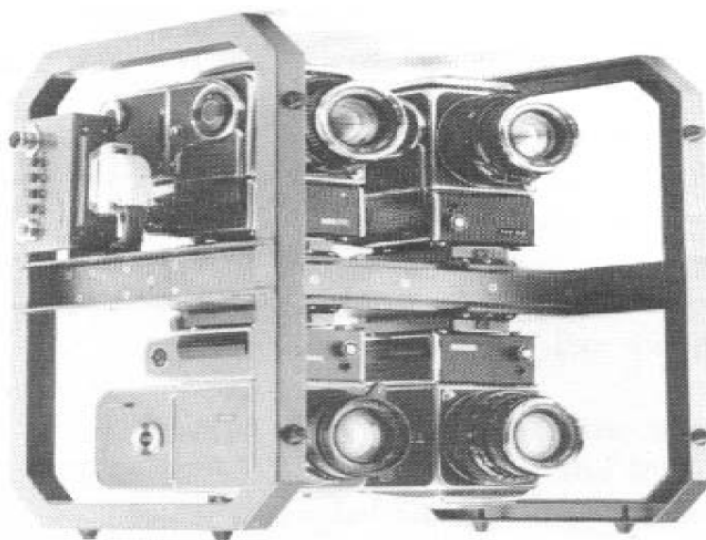
انواع دوربین های عکسبرداری از لحاظ ساختار تصویربرداری:

تک عدسی: یک دریچه دارد و در هر لحظه فقط یک عکس می گیرد.

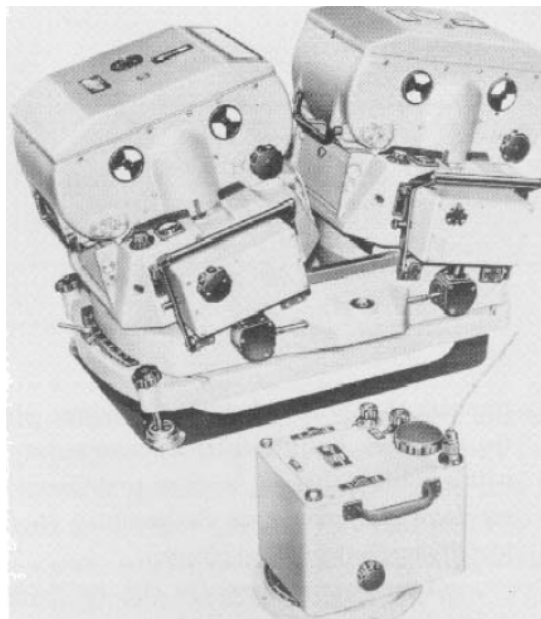
این نوع از دوربین ها عکس سیاه و سفید می گیرند و برای تهیه نقشه در فتوگرامتری متریک بکار می رود (پرکاربردترین نوع دوربین می باشد).



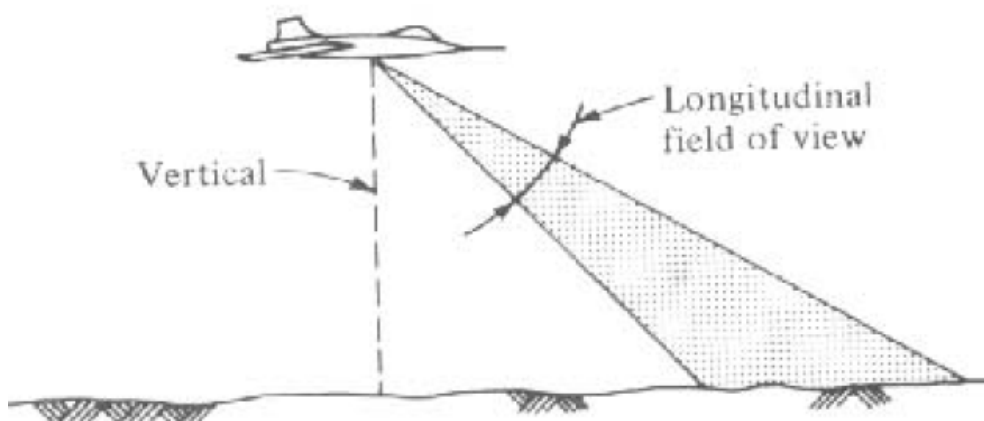
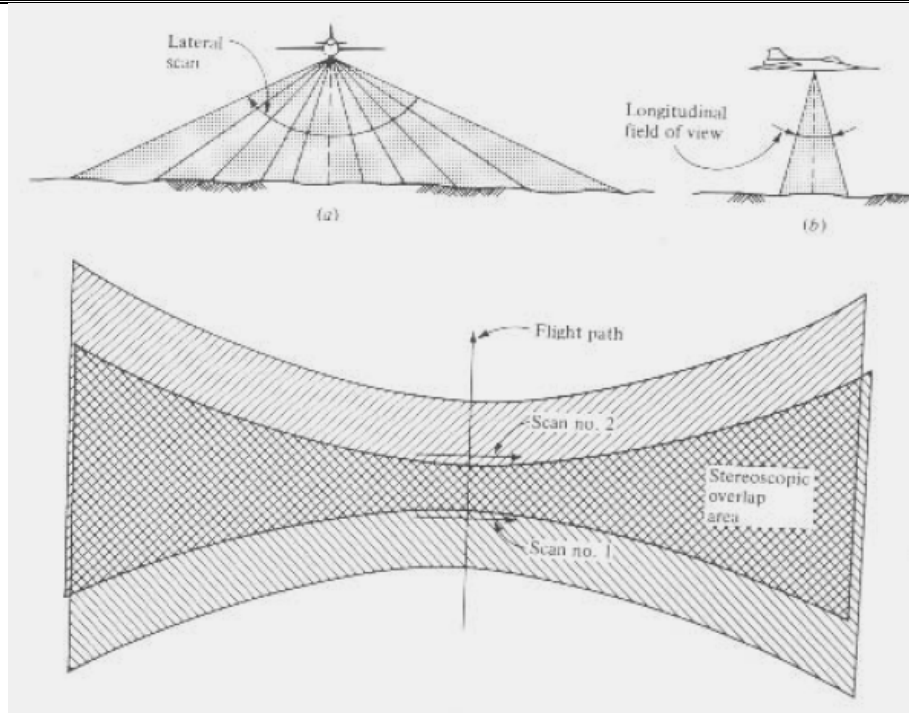
چند عدسی: این نوع از دوربین ها دارای چندین عدسی هستند و برای گرفتن عکسهای رنگی استفاده می شوند. این دوربین به تعداد عدسیهایی که دارند عکسهایی در طول موج های متفاوت می گیرند و در فتوگرامتری تفسیری کاربرد دارد.



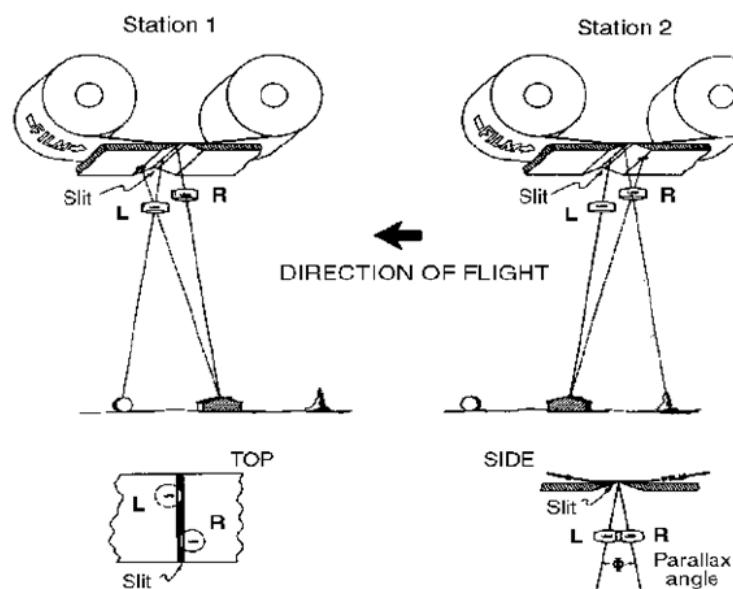
مقارَب: دو دوربین به طور مقارَب به گونه ای تنظیم می شوند که عکسهایی با پوشش 100 درصد بگیرند و برای کارهای دقیق از جمله تولید نقشه دقیق بکار می رود.



پانورامیک: دوربین هایی که در یک لحظه از افق تا افق منطقه را عکسبرداری می کنند این کار با چرخش محور دوربین به طرفین صورت می گیرد.



استریپ: به صورت پیوسته یک نوار متوالی را از یک منطقه عکسبرداری می کند.



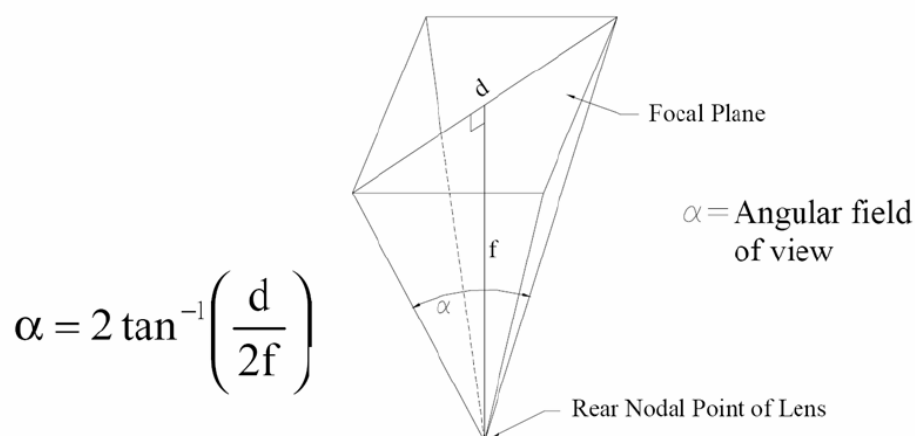
انواع دوربین های عکاسی از لحاظ مشخصات فنی:

بعد از این که دوربین ساخته شد به کارگاه کالیبراسیون برده می شود، این کارگاه مجهز به مسایل دقیق می باشد که در آنجا با تابانیدن نور به لنز نوری مرکز آنرا مشخص میکنند و یک نقطه ریاضی به دست می آید که نقطه نئودال نام دارد و آنرا در محاسبات به عنوان مبداء مختصات در نظر میگیرند و توسط آن مختصات فیدوشال مارک ها را بدست می آوریم. مشخصات فنی یا پارامترهای کالیبراسیون شامل مشخصات زیر می باشد:

فاصله کانونی، ابعاد قاب، زاویه میدان دید، اعوجاج عدسی، نقطه اصلی، مختصات علایم کناری و...
دوربین ها از لحاظ مشخصات فنی به دو دسته تقسیم بندی می شوند:

- **دوربین متریک:** کلیه مشخصات فنی در این دوربین ها مشخص بوده و دارای اطلاعات کالیبراسیون می باشند. در فتوگرامتری از دوربین های متریک استفاده می شود.
- **دوربین غیر متریک:** این گونه از دوربین ها مشخصات فنی مشخصی ندارند. از این دوربین ها برای کارهای معمولی و شناسایی استفاده می شود.

انواع دوربین های عکسبرداری هوایی از لحاظ زاویه دید:



دوربینهای هوایی با توجه به زاویه میدان عکسبرداری به چهار دسته تقسیم می‌شوند.

۱- زاویه باریک (Narrow Angle): $\alpha < 50^\circ$ و $305\text{mm} \pm 3\text{mm} = 12''$

در تولید عکس‌های کوچک مقیاس، شناسایی، تفسیر کلی منطقه و تهیه موزائیک عکسی بکار می‌رود.

۲- زاویه معمولی (Normal Angle): $50^\circ < \alpha < 75^\circ$ و $210\text{mm} \pm 3\text{mm} = 8.25''$

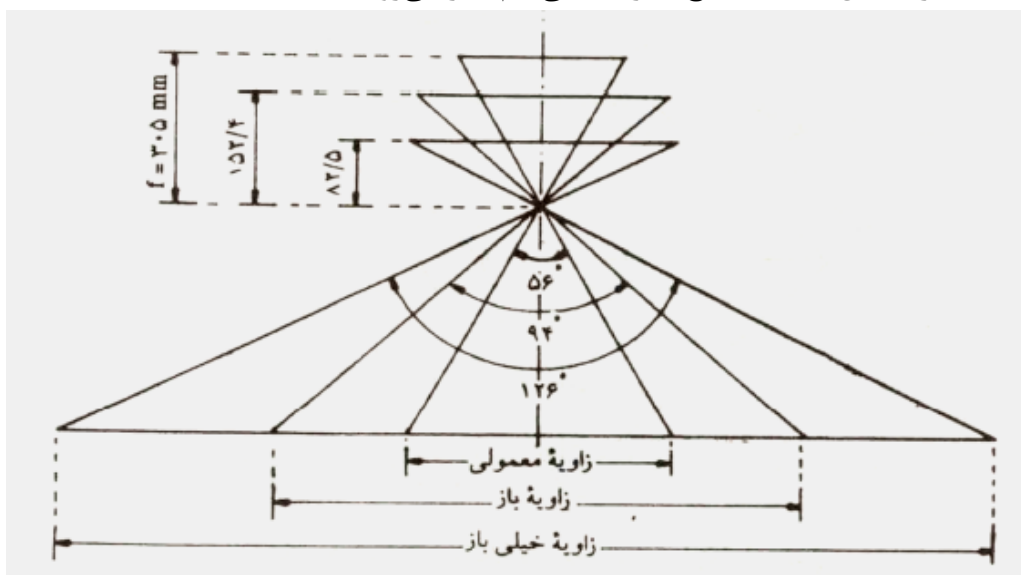
برای تفسیر عکس، تهیه نقشه از مناطق کوهستانی، عکسبرداری رنگی و تهیه موزائیک عکسی بکار می‌رود.

۳- زاویه باز (Wide Angle): $75^\circ < \alpha < 100^\circ$ و $152\text{mm} \pm 3\text{mm} = 6''$

این نوع دوربین متداول‌ترین نوع دوربین عکسبرداری جهت تهیه نقشه توپوگرافی از عکس هوایی می‌باشد.

۴- زاویه خیلی باز (Super Wide Angle): $\alpha > 100^\circ$ و $88.5\text{mm} \pm 3\text{mm} = 3.5''$

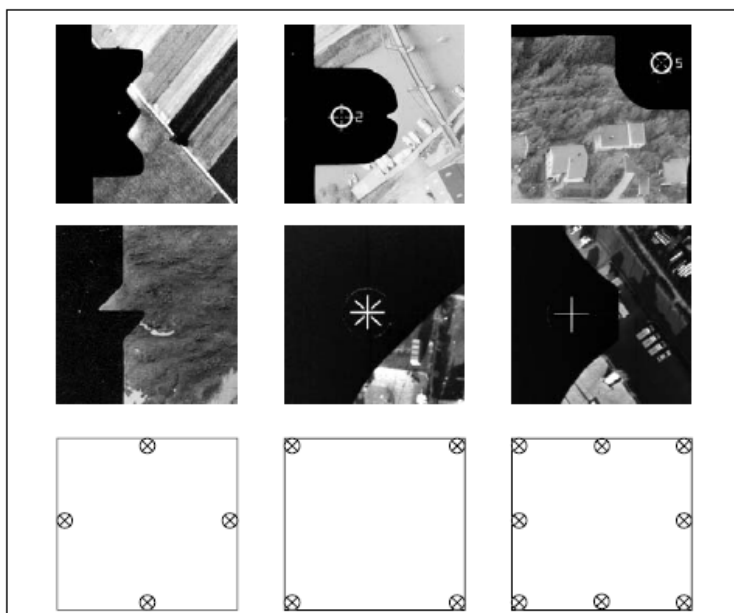
جهت تهیه نقشه از مناطق نسبتاً مسطح با برجستگی کم بکار می‌رود.



تعاریف:

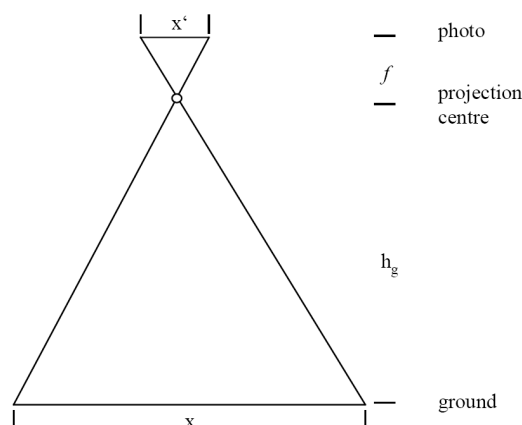
○ علائم کناری (Fiducial Marks):

علائم کوچک و نقطه ای موجود در گوشه های عکس که تعداد استاندارد آن ها ۸ عدد می باشد. که شامل ۴ فیدوشل مارک وسط ضلعی و ۴ فیدوشل مارک گوشه ای که اگر فیدوشل مارکها را به یکدیگر وصل کنیم نقطه حاصل از تقاطع آنها نقطه اصلی یا مرکز عکس خواهد بود.



○ مرکز تصویر (o) (Perspective Center)

نقطه ای را که همه شعاعهای نوری تصویر کننده از آن می گذرد (نقطه گرهی عقبی) مرکز تصویر می گویند که فاصله f (فاصله کانونی) از صفحه کانونی عدسی قرار دارد. مرکز تصویر موقعیت ریاضی ایستگاه عکسبرداری نیز می باشد.



○ فاصله کانونی (Focal length):

فاصله نقطه گرهی عقبی (مرکز تصویر) تا صفحه قاب حامل تصویر دوربین می باشد که مقداری مشخص و ثابت است. (فاصله بین نقطه نودال عقبی هر عدسی تا محل تمرکز شعاع های نوری ساع شده از بی نهایت در امتداد محور عدسی (محور نوری) را فاصله کانونی گویند).

○ محور نوری (Optical Axis):

خطی است که از مرکز عدسی (مرکز پرسپکتیو) به طور عمود بر سطح تصویر رسم شود.

○ نقطه اصلی (Principal Point - PP):

تصویر نقطه مرکز تصویر بر صفحه تصویر را گویند یا به عبارت دیگر نقطه برخورد محور نوری با سطح تصویر

○ نقطه نادیر (Nadir Point) (n)

محل برخورد امتداد قائم بر افق گذرنده از مرکز تصویر با صفحه تصویر را نقطه نادیر گویند.

○ زاویه تیل (Tilt Angle)

اگر عکسبرداری کاملاً قائم نباشد یعنی محور عکسبرداری در امتداد قائم قرارنگرفته باشد، زاویه‌ای بین امتداد شاقولی و محور عکسبرداری تشکیل می‌شود که زاویه تیل عکسبرداری نامیده می‌شود زاویه بین سطح صفحه کانونی عدسی و صفحه افق نیز همان زاویه تیل است.

اگر $t=0$ باشد $pn=0$ می‌شود

$$\tan t = \frac{\overline{pn}}{f} \Rightarrow \hat{t} = \arctan \frac{\overline{pn}}{f}$$

○ نقطه همبار (i) (Iso Center Point):

محل برخورد نیمساز زاویه بین دو امتداد قائم بر افق و محور عکسبرداری را (در صفحه این دو امتداد) با صفحه تصویر نقطه ایزوسنتر یا نقطه همبار گویند. در صورتی که زاویه تیل کمتر از ۴ درجه باشد می‌توان نقطه i را در وسط pn در نظر گرفت.

○ فاصله اصلی (Principal Distance)

فاصله مرکز تصویر تا تصویر را فاصله اصلی گویند و با حرف C نشان می‌دهند و در واقع فاصله صفحه‌ای است از مرکز تصویر که تصویر در آن صفحه فوکوس می‌شود. در عکسبرداری هوایی چون جسم در بی‌نهایت فرض می‌شود تصویر آن در صفحه کانونی فوکوس می‌شود پس فاصله اصلی با فاصله کانونی برابر است ولی در دستگاه‌های تبدیل چنین نیست.

○ نقطه نظیر (Conjugate Point)

نقاط معادل مربوط به عوارض یکسان که در دو عکس با پوشش مشترک ظاهر می‌گردد.

○ خط اصلی (Principal line)

محل تقاطع صفحه عکس با صفحه ای متشکل از خط شاقولی و محور نوری می‌باشد. (خط واصل بین نقطه نادیر و نقطه اصلی)

○ صفحه اصلی (principal plane)

صفحه اصلی صفحه‌ای است که از خط اصلی و مرکز تصویر می‌گذرد پس شامل نقطه نادیر، نقطه اصلی، نقطه همبار، محور اصلی و خط اصلی هم می‌باشد.

○ خط همبار یا ایزولاین (Iso Line)

امتداد محور دوران را که خطی افقی، گذرنده از نقطه همبار و عمود بر خط اصلی است را خط همبار یا ایزولاین می‌گویند.

○ ارتفاع پرواز

فاصله مرکز تصویر تا صفحه افقی مبنای ارتفاعات را ارتفاع پرواز گویند که معمولاً کنتور نشان دهنده آن روی تصویر ثبت می‌شود.

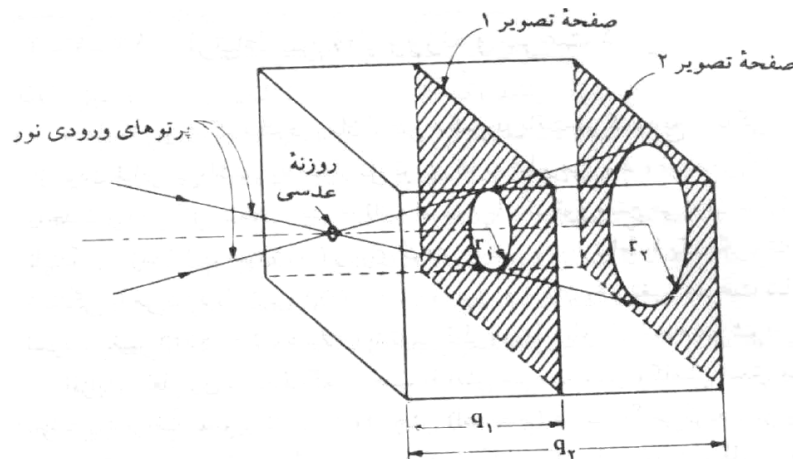
 ○ ارتفاع متوسط منطقه (h_m)

متوسط ارتفاعهای نقاط مختلف منطقه یا بعبارت دیگر ارتفاع سطح متوسط منطقه از سطح مبنا می‌باشد. بنابراین اگر H ارتفاع پرواز از سطح مبنا باشد و ارتفاع متوسط زمین h_m باشد ارتفاع پرواز از سطح زمین برابر است با :

$$H - h_m$$

○ روزنه نسبی (Relative Aperture)

نسبت فاصله کانونی هر عدسی به قطر آن را روزنه نسبی یا f-stop و یا f-number گویند. از f-stop برای نشان دادن قدرت عدسی برای جمع آوری نور استفاده می‌شود. هرچه f-stop کوچکتر باشد قدرت عدسی بیشتر است.



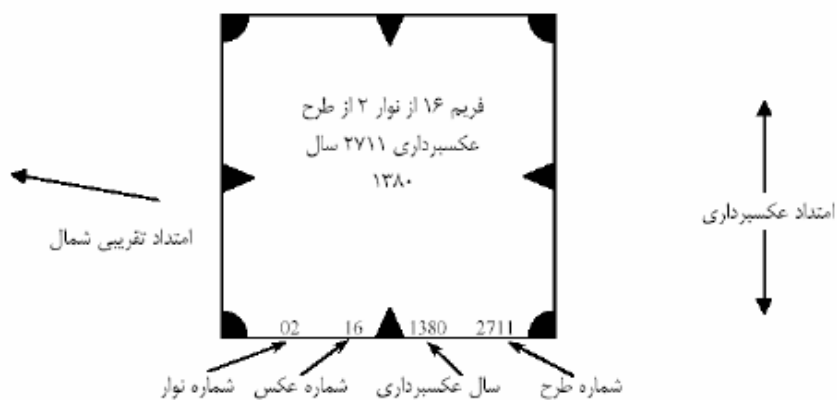
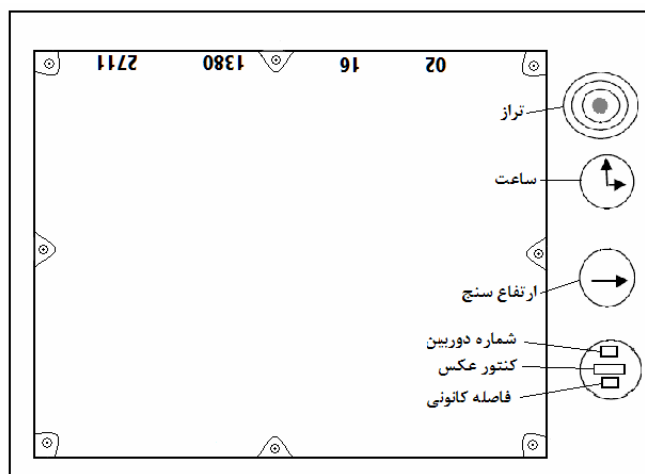
با توجه به ثابت بودن فاصله کانونی تنها می‌توان دیافراگم را کم و زیاد کرد. نسبت f-stop ها برابر با جذر سرعت شاتر آنها می‌باشد :

$$\frac{Fs_2}{Fs_1} = \sqrt{\frac{V_2}{V_1}}$$

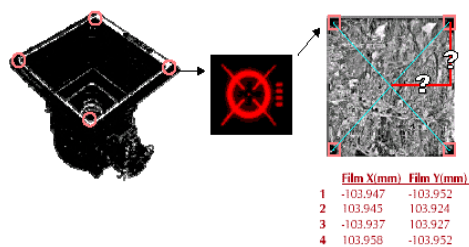
مثال: اگر سرعت شاتر یک دوربین عکس برداری برابر با $\frac{1}{500}$ ثانیه و $fs = 4$ تنظیم شده باشد در صورتی که بخواهیم سرعت شاتر را به $\frac{1}{1000}$ ثانیه افزایش دهیم مقدار f/stop چقدر باید باشد؟

$$\frac{Fs_2}{Fs_1} = \sqrt{\frac{V_2}{V_1}} \Rightarrow \frac{Fs_2}{4} = \sqrt{\frac{1000}{\frac{1}{500}}} \Rightarrow \frac{Fs_2}{4} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow Fs_2 = \frac{4}{\sqrt{2}}$$

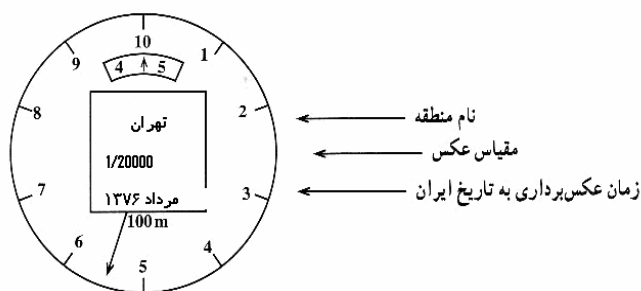
اطلاعات حاشیه ای عکس:



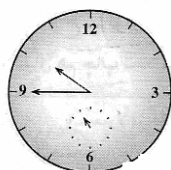
علائم کناری: مرکز تصویر را مشخص می کنند.



ارتفاع سنج: ارتفاع هواپما را نسبت به سطح مبنا نشان می دهد.



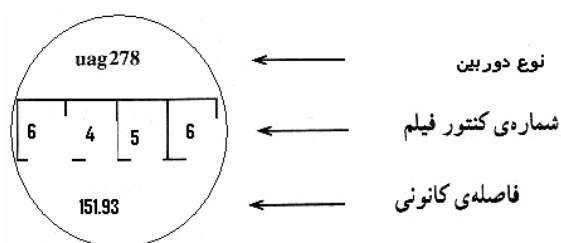
ساعت: با داشتن ساعت عکسبرداری می توان اطلاعات بیشتری را از روی عکس تفسیر کرد، از جمله تحلیل سایه ها و فاصله زمانی در عکس مجاور.



تراز: با مشخص بودن تراز بر روی عکس می توان میزان تقریبی انحراف دوربین (زاویه Tilt) را محاسبه نمود.



شماره دوربین، شماره فیلم، فاصله کانونی، شماره خط پرواز، شماره عکس، سال پرواز، شماره طرح یا بلوک، نام منطقه .



بلوک: به مجموعه ای از چند نوار پروازی بلوک می گویند. اطلاعات حاشیه ای عکس بسته به پروژه های مختلف و دوربین های مورد استفاده متغیر می باشد.



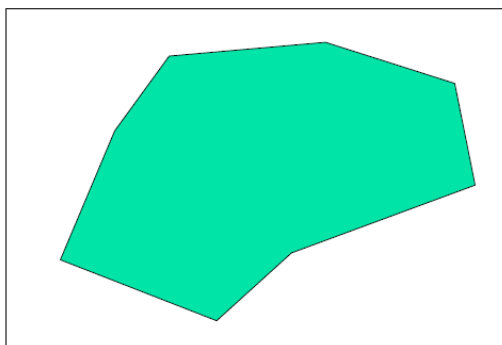
فصل سوم

عکسبرداری هوایی

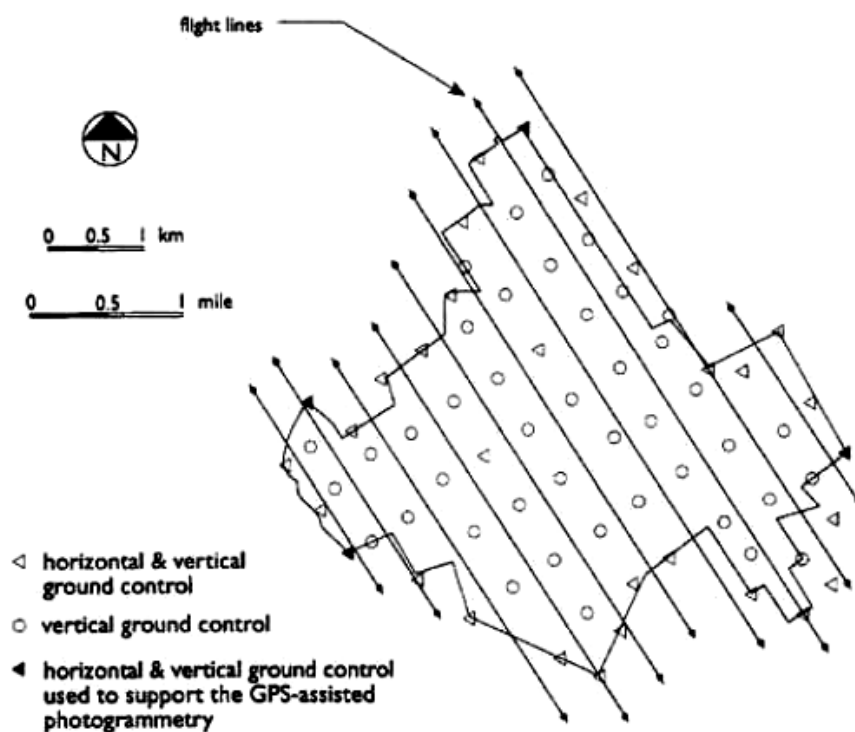


مراحل عکسبرداری هوایی:

- طراحی پرواز محدوده عکسبرداری
- تعیین محدوده روی نقشه یا عکس با مقیاس ۱:۵ مقیاس عکسبرداری انجام می‌شود.



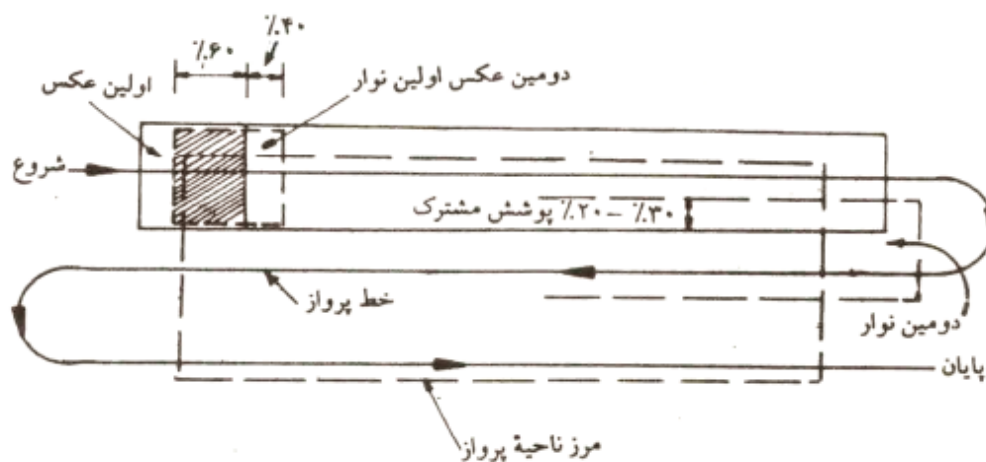
- پرواز: که بصورت نوار به نوار (Run) انجام می‌پذیرد.



○ عکسبرداری: در هنگام پرواز عکس ها با پوشش مشترک گرفته می شوند.

○ چاپ

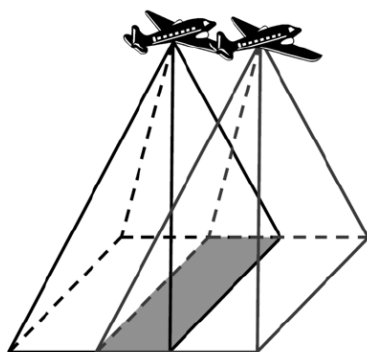
پوشش عکس ها معمولاً به دو صورت پوشش طولی و عرضی مشترک می باشد.



پوشش طولی (End Lap): در طول یک پرواز عکس هایی که گرفته می شوند دارای همپوشانی طولی تقریباً ٪۶۰ هستند که آن را پوشش طولی می نامند.

پوشش عرضی (Side Lap): نوارهای پروازی دارای پوشش عرضی ٪۳۰ - ٪۱۵ می باشند.

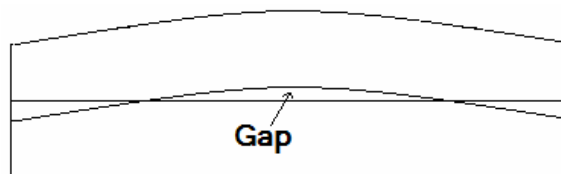
دلایل هم پوشانی:



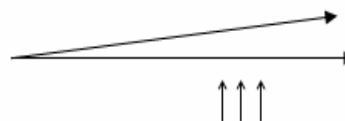
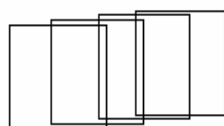
- یک نقطه در عکس های متفاوت ظاهر می شود. که در این صورت می توان معادلات ریاضی مختلفی را برای آن نقطه نوشت.
 - ایجاد امکان برجسته بینی (Stereo Pair)
 - استفاده از قسمت مرکزی عکس برای ایجاد موزائیک تصویری. که نتیجه آن خطای کمتر خواهد بود.
- پوشش طولی را معمولاً می توان به وسیله دستگاه های اتوماتیک حفظ کرد ولی حفظ پوشش عرضی مشکل بوده و با خطاهای متعددی مواجه می شویم.

مشکلات عکس برداری:

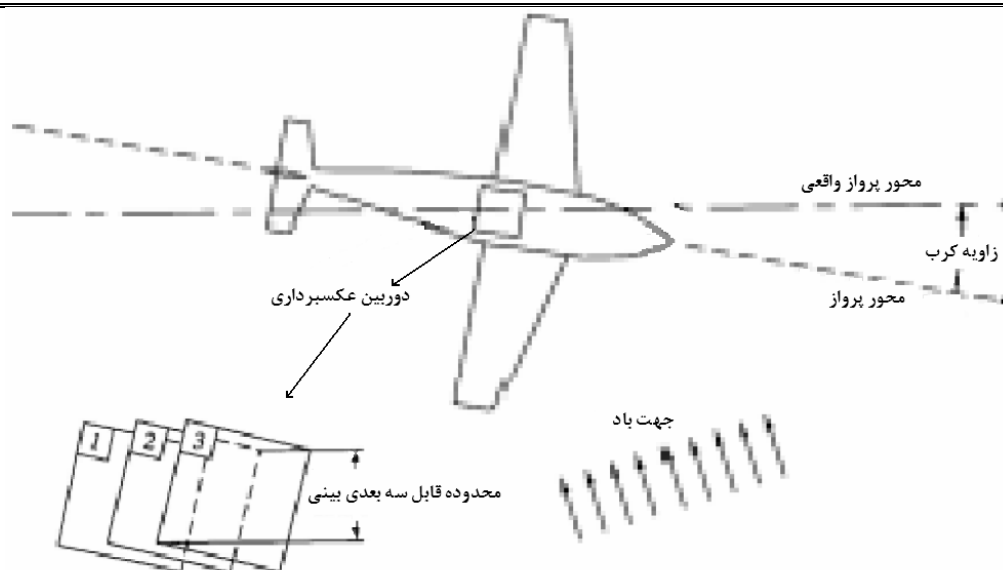
- گپ (Gap): به فاصله های میان نوارها گویند که به هر علتی عکسبرداری نشده است. یکی از علت های بوجود آورنده گپ پرواز نکردن هواپیما در خطوط طراحی شده می باشد (عدم رعایت صحیح پوشش عرضی). برای اصلاح این مشکل باید در نواری که گپ ایجاد شده است پرواز مجدد صورت گیرد.



- دریفت (Drift): انحراف از مسیر پروازی تعیین شده را دریفت گویند. که در اثر طوفان و باد به وجود می آید. در اثر دریفت لبه های عکس موازی ولی پله پله می شوند.

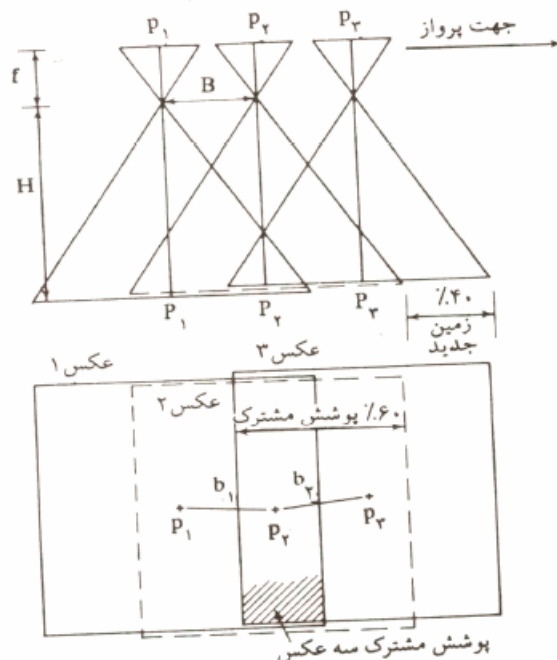


- کرب (Crab): به منظور جبران دریفت هواپیما را می توان کمی در خلاف جهت باد مایل نمود که اگر در این حالت سر دوربین اصلاح نگردد عکس ها نسبت به خط پرواز انحراف خواهند داشت که سبب بروز مشکل کرب می شود. از نشانه های کرب موازی نبودن لبه عکس ها با خط پرواز می باشد. اگر میزان دریفت و کرب زیاد باشد گپ قابل توجهی به وجود می آید.



انواع باز (Base):

- باز چشم: فاصله بین دو مردمک چشم را باز چشم گویند.
 - باز عکس: فاصله میان دو مرکز عکس مجاور بر روی عکس را گویند.
 - باز هوایی (B): فاصله میان دو مرکز تصویر در حین پرواز یا حالت واقعی را باز هوایی گویند.
 - باز دستگاهی: فاصله بین دو مرکز تصویر در دستگاه تبدیل را گویند.
- نسبت بازهوایی به ارتفاع پرواز باید مقدار مناسبی باشد زیرا کوچک شدن $(\frac{B}{H})$ که در اثر کم شدن بازهوایی یا افزایش ارتفاع پرواز بوجود می‌آید سبب کوچک شدن زاویه پارالاکتیک و در نتیجه کوچک شدن Δx حاصل از اختلاف ارتفاع می‌شود. کوچکی Δx از دقت دید برجسته بینی می‌کاهد بعبارت دیگر هرچه این نسبت $(\frac{B}{H})$ بیشتر باشد دقت ارتفاعی بیشتر است. چنانچه باز هوایی زیاد شود میزان هم پوشانی کم می‌شود.



سطح موثر عکس

۱- سطح موثر یک عکس (تک عکس):

$$A = \left(a \frac{H - h_m}{f} \right)^2$$

A: سطح موثر تک عکس (بر حسب m^2)

a: اندازه یک ضلع عکس (بر حسب m)

H: ارتفاع پرواز از سطح دریا

 h_m : ارتفاع متوسط منطقه $H - h_m$: ارتفاع پرواز از سطح زمین (بر حسب m)

f: فاصله کانونی (بر حسب m)

مثال: اگر ارتفاع پرواز از سطح دریا ۴۰۴۰ متر و ارتفاع متوسط منطقه ۱۰۰۰ متر و فاصله کانونی دوربین ۱۵۲mm مساحتی که یک عکس ۲۳×۲۳cm در زمین می پوشاند چقدر است؟

$$A = \left(a \frac{H - h_m}{f} \right)^2 \Rightarrow A = \left(0.23 * \frac{4040 - 1000}{0.152} \right)^2 = 21160000 m^2 = 2116 ha$$

۲- سطح موثر مدل:

با توجه به پوشش طولی و عرضی هر عکس با عکس بعدی سطح موثر هر عکس در تشکیل مدل برابر است با:

A: سطح موثر هر عکس (بر حسب هکتار)

a: ضلع (طول) عکس (بر حسب cm)

 L_c : پوش طولی (۰/۶ = ۶۰٪) S_c : پوش عرضی

N: عدد مقیاس عکس (عدد مخرج مقیاس متوسط عکس)

$$A = \frac{a^2 (1 - L_c)(1 - S_c) N^2}{10^8}$$

کیفیت عکس هوایی

عوامل موثر در کیفیت عکس هوایی (وضوح تصویر) عبارتند از:

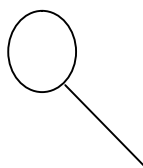
۱. قدرت اپتیکی دوربین عکسبرداری: هر چه عدسی قویتر باشد، اعوجاج کمتر و در نتیجه کیفیت عکس نهایی بهتر است. به عنوان مثال اگر برای بیان قدرت تفکیک اپتیکی دوربین 60 Lp/m است یعنی ۶۰ خط در هر میلیمتر روی عکس دیده می شود.

۲. قدرت نقش بندی و کنتراست قشر حساس فیلم

۳. شرایط جوی در زمان عکسبرداری

۴. شدت و زاویه ارتفاعی تابش خورشید: زاویه ارتفاعی کم سایه های بلند ایجاد می کند و کیفیت عکس را پایین می آورد و ممکن است عوارضی را حذف کند و یا به صورت تیره نشان دهد. (θ : زاویه ارتفاعی تابش)

خورشید



۵. کیفیت ظهور و چاپ (عملیات پردازش در لابراتور عکاسی)

مثال: در یک طرح عکسبرداری فاصله کانونی دوربین عکسبرداری استفاده شده برابر با ۱۵۲ mm قدرت تفکیک سیستم عکسبرداری برابر ۴۰ زوج خط در میلیمتر می باشد و ارتفاع هواپیما از زمین ۶۰۸۰ متر است قدرت تفکیک زمینی بر حسب زوج خط در هر متر چقدر است.

$$s = \frac{f}{H} = \frac{0.152}{6080} = \frac{1}{40000}$$

$$R_g = \frac{N_s}{Lp \times 1000} = \frac{40000}{40 \times 1000} = 1$$

قدرت تفکیکی زمینی = ۱ خط در متر = زوج خط ۴۰ در هر میلیمتر روی عکس

خصوصیات یک عکس هوایی مطلوب:

یک عکس هوایی مطلوب عکسی است که :

۱. تشخیص عوارض از یکدیگر به خوبی صورت پذیرد (جزئیات در آن عکس واضح باشد).
۲. عوارض در سایه ها به خوبی دیده شوند.
۳. سایه های بلند در عکس وجود نداشته باشد.
۴. خطای اتمسفری در عکس به حداقل برسد.

هندسه عکس هوایی

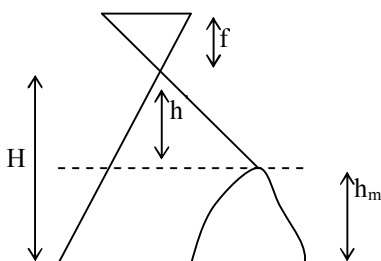
مقیاس (Scale)

$$S = \frac{f}{h'}$$

$$h' = H - h_m$$

$$S_m = \frac{f}{H - h_m}$$

۱- مقیاس در عکس قائم:



f : فاصله کانونی (در اطلاعات کالیبراسیون داده می شود).

h_m : ارتفاع متوسط منطقه

h' : ارتفاع پرواز از سطح متوسط منطقه

H : ارتفاع پرواز از سطح مبنا

$$h_m = \frac{h_{\max} + h_{\min}}{2}$$

نتایج فرمول بالا:

۱- مقیاس در قسمت های مختلف عکس هوایی متفاوت است.

۲- مقیاس در عکس قائم در نقاط هم ارتفاع برابر است.

مثال: الف) هواپیمایی از ارتفاع ۵۰۰۰ متری از سطح متوسط دریا از منطقه ای با ارتفاع متوسط ۲۰۰۰ متری با دوربینی با فاصله کانونی ۱۵۲mm عکس هوایی تهیه می کند مطلوب است مقیاس متوسط عکس؟

$$S = \frac{f}{H - h_m} \quad S = \frac{0.152}{5000 - 2000} \cong \frac{1}{20000}$$

ب) اگر ۲۰ عکس هوایی با همین شرایط در طول یک نوار گرفته شود و عرض هر عکس ۲۳ cm فرض شود محاسبه نمایید با پوشش طولی ۶۰٪ سطح تقریبی پوشیده شده توسط عکس ها بر روی زمین چقدر خواهد بود؟

مساحتی که هر تک عکس روی سطح زمین می پوشاند:

$$S = (n + c - nc)A$$

A: مساحت یک عکس

n: تعداد عکس ها

c: پوشش طولی

$$A = \left(a \frac{H - h_m}{f} \right) = \left(0.23 * \frac{5000 - 3000}{0.152} \right)^2 = 2060.6821 \text{ ha}$$

$$S = (n + c - nc)A = (20 + 0.6 - 20 * 0.6) * 2060.6821 = 17721.8663 \text{ ha}$$

۲- مقیاس در عکس مایل (تیلت دار):

در عکس مایل (تیلت دار) تیلت در جهت خط اصلی اتفاق می افتد.

S: زاویه Swing

S_t : مقیاس در عکس تیلت دار

H: ارتفاع پرواز از سطح مبنا

h_p : ارتفاع نقطه از سطح مبنا

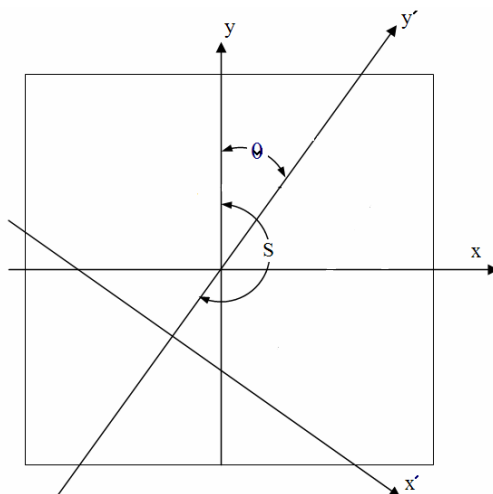
t: زاویه تیلت

x و y: مختصات عکسی

$$S_t = \frac{f \sec t - y' \sin t}{H - h_p}$$

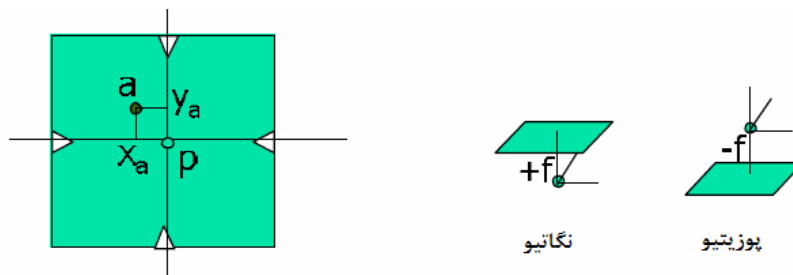
$$y' = y \cos \theta - x \sin \theta + f \tan t$$

$$\theta = 180^\circ - S$$



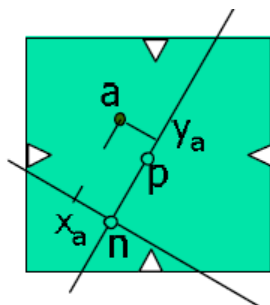
مختصات عکسی در سیستم مختصات عکسی اندازه گیری می شود که در سیستم مختصات عکسی محورهای x و y توسط علائم کناری مشخص میگردد و مرکز مختصات همان نقطه اصلی می باشد. برای ایجاد یک سیستم مختصات

دست راستی محور z را به سمت بالا رسم می کنیم. در یک نوار محور x در جهت خط پرواز و مقدار z برابر فاصله کانونی است.



سیستم مختصات کمکی عکسی در عکس های تیلت دار

در این سیستم خط بزرگترین شیب (خط اصلی) را محور y ها تشکیل می دهد و در محل نقطه همبار محور x ها بر محور y ها عمود می شود. (جابجایی ناشی از تیلت نسبت به نقطه همبار شعاعی است)

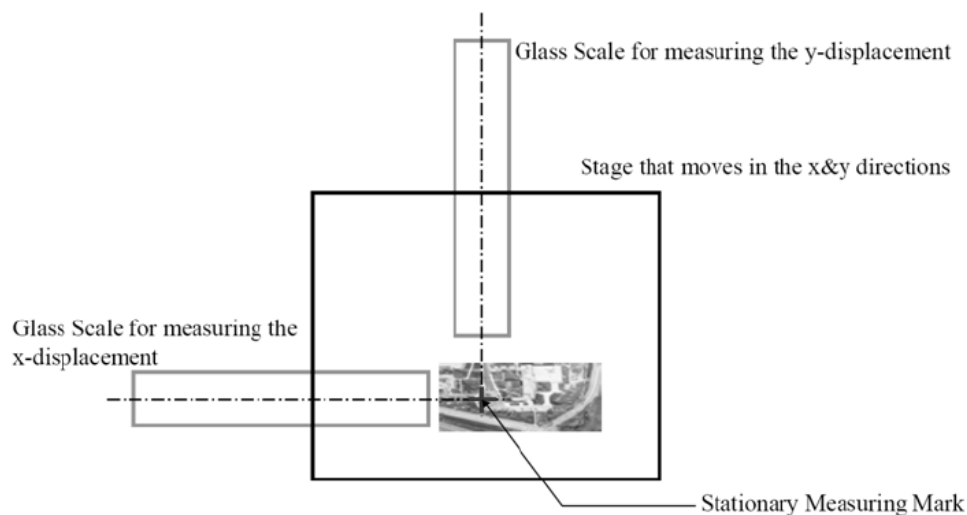


اندازه گیری مختصات عکس

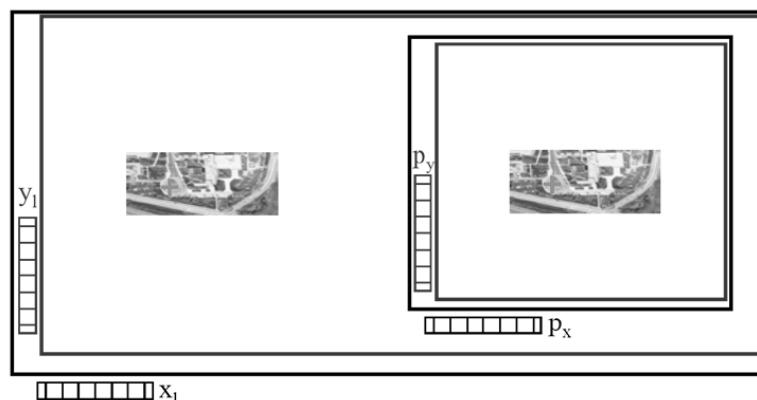
اندازه گیری مختصات عکسی توسط کمپاراتورها (Comparator) انجام می شود.

دستگاه های کمپاراتور بر دو نوع هستند:

(۱) مونو کمپاراتورها: این دستگاه اندازه گیری را بر روی یک عکس انجام می دهد. (فقط تک عکس می پذیرد).



۲) استریو کمپاراتورها: این نوع از دستگاه ها زوج عکس پوشش دار می پذیرند و اندازه گیری را بر روی قسمت مشترک دو عکس انجام می دهند. در استریو کمپاراتورها دو صفحه برای عکس ها وجود دارد که زوج عکس در آن قرار می گیرد.



در واقع کار کمپاراتورها محاسبه مختصات، قرائت زاویه و قرائت طول می باشد. اجزای مونو کمپاراتورها:

- صفحه متحرک (در جهت x و y)
- پیچهای حرکت x و y
- چشمی
- دستگاه های نمایش و ثبت مختصات

مختصات زمینی

۱- مختصات زمینی در عکس قائم :

در این سیستم فرض بر آن است که محورهای عکس و مختصات زمینی در یک راستا هستند و مبدأ سیستم مختصات زمینی تصویر مرکز عکس (نقطه اصلی) می باشد.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \frac{H-h}{f} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

تمرین: در روی یک عکس قائم مختصات دو نقطه عکسی A و B بصورت زیر اندازه گیری شده‌اند، اگر عکس در ارتفاع ۲۳۸۰ m از سطح دریا و با فاصله کانونی ۲۰۸ mm گرفته شده باشد طول AB را بر روی زمین برآورد کنید.

نقطه	x (cm)	y (cm)	h (m)
A	-2	-3	900
B	-5	4	1200

۲- مختصات زمینی در عکس مایل:

محور Y زمینی در صفحه اصلی و X از نقطه نادیر زمینی عبور می کند. بنابراین نقطه نادیر زمینی مبدأ سیستم مختصات زمینی اختیاری می باشد.

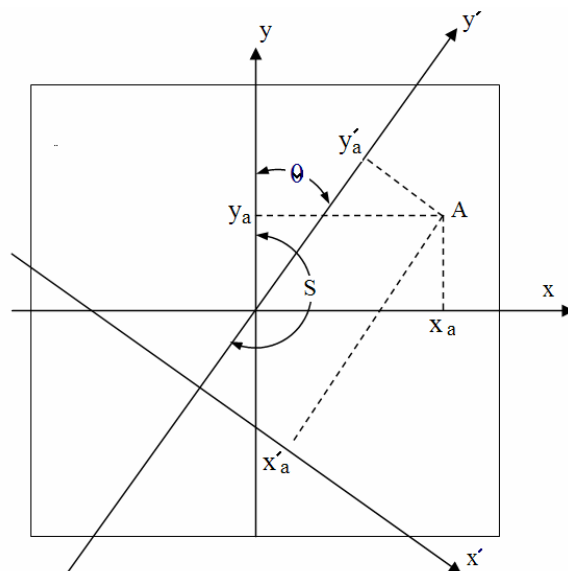
$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$y' = -x \sin \theta + y \cos \theta + f \tan t$$

$$\theta = 180 - s$$

$$X = \frac{H-h}{f \sec t - y' \sin t} x'$$

$$Y = \frac{H-h}{f \sec t - y' \sin t} y' \cos t$$



مثال: دو نقطه B, A به ترتیب در ارتفاعهای ۱۰ و ۴۰ متری نسبت به سطح تراز مرجع قرار گرفته‌اند یک عکس نزدیک به قائم از ارتفاع ۲۰۰۰ متری با یک دوربین به فاصله کانونی ۱۵۲ میلیمتر از این نقاط گرفته شده است. مختصات این نقاط در روی عکس، نسبت به دستگاهی که از اتصال علائم حاشیه‌ای بدست می‌آید، به وسیله یک کمپراتور به شرح زیر اندازه‌گیری شده است.

نقطه	X(mm)	Y(mm)
a	+۵۰/۰۰	+۱۰۰/۰۰
b	-۱۰۰/۰۰	+۸۰/۰۰

اگر تیلت و سوینگ عکس به ترتیب ۲ و ۲۰ باشند، فاصله افقی AB در سطح زمین چقدر است؟
حل:

$$x'_a = -۵ \cdot \cos ۲۰^\circ + ۱۰۰ \cdot \sin ۲۰^\circ = -۱۲/۷۸ \quad mm$$

$$y'_a = -۵ \cdot \sin ۲۰^\circ - ۱۰۰ \cdot \cos ۲۰^\circ \cdot ۱۵ \tan ۲^\circ = -۱۰۵/۷۶ \quad mm$$

$$x'_b = ۱۰۰ \cdot \cos ۲۰^\circ + ۸۰ \cdot \sin ۲۰^\circ = +۱۲۱/۳۳ \quad mm$$

$$y'_b = -۱۰۰ \cdot \sin ۲۰^\circ - ۸۰ \cdot \cos ۲۰^\circ + ۱۵۲ \tan ۲^\circ = ۳۵/۶۶ \quad mm$$

مختصات ترمیم شده برابرند با:

$$x''_a = -۱۲/۷۸$$

$$y''_a = -۱۰۵/۷۶ \times \cos ۲^\circ = -۱۰۵/۷۰ \quad mm$$

$$x''_b = +۱۲۱/۳۳$$

$$y''_b = -۳۵/۶۶ \times \cos ۲^\circ = -۳۵/۶۴ \quad mm$$

مختصات نقاط در زمین برابرند با :

$$X_A = \frac{-12/78(2000 - 10)}{155/78} = -163/26 m$$

$$Y_A = \frac{-105/70(2000 - 10)}{155/78} = -1350/26 m$$

$$X_B = \frac{-121/33(2000 - 40)}{153/33} = +1550/95 m$$

$$Y_B = \frac{-35/64(2000 - 40)}{153/33} = -455/58 m$$

و بالاخره فاصله افقی D,AB برابر است با :

$$D = [(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$D = (1714/21^2 + 849/68^2)^{\frac{1}{2}} = 1933/64 \text{ متر}$$

جابجایی ارتفاعی

جابجایی ارتفاعی (Relief Displacement) عبارتست از:

پدیده ای بر روی عکس که در اثر اختلاف ارتفاع عوارض و جابجایی ارتفاعی برای نقاط مرتفع به سمت خارج نقطه نادیر و پای نقاط گود به سمت نقطه نادیر می باشد.

$$\Delta r = r \frac{\Delta H}{H}$$

$r = nb$ در فیلم (نگاتیو) تا نوک عارضه

$r = na$ در عکس (پوزیتیو) تا پای عارضه

$$\Delta r = ab$$

جابجایی ارتفاعی به عواملی زیر بستگی دارد:

- ارتفاع پرواز
- فاصله کانونی
- ارتفاع عارضه
- محل عارضه نسبت به مرکز
- با نزدیک شدن به مرکز عکس جابه جایی ارتفاعی کمتر می شود.
- هر چه ارتفاع پرواز بیشتر باشد جابجایی ناشی از اختلاف ارتفاع کمتر است.
- هر چه مقیاس کوچکتر باشد جابجایی کمتر می شود.
- در مناطق کوهستانی برای کم کردن اثر جابجایی از دوربین هایی با فاصله کانونی بزرگ استفاده می شود.
- جابجایی ناشی از عوارض مرتفع تر همیشه بیشتر است.
- جابجایی ناشی از اختلاف ارتفاع نسبت به نقطه نادیر شعاعی است.

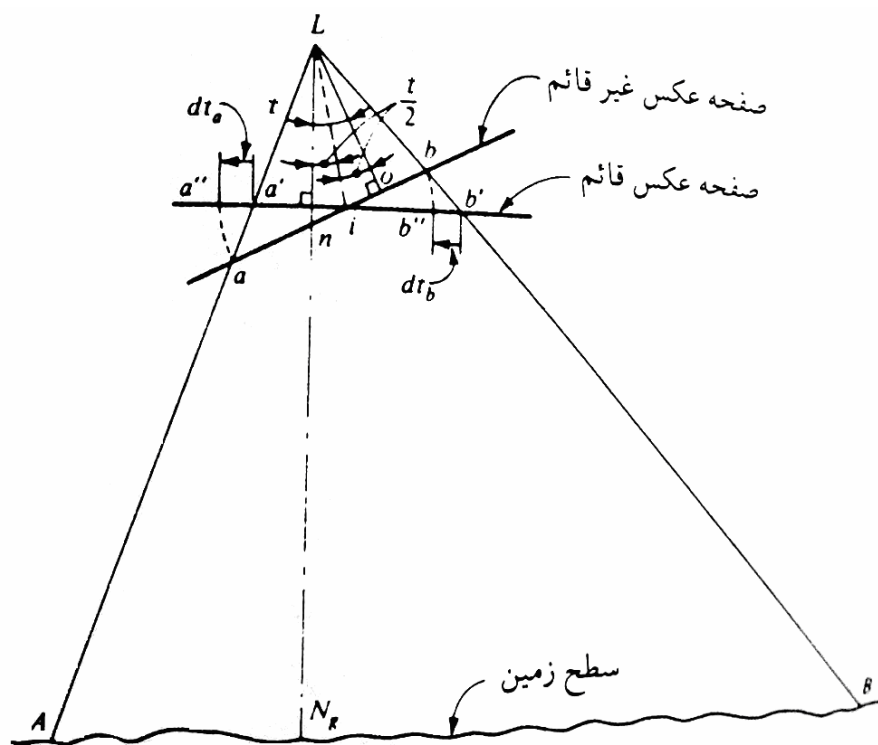
مثال ۱: هر گاه ارتفاع پرواز از سطح زمین ۳۰۰۰ متر و زمین مسطح فرض شود مطلوب است ارتفاع تقریبی یک دکل برق که جابجایی تصویری ناشی از ارتفاع آن بر روی عکس ۰/۱ mm و فاصله تصویر نوک این دکل تا نقطه نادیر ۸ mm باشد؟

$$\Delta r = r \frac{\Delta H}{H} \Rightarrow \Delta H = \frac{H}{r} \Delta r \Rightarrow \Delta H = \frac{3000}{8 \times 10^{-3}} (0.1 \times 10^{-3}) = 37.5 \text{ m}$$

نکته: جابجایی تصویر روی عکس هوایی در یک مقیاس ثابت به ارتفاع جسم و تیلت بستگی دارد.
 نکته: بهترین راه کم کردن اثر جابه جایی ارتفاعی در مقیاس ثابت افزایش پوشش طولی و عرضی می باشد.
 مثال ۲:

جابجایی ناشی از تیلت

مقدار جابجایی ناشی از تیلت برابر است با فاصله شعاعی هر نقطه از ایزوسنتر بر روی عکس قائم، منهای فاصله شعاعی از نقطه ایزوسنتر تا تصویر نقطه بر روی عکس غیر قائم.



تفاوت جابجایی ناشی از تیلت با جابجایی ناشی از اختلاف ارتفاع عبارتند از:

- (۱) مقدار آن ناچیز و قابل چشم پوشی می باشد.
- (۲) هر چه از مرکز عکس دورتر شویم میزان جابجایی ناشی از تیلت بیشتر می شود.
- (۳) جابجایی ناشی از تیلت نسبت به نقطه همبار شعاعی است.

نکته :

- ۱- جابجایی ناشی از تیلت به فاصله کانونی بستگی دارد که رابطه اشان عکس یکدیگر است.
- ۲- جابجایی ناشی از تیلت در روی خط عمود بر خط بزرگترین شیب در نقطه همبار صفر است.

$$d = \left(180 * \frac{1000}{3600} * \frac{1}{500} * \frac{0.150}{4500 - 1800} \right) = 0.0000055 \text{ m} = 5.5 \mu\text{m}$$

روشهای حذف خطای کشش تصویر:

- ۱- استفاده از هواپیماهای کم سرعت (با کم شدن v ، d نیز کوچک می شود.)
- ۲- استفاده از فیلم های تند (زیرا این فیلم تند دانه بندی درشتی دارد و مدت زمان کمتری را برای نوردهی نیاز دارد.)
- ۳- دستگاه FMC (Forward Motion Compensation):
این دستگاه در حین باز بودن دریچه شاتر متناسب با سرعت نسبی، سرعت هواپیما و سرعت شاتر در زمان باز شدن شاتر یک ضربه در جهت مخالف به دوربین وارد می کند تا اثر کشیدگی تصویر را خنثی کند. (که میزان جلو بردن در حد میکرون است.)
مزیت های FMC :

۱. عدم محدودیت استفاده از فیلم ها (امکان استفاده از فیلم های کند با قدرت تفکیک زیاد فراهم شد.)
۲. استفاده از هواپیماهای سریعتر
۳. امکان عکسبرداری در روشنایی کم
۴. کاهش خطای کشیدگی به حداقل
۵. امکان عکسبرداری با دوربین های زاویه باریک در ارتفاعات کم (مقیاس بزرگ)

پارامترهای کالیبراسیون:

- | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|---------------------|
| ۱) فاصله کانونی | ۲) مختصات علائم کناری | ۳) زاویه دید دوربین |
| ۴) مختصات نقطه اصلی | ۵) میزان اعوجاج عدسی | ۶) ابعاد قاب دوربین |
| ۷) میزان صاف بودن فیلم (Flatness) | | |
- که از این پارامترها در پردازش های بعدی استفاده می کنند.

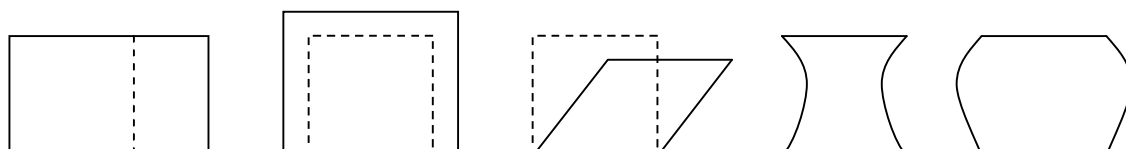
۲- عدم انطباق نقطه اصلی و محل تقاطع علائم کناری

نقطه اصلی، پای عمود از نودال عقبی عدسی بر روی صفحه کانونی است که اگر سیستم ایده آل باشد مشکلی به وجود نمی آید و با مرکز تقاطع علائم کناری یکسان می شود. ولی همیشه شرایط ایده آل نیست.
عدم انطباق نقطه اصلی و محل تقاطع علائم کناری در اکثر محاسبات به صورت زیر اعمال میشود:

$$x' = x - x_0 \quad y' = y - y_0$$

۳- خطای تغییر بعد فیلم

خطای تغییر بعد در اثر: کشیدگی، رطوبت، حرارت، نگهداری نادرست، در موقع ظهور فیلم و همچنین اگر قرقره های جمع کننده فیلم بطور صحیح کار نکنند به وجود می آید.



(۱)

(۲)

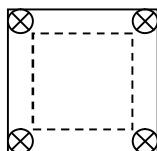
(۳)

(۴)

(۵)

- اگر تغییر بعد به صورت خطی و یکسان (ساده) باشد: (شکل ۱ و ۲)

در این صورت مختصات یکی از علایم کناری را اندازه می گیریم $(x, y)_m$ سپس مختصات یک نقطه مجهول نظیر p را نیز بر روی عکس به دست می آوریم:



$$x_p = \frac{x_c}{x_m} x'_p$$

$$y_p = \frac{y_c}{y_m} y'_p$$

- هنگامی که مدل ریاضی خطای تغییر بعد را نداریم:

$$X = ax - by + c$$

$$Y = bx + ay + d$$

در عمل از مدل چهار پارامتری استفاده نمی شود زیرا:

۱. دقت این مدل پایین است.

۲. در این مدل فرض بر آن است که دو سیستم مختصات، ایده ال و عاری از خطا است که در عمل اینگونه نیست. بنابراین یک پارامتر به پارامترهای قبلی اضافه شد تا دقت بالاتر رود.

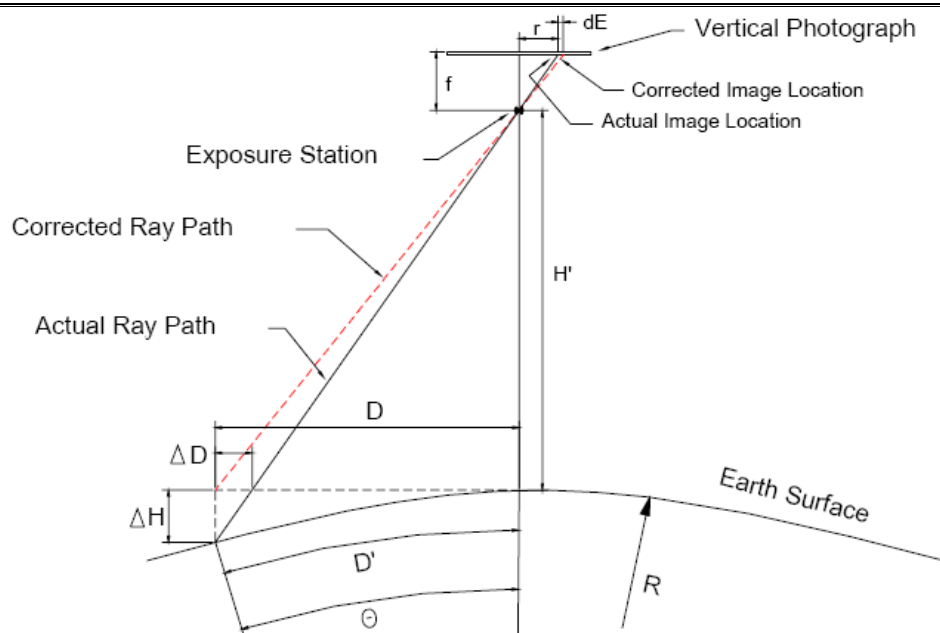
مدل شش پارامتری (Affine):

$$X = ax + by + c$$

$$Y = dx + ey + f$$

۴- خطای کرویت

مختصات زمینی در فتوگرامتری معمولاً در یک سیستم کارتزین سه بعدی ارایه می شود. x و y در یک صفحه هستند ولی z در امتداد عمود بر سطح منحنی زمین اندازه گیری می شود بنابراین نیاز به تصحیح اثر کرویت داریم.



برای محاسبه خطای ناشی از کرویت از فرمول روبرو استفاده می شود :

$$\Delta = \frac{H'r^3}{2Rf^2}$$

H' : ارتفاع پرواز از سطح منطقه

r : فاصله نقطه تا نقطه شاغولی

R : شعاع زمین

f : فاصله کانونی

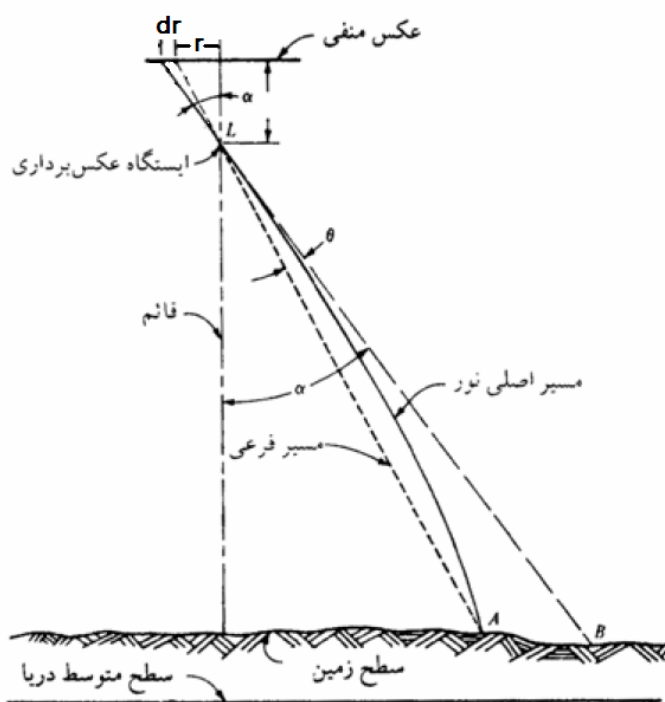
اعمال خطای ناشی از کرویت:

جابجایی ناشی از کرویت زمین نسبت به نقطه نادیر (شاغولی) شعاعی است.

$$\begin{cases} x_c = x(1 + \frac{\Delta}{r}) \\ y_c = y(1 + \frac{\Delta}{r}) \end{cases}$$

۵- خطای انکسار

خطای انکسار بر اثر عبور نور از لایه های مختلف جو به وجود می آید و نور به جای مسیر مستقیم مسیر منحنی شکلی را طی می کند. اگر جو وجود نداشت خطای انکسار به وجود نمی آمد.



به علت آن که جو رفتار ثابتی ندارد فرمول های مختلفی برای محاسبه خطای انکسار وجود دارد :

$$\Delta = k(r + \frac{r^3}{f^2})$$

رابطه ۱:

$$r = na'$$

رابطه ۲

$$\Delta = k_1 r + k_2 r^3$$

Δ : جابجایی ناشی از انکسار

$$k_1 = \frac{H'}{100000}$$

k : ضریبی برای اتمسفر

$$k_2 = \frac{k_1}{f^2}$$

H' : ارتفاع پرواز از سطح منطقه

برای اعمال خطای انکسار خواهیم داشت:

$$x_c = x(1 - \frac{\Delta}{r})$$

$$y_c = y(1 - \frac{\Delta}{r})$$

خطای انکسار نسبت به نقطه نادیر شعاعی است و از آن دور می شود.

۶- اعوجاج عدسی

اعوجاج عدسی در اثر کیفیت ساخت عدسی به وجود می آید. اگر عدسی ایده آل باشد دقیقاً بر طبق قوانین نور در عدسی ها رفتار می کند. ولی به علت اینکه عدسی ها به دست انسان ساخته می شوند، خطاهایی به وجود می آید و نور همانند قانون عدسی ها عبور نمی کند که در این صورت اعوجاج عدسی پدید می آید.

سه نوع اعوجاج عدسی داریم:

۱- اعوجاج شعاعی متقارن (Symmetric Radial Distortion): عوارض به فاصله یکسان در جلو و پشت عدسی قرار دارند. (در تمام جهات میزان جابجایی یکسان است) اعوجاج شعاعی اعوجاجی است که نسبت به مرکز عدسی جابجایی ایجاد می کند.

۲- اعوجاج شعاعی نامتقارن (Asymmetric Radial Distortion): در این نوع از اعوجاج میزان جابجایی یکسان نیست.

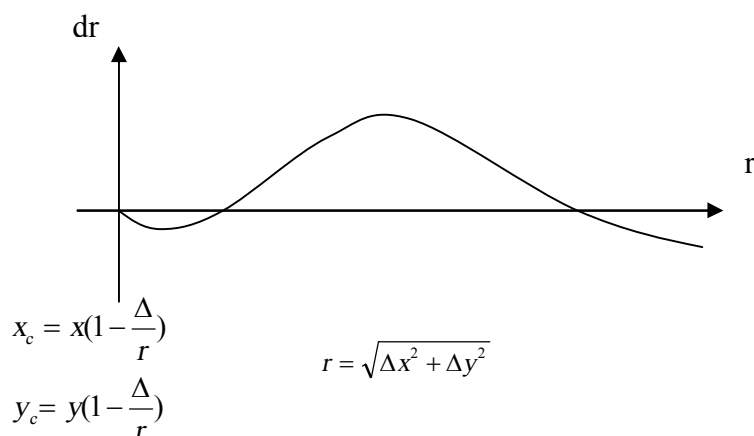
۳- اعوجاج مماسی (Tangential Distortion): این اعوجاج در جهت عمود بر اعوجاج شعاعی است.

خطاهای شماره ۲ و ۳ بسیار کوچک هستند و به همین دلیل در پروژه های با دقت بسیار بالا به کار می روند. این خطاها در دوربین های جدید تقریباً به صفر رسیده است. ولی خطای شماره ۱ (شعاعی متقارن) در حدود ۵μ است و بیشترین جابجایی در اثر این اعوجاج به وجود می آید. در دوربین های قدیمی تا ۴۰μ نیز جابجایی در اثر اعوجاج به وجود داشت که با پیشرفت تکنولوژی از میزان اعوجاج عدسی ها کاسته شده است. اعوجاج عدسی باعث می شود تا نور پس از ورود به عدسی از مسیر خود کمی منحرف گردد.

برای محاسبه اعوجاج شعاعی متقارن از سه روش زیر استفاده می کنیم:

الف) به صورت نمودار:

با استفاده از یک سری نقاط معلوم (رزوها) یکبار با عدسی برداشت می کنیم و یک بار برداشت مختصات این نقاط را بدون عدسی انجام می دهیم ، سپس منحنی اعوجاج را بر اساس فاصله رسم می کنیم.



r : فاصله تا نقطه اصلی (عکس)

ب) به صورت جدول :

r(mm)	۱۰	۲۰	۳۰	
dr (μ)	۲	۴	۵	

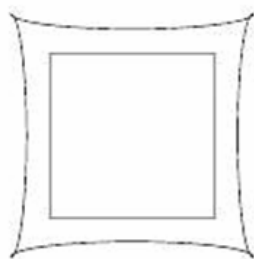
جدول را می توان بر اساس منحنی بدست آورد. همچنین می توان با استفاده از درون یابی مقادیر خارج از جدول را محاسبه نمود.

ج) با استفاده از چند جمله ای :

$$(\partial r)\Delta = k_0 r + k_1 r^3 + k_2 r^5 + \dots$$

ضرایب k با استفاده از داده های معلوم بدست می آید.

اعوجاج اگر از نقطه اصلی دور شود مثبت و اگر نزدیک شود منفی خواهد بود.



اعوجاج مثبت

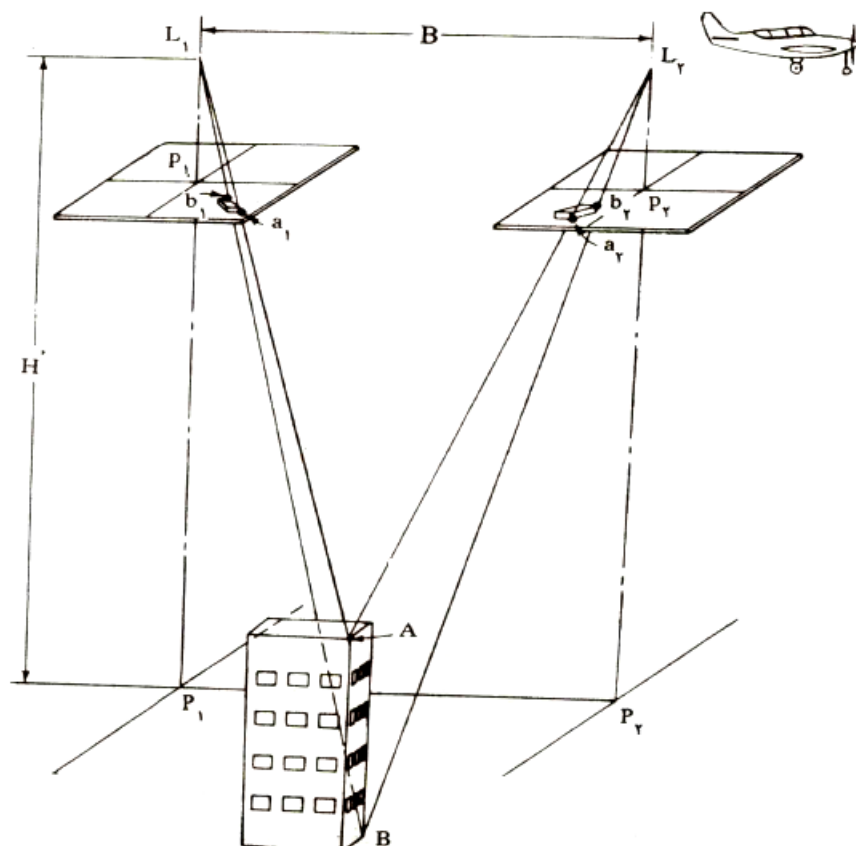


اعوجاج منفی

ترتیب اعمال سه خطای اعوجاج عدسی، اتمسفر و کرویت زمین به اینصورت است که ابتدا خطای کرویت زمین حذف می شود سپس خطای انکسار و در آخر خطای اعوجاج عدسی دوربین حذف می شود.

فصل چهارم

برجسته بینی



برجسته بینی به دو صورت امکان پذیر است:

(۱) مونوسکپی: با یک چشم دیدن

(۲) استریوسکپی: با دو چشم دیدن

در فتوگرامتری برای کسب اطلاعات دقیق به برجسته بینی نیاز داریم.

برجسته بینی: سه بعدی دیدن، اجسام را در حالت واقعی مشاهده نمودن.

عمل چشم جهت واضح دیدن اجسام در فواصل معین را تطابق گویند. (فاصله ای که چشم نیاز دارد تا اجسام را واضح ببیند) فاصله ای است که در آن اجسام واضح دیده می شود یعنی دو تا تصویر تشکیل شده از دو چشم از روی جسم A با هم منطبق می شود و یک تصویر شفاف و واضح ایجاد می کند. اگر فاصله تطابق رعایت نشود جسم را تار می بینیم.

فاصله تقارب: شعاع های نوری ای که به چشم می خورند در یک نقطه با هم متقاطع می شوند که به این فاصله، فاصله تقارب می گویند.

زاویه پارالاکتیک: زاویه بین دو محور دیدگانی متقارب را گویند.

هنگامی که با دو چشم به یک جسم (نقطه معین) نگاه می کنیم محورهای اپتیکی هر دو چشم در آن نقطه یکدیگر را قطع کرده و زاویه پارالاکتیک را تشکیل می دهند.

هر چه جسم به چشم نزدیکتر باشد زاویه پارالاکتیک آن بزرگتر بوده و برجسته بینی واضح تر است.

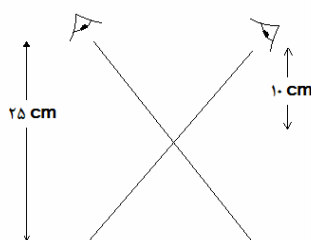
$$\phi = 2 \operatorname{Arc} \tan \frac{be}{2d}$$

در هنگام برجسته بینی بر روی زوج عکس ها یک زاویه مجازی (زاویه پارالاکتیک) در مغز ما ایجاد می شود که مغز با توجه به تفاوت میان زوایای پارالاکتیک که می تواند عمق را تشخیص بدهد. برای اینکه انسان بتواند یک جسم را به طور صحیح سه بعدی ببیند و عمق را به درستی تشخیص دهد باید فاصله تطابق آن بین (700m < فاصله چشم < 25cm) باشد. در این فاصله تشخیص و برجسته بینی تا حد نیاز ممکن است.

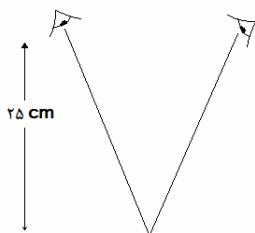
اساس برجسته بینی زاویه پارالاکتیک است. و به همین دلیل در هنگام عکسبرداری عکس ها را با پوشش مشترک می گیرند.

انواع برجسته بینی:

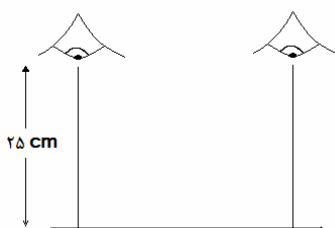
(۱) برجسته بینی با دید متقاطع: در این نوع برجسته بینی فاصله تطابق بزرگتر از فاصله تقارب است. برجسته بینی با دید متقاطع برای چشم سخت می باشد.



(۲) برجسته بینی با دید متقارب: در این نوع برجسته بینی فاصله تقارب با فاصله تطابق برابر است.



(۱) برجسته بینی با دید موازی: در تمام دستگاه های فتوگرامتری از این نوع برجسته بینی استفاده می شود که در آن فاصله تقارب (در بی نهایت) از فاصله تطابق بسیار بزرگتر است.



شرایط لازم برای برجسته بینی با دید موازی:

- ۱- باید به هر چشم یک تصویر (شعاع نوری) از جسم برسد. که با استفاده از زوج عکس این کار امکان پذیر است. (زوج عکس: دو عکس پوشش دار)
- ۲- محورهای دیدگانی برای مشاهده تصاویر نظیر باید موازی یکدیگر باشند. با استفاده از استریوسکوپ این کار امکان پذیر است.

مدل سه بعدی

پوشش عکس ها بر دو نوع می باشد:

- ۱) پوشش داخلی: هنگامی است که عکس ها از قسمت پوشش هایشان در کنار یکدیگر قرار می گیرند. (به ترتیب قرار دادن زوج عکس ها)
- ۲) پوشش خارجی: چنانچه عکس ها از طرف پوشش هایشان در کنار یکدیگر قرار نگیرند.



هنگام عکسبرداری پوشش خارجی است و هنگام دیدن زوج عکس ها با استریوسکوپ و برجسته بینی پوشش داخلی است. برجسته بینی همیشه در طول نوار صورت می گیرد و در عرض امکان برجسته بینی کم است. دید کاذب (گودبینی): اگر اشتباهاً در هنگام سه بعدی سازی با استریوسکوپ عکس ها را به صورت پوشش خارجی قرار دهیم (جای عکس سمت چپ و راست عوض شود)، آن گاه گودی های عکس برجسته و بلندی های آن به صورت گودی دیده می شود که به این حالت اصطلاحاً دید کاذب می گویند. در این حالت سیر تابش نور در موقع دید با جهت نور در هنگام عکسبرداری مطابقت نداشته و سایه ها مخالف جهت تفسیر کننده قرار می گیرند.

سه بعدی بینی توسط مغز:

در واقع اختلاف زاویه تقارب تعداد بیشماری از نقاط موجود در عکس بطور پیوسته در زمان های کوتاه توسط مغز قرائت شده و اجسام برجسته به نظر می رسند مدل برجسته ای که به این صورت و توسط یک زوج عکس بدست می آید. اصطلاحاً مدل سه بعدی بینی نامیده می شود.

شرایط برجسته بینی دو عکس:

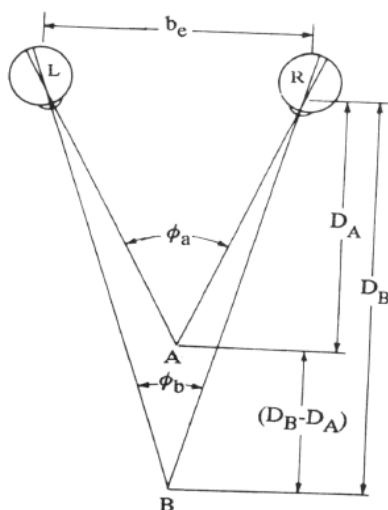
- ۱) پوشش مشترک داشته باشند.
- ۲) مقیاس هر دو عکس تقریباً یکسان باشد. (اختلاف مقیاس تا ۱۵٪ قابلیت برجسته بینی دارد، و بیشتر از آن باعث خستگی و صدمه وارد شدن به چشم می شود).
- ۳) تشابه دوربین عکسبرداری دو عکس
- ۴) محورهای عکسبرداری در یک صفحه قرار داشته باشند. (دو محور موازی یا متقاطع باشند و متنافر نباشند).
- ۵) نسبت باز هوایی به ارتفاع پرواز مناسب باشد: $0.3 < b/h < 1$

استریوسکوپ (Stereoscopic):

وسیله ای است که برای ایجاد دید موازی و جهت برجسته بینی دو عکس به کار می رود.

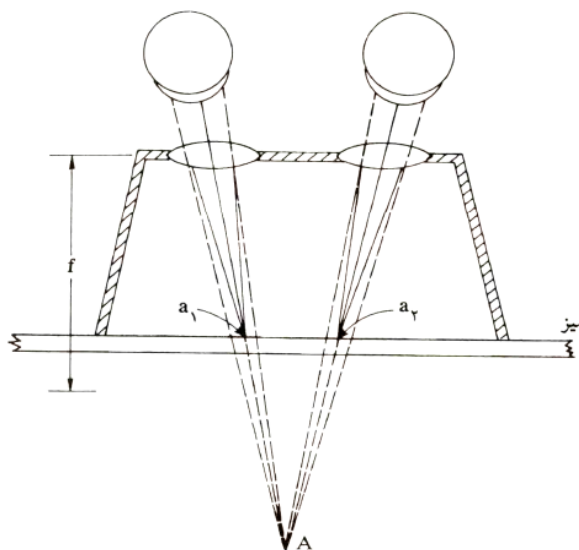
اصول برجسته بینی با استریوسکوپ:

نقاط A و A' نسبت به B و B' به یکدیگر نزدیکترند بنابراین زاویه پارالاکتیک بزرگتری توسط چشم برای آنها تشکیل می شود، در نتیجه نقطه a بالاتر از نقطه b دیده می شود.



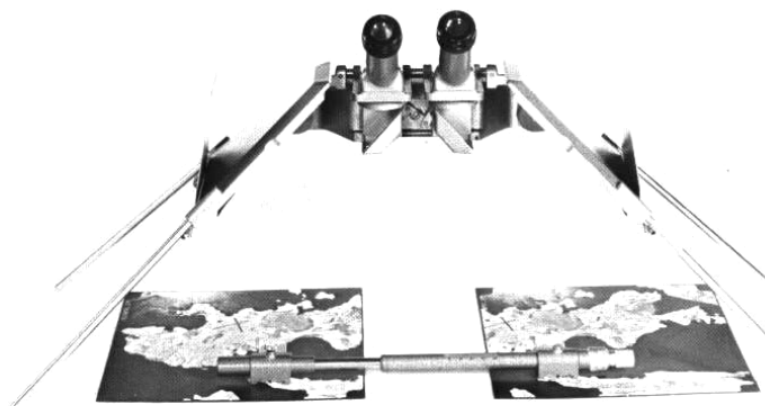
انواع استریوسکوپ:

۱- استریوسکوپ جیبی

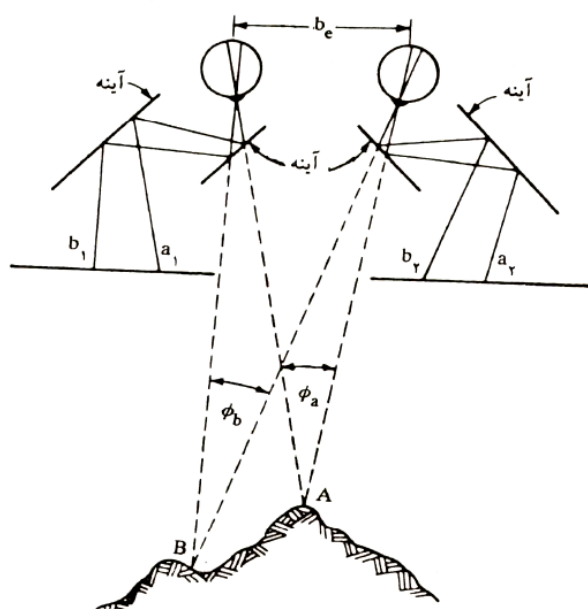


این نوع استریوسکوپ از دو عدسی بر روی یک قاب که بر روی یک پایه سوار است تشکیل شده است. فاصله بین این دو عدسی قابل تغییر بوده و از 75 mm - 55 mm جابجا می شود. بزرگنمایی این دستگاه ۲-۳ برابر است. برای ایجاد دید برجسته در استریوسکوپ جیبی باید فاصله نقاط نظیر در فاصله ای معادل یا کمتر از فاصله چشم ها قرار داد. که قسمت کمی از پوشش مشترک دو عکس قابل برجسته بینی است و برای مشاهده قسمت های دیگر عکس باید استریوسکوپ جیبی را بر روی عکس جابه جا نمود. یکی از معایب استریوسکوپ جیبی این است که دو عکس روی هم قرار می گیرد بنابراین یک بخش از عوارض روی هم قرار گرفته می شود و نشان داده نمی شود.

۲- استریوسکوپ آئینه ای:



زاویه آئینه ها در استریوسکوپ آئینه ای 45° درجه می باشد.



در استریوسکوپ آئینه ای عکس ها را می توان جدا از هم در زیر استریوسکوپ قرار داد. که در اثر آن قابلیت دید کل منطقه پوشش مشترک امکان پذیر می شود.

مزایای استریوسکوپ آئینه ای:

۱- میزان دید وسیع تر نسبت به استریوسکوپ جیبی

۲- قابلیت تجهیز به لنزهای (عدسی) کمکی

۳- دارای قابلیت بزرگنمایی بیشتری نیز می باشد

از معایب این دستگاه می توان هزینه بالا و همچنین حمل و نقل سخت را نام برد.

تنظیم عکس ها در زیر استریوسکوپ:

۱. ترتیب قرارگیری عکس ها: عکس ها را از سمت پوشش داخلی اشان در کنار یکدیگر قرار می دهیم (از شماره عکس ها یا ساعت)

۲. موازی نمودن:

الف) محور چشم ها

ب) محور استریوسکوپ را موازی محور پرواز قرار می دهیم

محور استریوسکوپ: خط واصل بین دو مرکز عدسی استریوسکوپ

محور پرواز: خط واصل بین دو مرکز عکس

۳. تنظیم فاصله عکس ها: در نوع جیبی عکس ها بر روی هم قرار گرفته و فاصله دو نقطه نظیر معادل باز استریوسکوپ است. در استریوسکوپ آئینه ای عکس ها جدا از یکدیگر قرار گرفته و فاصله آنها معادل فاصله مرکز دو آئینه اصلی است.

۴. مهار کردن یکی از عکسها : عکس سمت چپ را ثابت نگه داشته و با جابجا کردن عکس سمت راست تصویر سه بعدی را ایجاد می کنیم.

۵. نگاه و تنظیم عکس ها: که در مورد ۴ توضیح داده شد.

اغراق ارتفاعی:

به مدل برجسته تشکیل شده در دستگاه استریوسکوپ مدل استریویی می گویند. در این مدل ارتفاع عوارض نسبت به حالت واقعی بیشتر نشان داده می شود (به این علت که معمولاً مقیاس عمودی بزرگتر از مقیاس افقی است). در نتیجه ارتفاعات به صورت اغراق آمیزی بیش از واقعیت نمایش داده می شوند. که این امر موجب تخمین غلط ارتفاع اجسام و اندازه شیب ها می گردد. اغراق ارتفاعی عامل اصلی مساوی نبودن نسبت B/H با b_e/h است. اگر نسبت B/H زیاد شود اغراق ارتفاعی نیز افزایش می یابد.

نسبت مقیاس عمودی به افقی:

$$v = \left(1 - \frac{PE}{100}\right) \frac{d}{f} \times \frac{h}{b_e}$$

v: نسبت مقیاس ارتفاعی (عمودی) به مقیاس افقی

PE: پوشش طولی

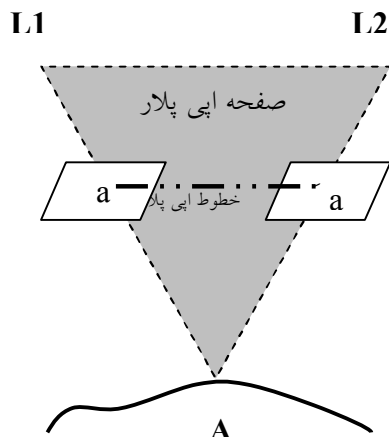
d: ابعاد عکس

f: فاصله کانونی

b_e: باز چشم ها

h: فاصله چشم تا مدل استریوسکوپی (h فاصله ای مجازی بوده و از قوانین فیزیک نور پیروی می کند و معمولاً بین ۲۵ cm تا ۵۰ cm می باشد.)

مثال: نسبت مقیاس عمودی به افقی را برای عکسهای هوایی قائم که با دوربینی به فاصله کانونی $152/4 \text{ mm}$ گرفته شد. محاسبه نمایید. (اندازه عکسها 23×23 ، پوشش مشترک طولی آنها 60% می باشد، $v = 4$ و $h/b_e = 6/67$)



برای دو عکس متوالی با تیلت که در دو موقعیت $L1$ و $L2$ گرفته شده اند پارامترها و تعاریف زیر را خواهیم داشت:

صفحه اپی پلار (Epipolar plane):

برای هر نقطه صفحه گذرنده از مراکز تصویر و نقطه زمینی را صفحه اپی پلار گویند.

خطوط اپی پلار:

محل تقاطع صفحه اپی پلار و صفحات عکس ها را گویند.

شرط هم خطی

بر طبق این شرط هر نقطه زمینی با تصویر آن بر روی عکس و مرکز تصویر آن عکس بر روی یک خط قرار دارند. (نقطه زمینی A و تصویر آن بر روی یک عکس و همچنین مرکز تصویر عکس مذکور بر روی یک خط قرار دارند.)

شرط هم صفحه ای

این شرط بیان می کند که نقطه زمینی و دو تصویر نقطه زمینی بر روی عکس ها و همچنین مراکز دو عکس در یک صفحه قرار دارند. (عملاً صفحه اپی پلار)

برای برجسته بینی خوب باید باز چشم با خطوط اپی پلار نقطه مورد نظر موازی باشند.

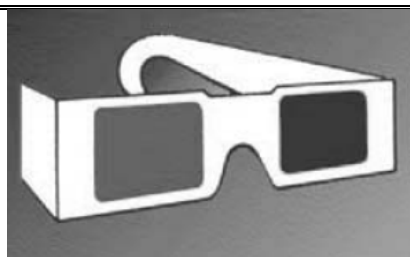
پارامترهای مؤثر بر برجسته بینی:

- ۱) ارتفاع پرواز در دو عکس مجاور: اگر ارتفاع پرواز در عکس بعدی خیلی زیاد تغییر کند به طوری که تغییر مقیاس بیش از 15% را داشته باشیم دچار مشکل دید می شویم و در برجسته بینی چشم خسته می شود.
- ۲) محور دیدگانی باید با خطوط اپی پلار نقطه موازی باشد.
- ۳) توجیه خط پرواز
- ۴) توجیه استریوسکوپ بر روی زوج عکس
- ۵) تفاوت زیاد پارالاکس میان تصاویر مجاور.

روش های برجسته بینی:

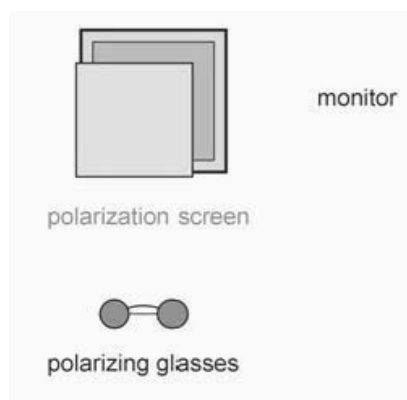
اساس برجسته بینی این است که یک تصویر به چشم راست و تصویر دیگر به چشم چپ برسد. برجسته بینی از چهار طریق صورت می گیرد :

۱. استریوسکوپ: که چگونگی برجسته بینی با این دستگاه توضیح داده شده است.
۲. استفاده از عینک آنالیف (Anaglyph):



برای این کار هر عکس با یک رنگ مکمل مثلاً قرمز و آبی نمایش داده می شود و با عینکی که هر چشم آن فیلتری به همان رنگ دارد دیده می شود. همانند استریوسکوپ هر عکس تنها توسط یک چشم دیده می شود. از معایب عینک های آنالیف می توان عدم امکان استفاده از عکس های رنگی را نام برد.

۳. وکتوگراف (Vectograph):



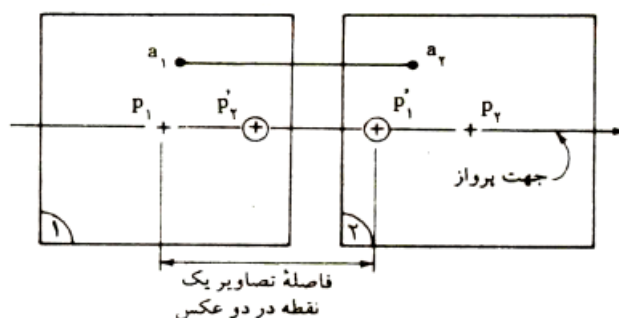
در این سیستم از نورهای پولاریزه استفاده می شود. دو تصویر پلاریزاسیون با اختلاف ۹۰ درجه نمایش داده میشود و هر چشم با فیلتری که تنها یکی از پلاریزاسیون ها را دریافت می کند تصویر را مشاهده می نماید. (یکی از تصاویر با پلاریزاسیون افقی و دیگری با پلاریزاسیون عمودی نوردهی می شود. از معایب وکتوگراف ابهام در دید را می توان نام برد.

۴. سیستم جابه جایی دید (Stereo Image Alternator - SIA):

دو عکس همزمان و با نور دهی مساوی، نوردهی می شوند. منبع نوری هر عکس با یک شاتر که نسبت به دیگری ۹۰ درجه تفاوت فاز دارد نمایش داده می شود یعنی هنگامی که یک منبع روشن است دهانه دیگری بسته است. چنین سیستم دیدی در مقابل مشاهده کننده نیز قرار می گیرد. به این صورت که با باز شدن منبع نور سمت چپ، شاتر مقابل چشم چپ نیز باز می شود و بالعکس. که به این ترتیب هر عکس با یک چشم دیده می شود. در هنگام کار با این سیستم سرعت شاتر ها آنقدر زیاد است که دیدی پیوسته را ممکن می سازد. از مزایای این سیستم امکان استفاده از عکس های رنگی و همچنین وضوح بیشتر عکس ها می باشد.

اختلال در برجسته بینی:

برای برجسته بینی باید خط واصل بین دو نقطه نظیر تقریباً موازی با محور پرواز باشد. خط پرواز (خطی که دو مرکز تصویر و تصاویر آن ها در عکس ها را به یکدیگر متصل می کند.) باید با خطی که دو تصویر یک نقطه را به هم وصل می کند موازی باشند.



اگر a_1a_2 با p_1p_2 موازی باشد مشکلی به وجود نمی آید. اما چنانچه این توازی برقرار نباشد اصطلاحاً پارالاکس Y به وجود می آید.

عوامل مختلفی باعث به وجود آمدن این مشکل می شوند از جمله:

۱- اختلاف ارتفاع عکس برداری میان دو عکس مجاور:

این مسئله باعث اختلاف مقیاس دو عکس خواهد شد و در نتیجه جابه جایی نقاط و عدم توازی محورهای ذکر شده می شود. اگر این مقدار زیاد باشد موجب خستگی و گاهی عدم امکان برجسته بینی خواهد شد. (اگر هواپیما عکس بگیرد و در عکس بعدی بطور ناگهانی تغییر ارتفاع داشته باشد یعنی ارتفاع کم یا زیاد شود مقیاس تغییر می کند. به علت تغییر مقیاس نقطه جابجایی خواهد داشت و پارالاکس Y تولید خواهد شد. هر گاه پارالاکس Y بوجود آید اختلال در برجسته بینی صورت می گیرد که باید پارالاکس را از بین برد.)

۲- عدم توازی محور پرواز با محور دیدگانی (عدم تنظیم صحیح عکس ها):

اگر عکس ها در زیر استریوسکوپ درست تنظیم نشده باشند و یا استریوسکوپ با دوران زیاد نسبت به محور پرواز قرار گرفته باشد آن گاه پارالاکس Y به وجود می آید.

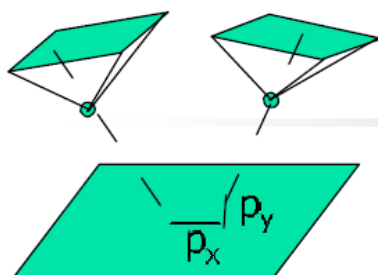
۳- وجود تیلت:

پارالاکس Y برای اختلاف ارتفاع و تیلت بسیار ناچیز است. اگر عکس ها به صورت نادرست تنظیم شده باشند، با جابجایی عکس ها به صورت عمود بر محور پرواز، و یا چرخش استریوسکوپ مشکل حل می شود.

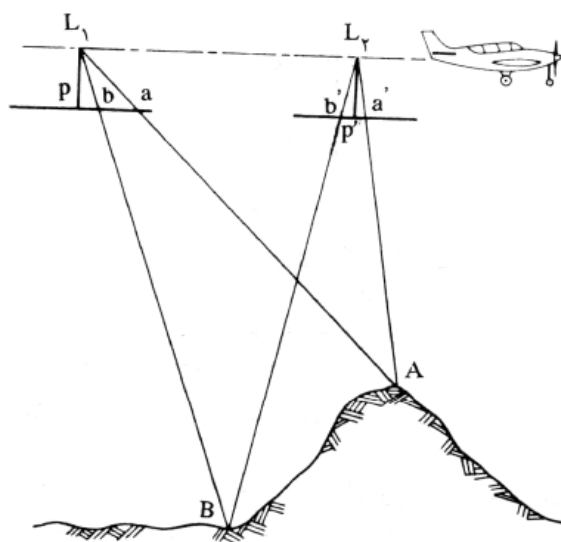
فصل پنجم

پارالاکس

پارالاکس (Parallax): به جابه جایی ظاهری موقعیت یک جسم نسبت به یک نقطه یا یک سیستم که به علت تغییر محل ناظر به وجود می آید پارالاکس گویند.



در عکس های هوایی با توجه به عکسبرداری پوشش دار نقاط در بخش پوشش دار دارای پارالاکس می باشند. پارالاکس با ارتفاع رابطه مستقیم دارد. هرچه نقطه مرتفع تر باشد میزان پارالاکس (جابه جایی ظاهری عکس) بیشتر است و بالعکس.

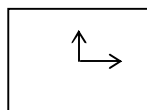
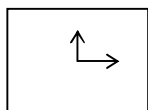


نقاط a و a' تصویر نقطه A می باشند که نسبت به مراکز عکسها در مکان های مختلف ظاهر شده اند. نقطه A مرتفع تر بوده (نسبت به B) و تغییر مکان آن نسبت به B بیشتر است. اگر برای این دو عکس همپوشانی انجام دهیم آن

گاه خواهیم داشت : $P_a = aa = x_a - x_a$

پارالاکس مطلق (پارالاکس استرئوسکپی):

پارالاکس مطلق عبارت است از جمع جبری دو فاصله تصویر یک جسم مشابه در هر عکس از خط عمود بر مسیر پرواز در مرکز عکس و یا عبارت است از مختصات x نقطه بر روی عکس سمت چپ منهای مختصات x همان نقطه بر روی عکس سمت راست. به این پارالاکس، پارالاکس X می گویند، بدلیل این که در جهت محور x است.



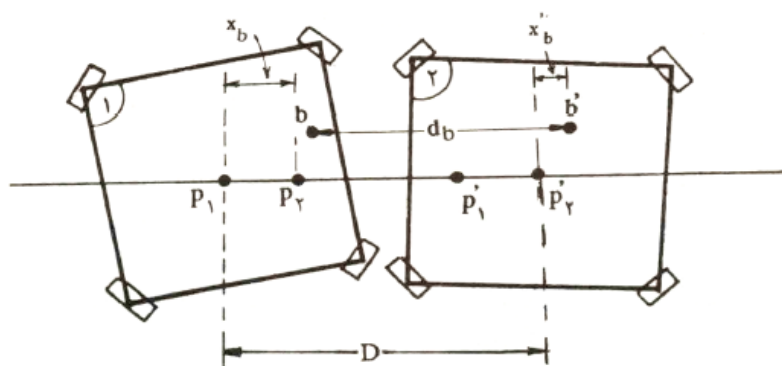
$$P_A = x_a - x'_a$$

روشهای اندازه گیری پارالاکس x

۱- روش مونوسکپی اول

در این روش به ترتیب زیر عمل می کنیم:

- ۱- پیدا کردن خط پرواز: بدین صورت که با استفاده از علائم کناری عکس ها نقطه اصلی در هر عکس را پیدا می کنیم. سپس تصویر نقاط اصلی در دو عکس را مشخص می کنیم.



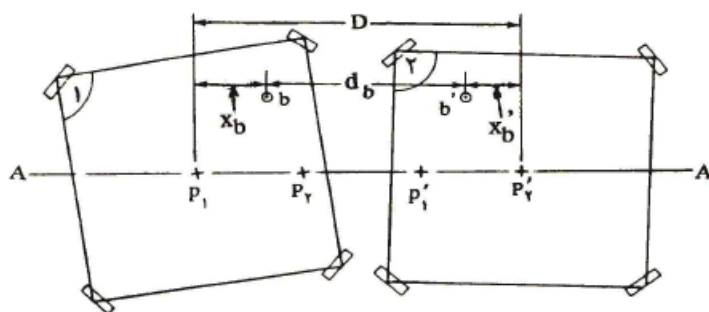
۲- اندازه گیری x هر نقطه از رابطه:

$$P = X_b - X'_b$$

عیب این روش آن است که باید دوبار اندازه گیری صورت گیرد.

۲- روش مونوسکپی دوم

در این روش:



الف- محور پرواز را تعیین می کنیم.

ب- یک خط را بر روی میز کار ترسیم می کنیم.

ج- پس از آن محور پرواز عکس ها را با خط ترسیمی منطبق می سازیم.

د- فاصله $D = P_1P_2$ را اندازه می گیریم.

ه- فاصله میان دو تصویر یک نقطه را با استفاده از فرمول زیر اندازه می گیریم (به علت فیکس شدن عکس ها بر میز

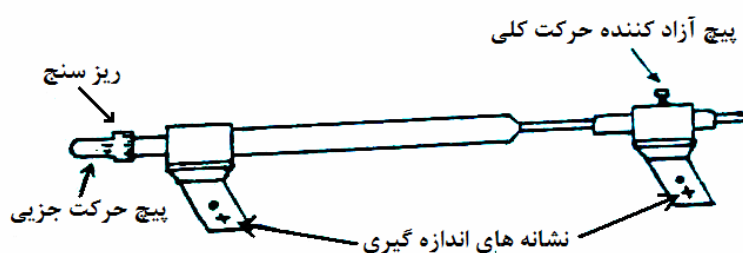
کار d ثابت است.) $P = D - d$

مزایای روش منوسکپی دوم: سرعت این روش از منوسکپی اول بالاتر است.

۳- روش استرئوسکپی

در این روش از استریوسکپ آینه‌ای و دستگاه پارالاکس بار استفاده می شود.

پارالاکس بار (Parallax bar Stereometer) وسیله ای برای اندازه گیری پارالاکس نقاط است.



پارالاکس بار از اجزای زیر تشکیل شده است:

۱. میله مدرج ۲. دو صفحه شیشه ای ۳. میکرومتر

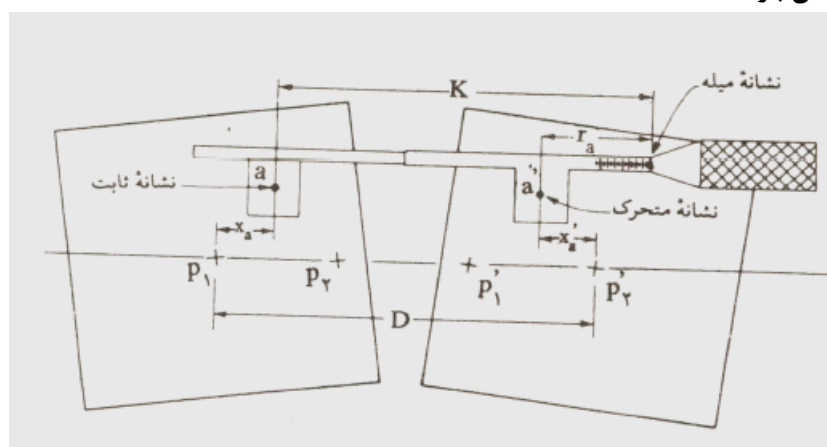
شیشه سمت چپ قفل می شود و شیشه سمت راست با پیچ میکرومتر حرکت می کند. با این وسیله می توان تا صدم میلیمتر را قرائت کرد.

از مزیت های این روش:

۱- امکان برجسته بینی عوارض

۲- همچنین پس از محاسبه C به یک بار اندازه گیری بیشتر نیاز نداریم.

مبانی استفاده از پارالاکس بار:



۱- تنظیم دید استریوسکپی: دو عکس دارای پوشش را برای دید استریوسکپی در زیر یک استریوسکپ آینه ای تنظیم می کنیم.

- ۲- یک نقطه مشخص را در دو عکس پیدا کرده و با استفاده از قفل سمت چپ و پیچ میکرومتر دو نقطه نشانه را بر روی دو نقطه تنظیم می کنیم.
- ۳- شیشه سمت چپ را تثبیت می کنیم.
- ۴- اندازه گیری فاصله میان دو نقطه اصلی دو عکس (D) و هم چنین فاصله میان نقطه شیشه سمت چپ تا نشانه میکرومتر (K).
- ۵- محاسبه پارالاکس از رابطه:

$$P_a = C + r_a$$

که در آن r_a فاصله شیشه سمت راست تا نشانه میکرومتر و یا همان قرائت روی میله $C = D - K$ است و چون مقادیر D و K ثابت هستند، بنابراین C نیز ثابت است. برای به دست آوردن C می توان P را از یک روش مونوسکپی به دست آورد و سپس قرائت نقطه را انجام داد :

$$(C = P - r)$$

که معمولاً C را توسط چند نقطه محاسبه کرده و میان گیری می کنند.

اندازه گیری اختلاف پارالاکس

برای اندازه گیری اختلاف پارالاکس به ترتیب زیر عمل می کنیم:

ابتدا مدل سه بعدی را در زیر استریوسکوپ ایجاد می کنیم. سپس با ایجاد نقطه شناور با تنظیم نشانه متحرک و ثابت و محکم کردن پیچ قفل ثابت به قرائت نقطه اول می پردازیم. سپس برای قرائت پارالاکس بار ابتدا نشانه ثابت را روی نقطه دوم (عکس سمت چپ) قرار داده سپس با تنظیم پیچ میکرومتر نقطه شناور را بر روی نقطه مشابه در عکس سمت راست قرار می دهیم.

پس از انجام این مراحل اختلاف پارالاکس را با توجه به فرمول زیر به دست می آوریم:

$$\Delta P = P_B - P_A = r_b - r_a$$

این کار برای سنجش ارتفاع نقاط نسبت به یک نقطه کنترل زمینی می تواند به انجام برسد. بدین صورت که نقطه اول کنترل می شود، سپس ارتفاع نقطه دوم و یا هر نقطه نا معلوم دیگری را نسبت به این نقطه و با استفاده از رابطه ارتفاع و پارالاکس محاسبه می کنیم.

معادلات پارالاکس:

$$\text{مختصات نقطه در عکس سمت چپ} \quad x_A = \frac{H - h_A}{f} x_a$$

$$\text{مختصات نقطه در عکس سمت راست} \quad \frac{x'_a}{f} = \frac{x_A - B}{H - h_A}$$

$$\Rightarrow h_A = H - \frac{B \times f}{x - x'_a} \Rightarrow h_A = H - \frac{B \times f}{P_a}$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$\begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \end{pmatrix}_{\text{زمینی}} = \frac{B}{P_a} \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix}_{\text{عکس}}$$

محاسبه اختلاف ارتفاع دو نقطه با استفاده از اختلاف پارالاکس دو نقطه:

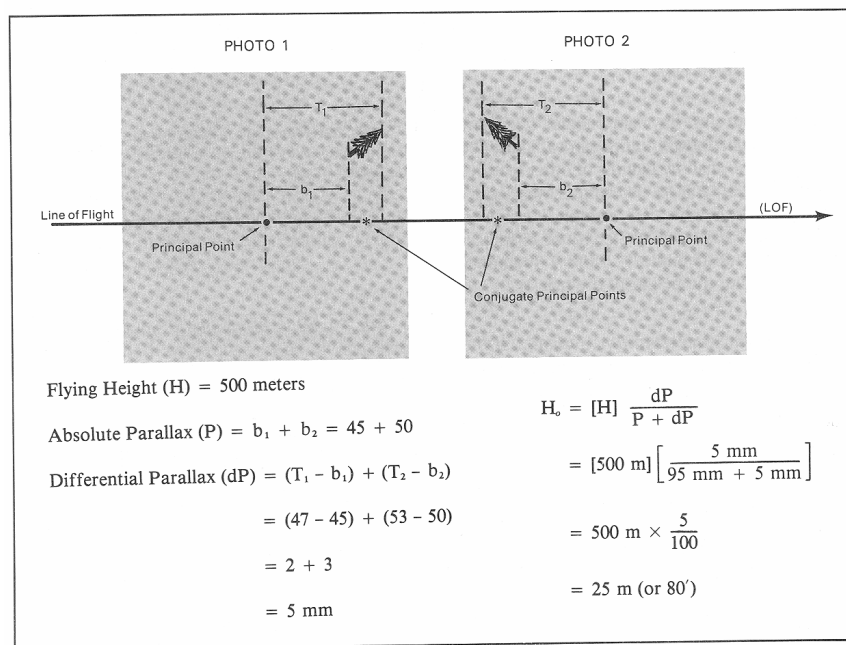
$$\Delta P_{AB} = P_B - P_A$$

$$\Delta H_{AB} = H_B - h_A$$

$$\Rightarrow \Delta H_{AB} = \frac{H - h_A}{P_A + \Delta P_{AB}} \Delta P_{AB}$$

می توان در مناطق مسطح از ΔP صرف نظر کرد و با استفاده از رابطه پارالاکس ارتفاع را بدین صورت محاسبه نمود:

$$\Delta H = \frac{(H - h_A)^2}{B \times f} \Delta P$$



مسئله: اگر مختصات عکس دو نقطه A و B مطابق جدول زیر و باز هوایی معادل ۴۵۰ متر باشد و همچنین میزان پارالاکس مطلق این دو نقطه بر روی عکس ها مطابق جدول زیر باشد طول زمینی AB چقدر است ؟

نقطه	X_{mm}	Y_{mm}	P_{mm}
A	۵۳/۴۱	۵۰/۸۴	۹۱/۶۷
B	۸۸/۹۲	۴۶/۹۶	۹۵/۹۸

مفهوم نقطه ی شناور (Floating Mark)

برجسته بینی بر اساس تغییر کوچک پارالاکس از نقطه ای به نقطه دیگر به وجود می آید. می توان یک علامت مجزا را همراه با تصویر سه بعدی معرفی نمود که در فضای تصویر سه بعدی، شناور به نظر برسد که به آن نقطه شناور گویند. (چون این نقاط در فضای سه بعدی معلق و شناور دیده می شوند).

نقطه شناور اساس اندازه گیری سه بعدی است. بر روی هر چشمی وسایل سه بعدی بینی (مانند استریوسکوپ) یک نقطه حک شده که پس از تنظیم برای دید استریویی به صورت شناور در فضا دیده می شوند. با کمی تغییر پارالاکس (جابه جایی) می توان این نقطه شناور را (به ظاهر) بالا و پایین برد. اگر نقطه شناور در ارتفاع ثابتی نگه داشته شود می توان منحنی میزان ها را دنبال نموده و ترسیم کرد.

محاسبه ی باز هوایی

با استفاده از پارالاکس و دو نقطه کنترل باز هوایی را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

x و y: مختصات زمینی

P: پارالاکس مطلق

AB: مختصات زمینی دو نقطه کنترل که بر طبق فرمول روبه رو محاسبه می گردد.

$$B = \left[\frac{(AB)^2}{\left(\frac{x_b - x_a}{p_b - p_a} \right)^2 + \left(\frac{y_b - y_a}{p_b - p_a} \right)^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$AB = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

تهیه نقشه به صورت ساده

با استفاده از پارالاکس بار و استریوسکوپ می توان یک نقشه را به صورت ساده ترسیم نمود. این کار را می توان به دو روش انجام داد :

روش اول:

در این روش ابتدا موقعیت مسطحاتی نقاط مورد نظر را با استفاده از فرمول $\left(\frac{X}{Y} \right) = \frac{B}{P_a} \left(\frac{x}{y} \right)$ به دست آورده و سپس از فرمول $\Delta H = \frac{(H - h_A)}{P_a} \Delta P$ ارتفاع نقاط را تعیین می کنیم.

روش دوم:

برای انجام این روش به ترتیب زیر عمل می کنیم :

- ۱- ایجاد مدل سه بعدی در زیر استریوسکوپ
- ۲- نصب یک کاغذ شفاف بر روی عکس سمت چپ
- ۳- ترسیم عوارض با استفاده از استریوسکوپ
- ۴- محاسبه ارتفاع نقاط با استفاده از پارالاکس بار
- ۵- ترسیم (درج) نقاط ارتفاعی
- ۶- درون یابی و ترسیم منحنی های میزان

در این کار معمولاً مقیاس نقشه تولیدی کوچکتر و یا مساوی با مقیاس عکس انتخاب می شود تا میزان خطا به حداقل برسد.

از مزایای این روش سرعت بالا و ساده و کم در دسر بودن آن است. و عیب این روش آن است که دقت مسطحاتی آن دقیق نیست (اما به علت استفاده از پارالاکس بار دقت ارتفاعی خوب است).

فصل ششم

طراحی پرواز در فتوگرامتری

چند اصطلاح:

- (۱) خط پرواز: خطی است که بر روی نقشه ترسیم شده و نماینده ی مسیری است که هواپیما باید بر روی آن پرواز نماید. که در نقشه های کوچک متوسط مقیاس مسیر هواپیما تعیین می گردد.
- (۲) نقشه پرواز: نقشه ای که بر روی آن خطوط پرواز (قبل یا بعد از پرواز) ترسیم می گردد. (نقشه ای کوچک مقیاس که راهنمای پیدا کردن عکس ها و مسیر پرواز است).
- (۳) نقشه اندکس: نقشه ای کوچک مقیاس که اطلاعات لازم پروژه در آن آمده است.
- (۴) گروه پرواز: این گروه شامل سه نفر می باشد: ۱. خلبان ۲. عکاس ۳. ناوبر که ناوبر کار هدایت خلبان و عکاس را بر عهده دارد.

پارامترهای مهم پرواز

- مهمترین پارامترهایی که قبل از پرواز باید مشخص شوند عبارتند از:
- (۱) ارتفاع پرواز: این پارامتر عاملی تعیین کننده در مقیاس عکس است.
 - (۲) بازه‌وایی: میزان پوشش طولی را بیان می کند که به عکاس مربوط می شود.
 - (۳) فاصله ی زمینی میان خطوط پرواز: که در تعیین پوشش عرضی اهمیت دارد.
 - (۴) مقیاس عکس برداری: همیشه عکس بیشتر از مقیاس، دارای اطلاعات است.
 - (۵) هدف از عکس برداری: باید مشخص شود که کار متریک است و یا تفسیری که هریک از این عامل ها خود در تعیین نوع فیلم و نوع دوربین دخیل هستند.
 - (۶) میزان پوشش عرضی و طولی: که برای ناوبر مشخص می گردد.
- این پارامترها کاملاً به یکدیگر وابسته بوده و بر روی هم تأثیر می گذارند.
- هدف از فتوگرامتری و نوع منطقه:
- موقعیت منطقه:

- اگر منطقه دارای توپوگرافی ساده ای باشد از دوربین های زاویه باز استفاده می شود. (F=152 mm)
- اگر منطقه بسیار مسطح باشد از دوربین های زاویه خیلی باز استفاده می شود. (F=88 mm)
- در زمین های جنگلی از دوربین های زاویه باریک (معمولی) استفاده می شود تا بتوان سطح زیر درختان را مشاهده نمود.
- پوشش طولی برای مناطق:
- ۱- استاندارد (مناطق که دارای توپوگرافی معمولی هستند): پوشش طولی ۶۰٪ و پوشش عرضی تقریباً ۳۰-۱۵ درصد می باشد.
 - ۲- در مناطق نسبتاً ناهموار (مناطق دارای توپوگرافی شدید مانند: مناطق کوهستانی): به دلیل این که پوشش طولی متغیر است، پوشش طولی را بزرگتر از ۶۰٪ در نظر می گیرند.
- انتخاب ارتفاع پرواز
- انتخاب ارتفاع پرواز به دو عامل دقت دستگاه تبدیل و مقیاس بستگی دارد. که ارتفاع پرواز با دقت دستگاه تبدیل نسبت مستقیم داشته و هرچه دقت دستگاه تبدیل بالاتر باشد ارتفاع پرواز نیز بیشتر می شود.
- در دستگاه تبدیل برای بیان دقت ارتفاعی پارامتری با نام C-Factor (C.F) تعریف می شود که بین $C.F < 2500$ و $750 < C.F$ بوده و آن را با استفاده از فرمول زیر به دست می آوریم:
- $$C.F = \frac{H}{C.I} \Leftrightarrow H = C.F \times C.I$$
- این پارامتر با توجه به کلیه شرایط محیطی و پس از تولید نقشه های توپوگرافی بعد از مدتی برای دستگاه تعریف می شود. اگر H و CI معلوم باشند آن گاه دستگاه تبدیل مورد نظر انتخاب می شود و چنانچه CF و CI مشخص باشند ارتفاع پرواز معین می گردد.
- محاسبه طرح پرواز:
- یعنی ترسیم خطوط پرواز بر روی یک نقشه کوچک مقیاس، محاسبه ی زمان عکسبرداری و تعداد فیلم مورد نیاز. که به عوامل زیر بستگی دارد:
- (۱) فاصله کانونی (عدسی های) دوربین
 - (۲) ارتفاع پرواز از یک سطح مبنای مشخص
 - (۳) ابعاد عکس ها: ۲۳×۲۳ و ۱۸×۱۸
 - (۴) ابعاد و محدوده عکسبرداری (اگر شکل منطقه نامنظم باشد باید شکل آن برای طراحی خطوط پرواز در نظر گرفته شود).
 - (۵) موقعیت خطوط پرواز بیرونی با توجه به محدوده عکسبرداری
 - (۶) همپوشانی های طولی و عرضی
 - (۷) مقیاس نقشه پرواز
 - (۸) سرعت هواپیما: که در رابطه با محاسبه باز هوایی- مدت زمان و موارد تنظیمات دوربین مورد استفاده قرار می گیرد.
 - (۹) زمان عکسبرداری: چندین عامل در زمان عکسبرداری دخیل هستند از جمله :
- الف- قابل رؤیت بودن عوارض سطح زمین
- ب- زاویه ارتفاعی خورشید نسبت به عوارض: بهترین حالت برای زاویه ارتفاعی خورشید هنگامی است که زاویه ارتفاعی خورشید ۳۰ درجه باشد.

چنانچه این زاویه کمتر از ۳۰ درجه باشد آن گاه سایه های خیلی بلند پدیدار می شود که باعث ناپدید شدن عوارض جانبی (ابهام در عوارض) و اختلال در برجسته بینی می شود. اگر زاویه آن بزرگتر از ۳۰ درجه باشد سایه ها خیلی کوچک می شوند و در تفسیر فتوگرامتری و تعیین ارتفاعات با مشکلاتی روبه رو می شویم.

ج- وضعیت آب و هوا

مثال: منطقه ای نسبتاً هموار با ابعاد $۱۱/۶ \text{ km} \times ۷۳۰ \text{ m}$ در یک نوار به منظور تولید نقشه توپوگرافی عکسبرداری می - شود. اگر ابعاد عکس ها $۲۳ \text{ cm} \times ۲۳ \text{ cm}$ و فاصله کانونی $۱۴۷/۳$ میلیمتر و همپوشانی طولی ۶۵٪ و عرضی ۹۰٪ باشد، و دوعکس نیز در انتهای هر خط پرواز گرفته شود و مقیاس نقشه پرواز ۱:۱۰۰۰۰ است. داده های مورد نیاز طرح پرواز را محاسبه نمایید.

حل:

$$b = (1 - 0.65) \times 230 = 80.5 \text{ mm}$$

فاصله میان مراکز عکسها

$$230 \times 0.90 = 207 \text{ mm}$$

عرض مؤثر پوشش عکسی

$$\frac{147.3}{H} = \frac{207}{730} \rightarrow H = 520 \text{ mm}$$

ارتفاع پرواز از سطح مبنا

$$\frac{B}{80.5} = \frac{520}{147.3} \Rightarrow B = 284 \text{ m}$$

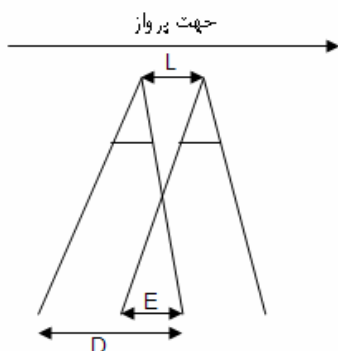
فاصله میان مراکز عکسبرداری بر روی نقشه پرواز

$$b_m = \frac{284}{10000} = 28.4 \text{ mm}$$

$$\frac{11600 \text{ m}}{284} + 4 = 44.9 \approx 45$$

تعداد عکس ها

محاسبه ی پوشش طولی و عرضی:



D: ابعاد زمینی عکس B: باز هوایی E: پوشش طولی

$$E = \frac{D - B}{D} \times 100$$

پوشش طولی:

$$S = \frac{D - L}{D} \times 100$$

پوشش عرضی:

L: فاصله دو محور پرواز در دو نوار مجاور

میزان پوشش بسته به پارامترهای مختلف تغییر پیدا می کنند.

عوامل مؤثر بر روی میزان پوشش طولی و عرضی :

۱- توپوگرافی

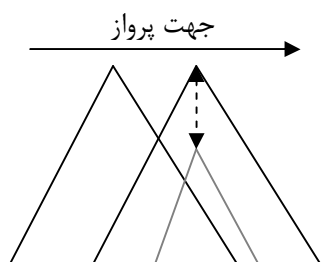
- توپوگرافی زیاد

- توپوگرافی ساده



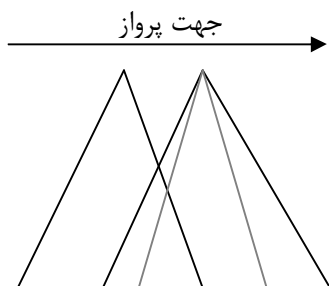
۲- تغییر ارتفاع پرواز

در شکل رو به رو اثر تغییر ارتفاع هواپیما میزان پوشش طولی کم شده است.



۳- تیلت

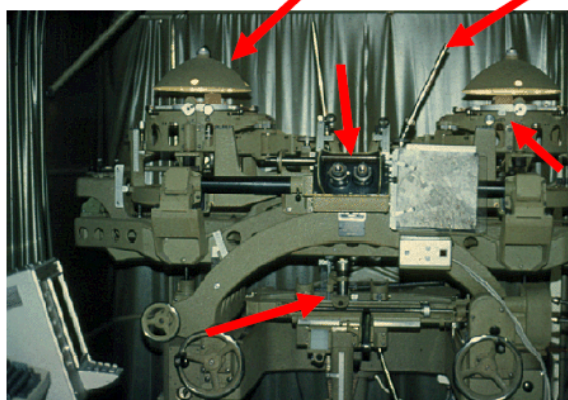
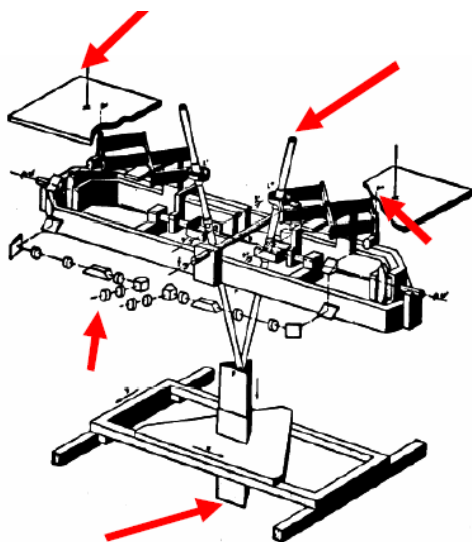
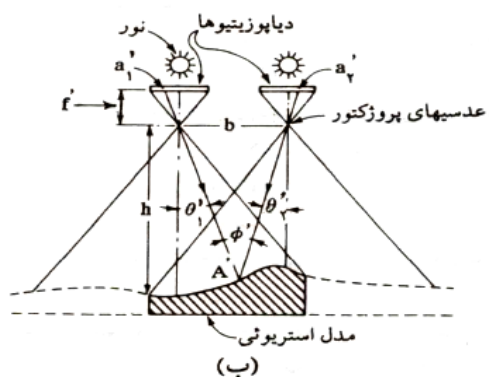
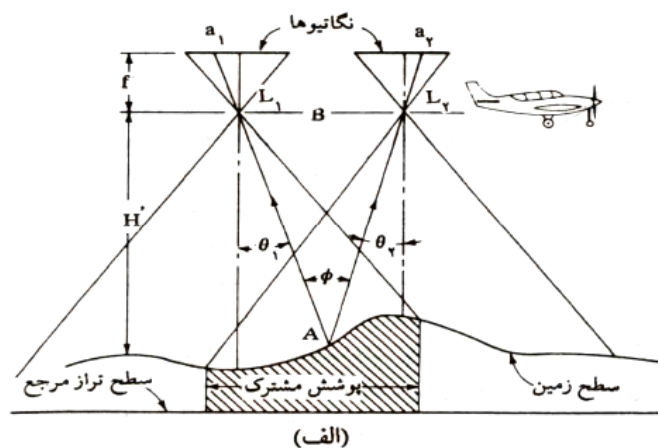
اگر عکس ها قائم گرفته شوند پوشش طولی مشخص می باشد ولی اگر ناگهان عکس تیلت دار شود میزان پوشش طولی تغییر می کند.



فصل هفتم

عملیات تبدیل

به مجموعه عملیات فتوگرامتری گویند که با بازسازی وضعیت عکسبرداری و ارتباط آن با سیستم مختصات زمینی به تولید نقشه (تبدیل عکس به نقشه) می پردازد.





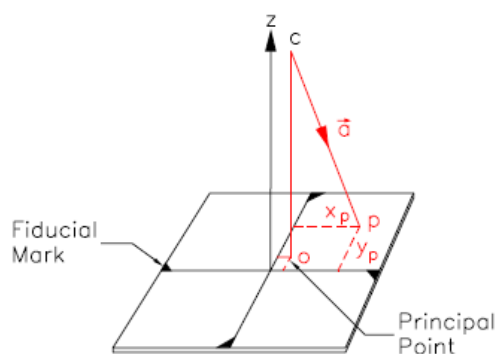
عملیات تبدیل دارای سه مرحله می باشد:

(۱) توجیه داخلی

(۲) توجیه خارجی نسبی

(۳) توجیه خارجی مطلق

توجیه داخلی (Interior orientation): عبارت است از معرفی شرایط هندسی داخلی دوربین عکسبرداری و یا در واقع ساخت مجدد دسته اشعه مانند لحظه عکسبرداری.



دسته اشعه: مجموعه اشعه هایی که از عوارض به دوربین می رسند.

توجیه داخلی به دو روش آنالوگ و تحلیلی صورت می پذیرد:

توجیه داخلی در دستگاه های آنالوگ: که در مراحل زیر انجام می پذیرد:

۱- سنتر کردن: در این مرحله هرم نوری مربع القاعده را تنظیم می کنند. (تنظیم دیاپوزیتیو بر قاب پروژکتور)

۲- تنظیم فاصله اصلی (فاصله کانونی) به وسیله پیچ تنظیم کننده آن

۳- اعمال قاب تصحیح کننده اعوجاج عدسی: به این صورت که در قدیم یک عدسی که اعوجاجش برخلاف

اعوجاج دستگاه بوده را بر روی قاب قرار می داده اند.

توجیه داخلی در دستگاه های رقومی (تحلیلی):

در این دستگاه ها بخش مکانیکی حذف شده است. در هنگام کار با این دستگاه ها به ترتیب زیر عمل می شود :

ابتدا اطلاعات کالیبراسیون دوربین را با کلیک کردن بر روی علائم کناری به نرم افزار می دهند. سپس مختصات دستگاهی علائم کناری قرائت می گردد. پس از انجام این مراحل نرم افزار با توجه به اطلاعاتی که به آن داده شده است معادلات زیر را حل می کند :

$$\text{تصویری} \quad \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix}_N = \begin{pmatrix} F(x, y) \\ g(x, y) \end{pmatrix} \quad \text{کالیبراسیون}$$

نرم افزار معادلات را با توجه به مدل Affine حل می کند.

توجیه خارجی

معرفی شرایط هندسی بخش خارجی دوربین عکسبرداری که شامل توجیه نسبی و مطلق می گردد.

توجیه نسبی

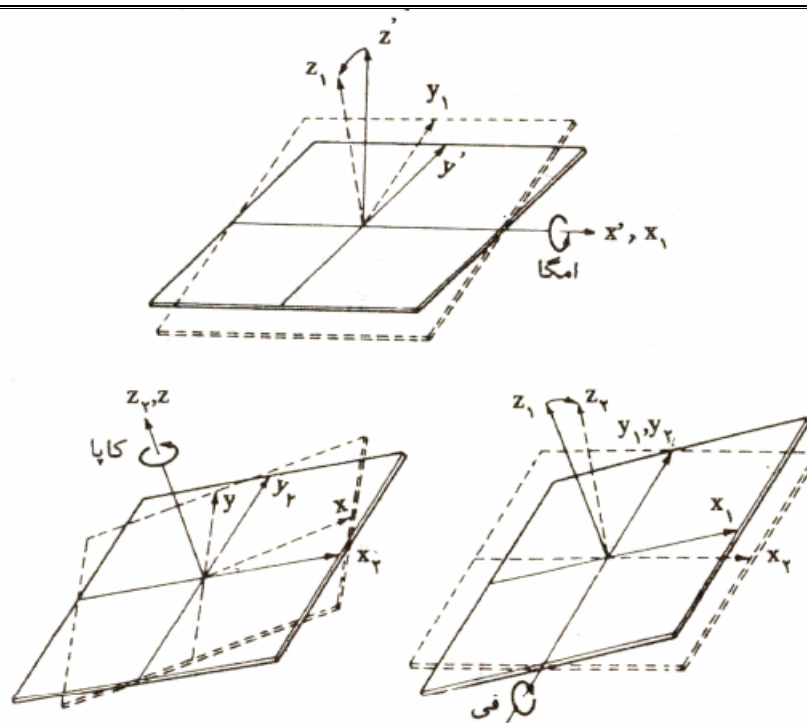
بازسازی موقعیت هندسی دو دسته شعاع های نوری تصویر کننده در دو لحظه عکسبرداری نسبت به هم را توجیه نسبی گویند. در توجیه نسبی از لحاظ زاویه ای دو سیستم تصویر دستگاه تبدیل نسبت به هم توجیه می شوند. پس از توجیه نسبی مدل سه بعدی تشکیل می گردد که در اثر تقاطع دو دسته اشعه دو عکس است، به صورتی که زوایای پارالاکتیک عوارض در لحظه عکسبرداری دوباره تشکیل شوند.

دو تصویر نظیر در صورتی به مدل سه بعدی تبدیل می شوند که با مشاهده برجسته بینی بر یکدیگر منطبق شوند؛ و انطباق تصاویر نظیر در صورتی برقرار می شود که دسته شعاع های نظیر مربوط به آن ها یکدیگر را قطع کنند ، تا از هر نقطه فقط یک تصویر دیده شود. (یعنی عملاً حذف پارالاکس y)

در علم هندسه ثابت شده است که اگر شعاع های نظیر در پنج نقطه مختلف (که نقط استاندارد نامیده می شوند). مدل همدیگر را قطع کنند تمامی شعاع های نظیر متقاطع خواهند شد. (اگر پارالاکس y را در پنج نقطه از مدل حذف شوند پارالاکس y به طور کامل حذف شده و شعاع های نوری یکدیگر را قطع می کنند و در نتیجه تصویر سه بعدی به طور کامل تشکیل می گردد).

انتقال یک سیستم مختصات سه بعدی به یک مختصات سه بعدی دیگر شامل :

سه دوران w, y, k و سه انتقال bx, by, bz و یک مقیاس λ می باشد.



توجیه مطلق :

توجیه مدل نسبت به سطح زمین را توجیه مطلق گویند. که شامل مقیاس کردن (Scaling) و تراز نمودن (Leveling) است. (توجیه مطلق یعنی از مدل به زمین رسیدن)

پس از انجام توجیه نسبی یک مدل سه بعدی تشکیل می شود که باید نسبت به یک سیستم مختصات مشخص سه بعدی زمینی توجیه شود. پارامترهای لازم برای این تبدیل عبارتند از:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \lambda R \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_X \\ B_Y \\ B_Z \end{bmatrix} \quad \text{و } \Omega, \text{ و } \lambda \text{ و } B_X \text{ و } B_Y \text{ و } B_Z$$

این کار توسط چند نقطه زمینی با مختصات معلوم انجام می پذیرد.

در مقیاس گذاری مسئله مقیاس توسط چهار پارامتر λ و B_X و B_Y و K حل می شود و در

تراز نمودن مسئله ارتفاع توسط سه پارامتر Ω و B_Z و $\emptyset$ محاسبه می گردد.

فصل هشتم

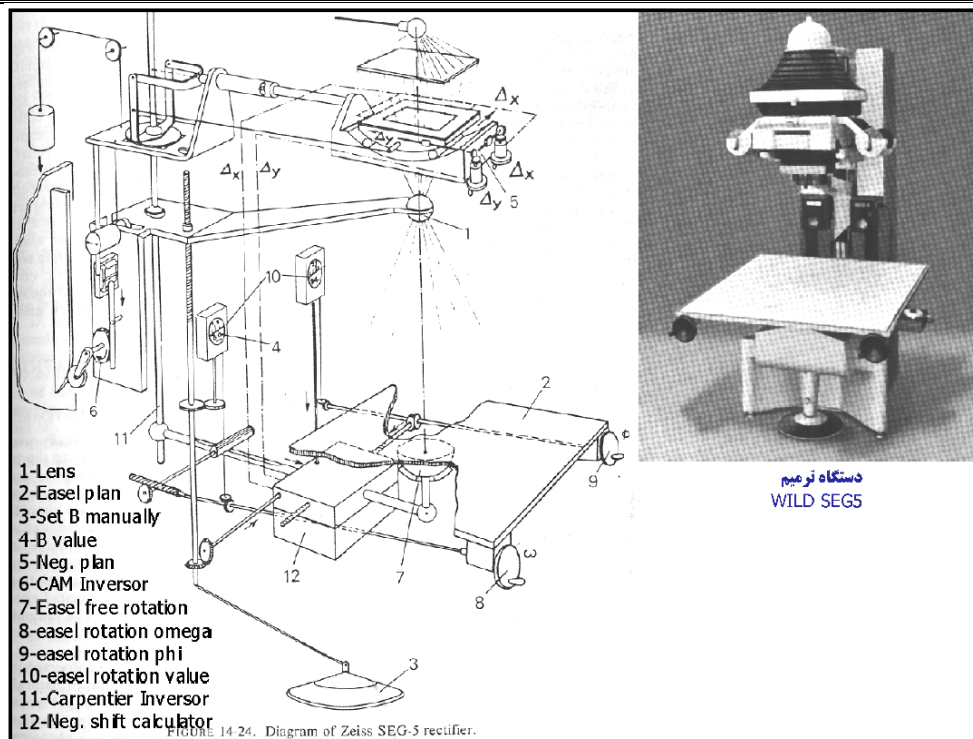
تهیه عکس های قائم از عکس های تیلت دار

برای تهیه عکس قائم از عکس تیلت دار دو روش عمده یکی ترمیم و دیگری روش اورتوفتو وجود دارد.

۱- ترمیم (Rectification) :

به عمل تهیه عکس قائم از عکس تیلت دار از طریق حذف جابجایی ناشی از تیلت ترمیم می گویند. که محصول این کار عکس ترمیم شده (Rectified Photo) می باشد. در چنین عکسی جابه جایی ناشی از اختلاف ارتفاع وجود دارد.

عمل ترمیم در دستگاهی به نام Rectifier (یک سو کننده) انجام می گیرد. این دستگاه با استفاده از عناصر توجیه خارجی و محاسبات لازم کار می کند.



پارامترهایی که برای توجیه این دستگاه لازم است عبارتند از:

الف- فاصله کانونی دوربین عکسبرداری ب- فاصله کانونی عدسی Rectifier

ج- زاویه تیلت د- مقیاس عکس

ه- مقیاس عکس قائم مورد نظر

عکس پس از این که در دستگاه قرار گرفت و توجیه شد، نوردهی می شود تا لایه حساس بر روی آن نقش ببندد و یک عکس ترمیم شده تولید شود.

۲- اورتوفتو (Ortho Photo) :

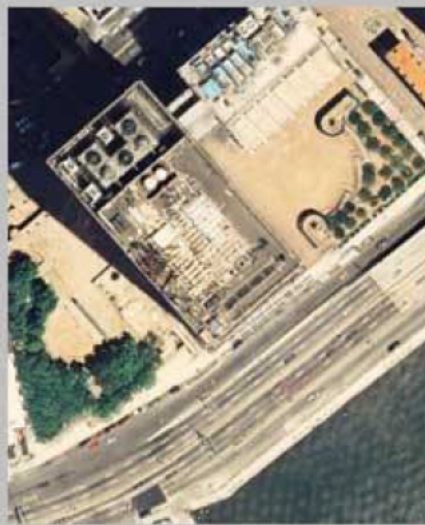
عکسی است که از روی عکس های هوایی بصورتی تهیه شده که فاقد جابجایی های تصویری ناشی از تیلت و ناهمواری می باشد. اورتوفتو عکسی است که از لحاظ هندسی دارای سیستم تصویر قائم موازی است، یعنی عملاً می توان آن را بسیار شبیه به نقشه دانست.

ORTHO IMAGE

GEOCODED IMAGE


دستگاه های مختلفی برای توی اورتوفتو اختراع شده اند. دستگاه اورتوفتو ابتدا توجیحات سه گانه برای تعریف می- شود سپس یک صفحه حساس در میز پایین قرار می گیرد (این میز می تواند در جهت Z بالا و پایین برود). سپس اپراتور به گونه ای میز را بالا و پایین می برد که یک شکاف بر روی آن همیشه در سطح مدل مماس باشد. پس از نوردهی عکس ها و عبور نور از شکاف و رسیده آن به لایه حساس (فیلم) باعث تشکیل عکس تصحیح شده می شود. روش رقومی اورتوفتو در کامپیوتر و با کمک DEM صورت می گیرد.

Conventional Ortho

True-Ortho


موزائیک عکسی

به مجموعه عکس های هوایی که در کنار هم قرار داده می شوند و تشکیل یک عکس واحد از یک منطقه را وی دهند، موزاییک گفته می شود. موزاییک به منظور بررسی کلی یک منطقه و کشف گپی ها استفاده می شود.



برای تشکیل موزاییک معمولاً قسمت‌های اضافی عکس بریده می‌شود و تنها قسمت وسط عکس که از خطای کمتری نیز برخوردار است، استفاده می‌شود. موزاییک بر اساس شماره نوار و شماره عکس‌ها تنظیم می‌شود. موزاییک بر دو نوع است:

- ۱) موزاییک کنترل نشده: هنگامی که عکس‌های معمولی در کنار هم قرار گیرند.
- ۲) موزاییک کنترل شده: در موزاییک کنترل شده از عکس‌های ترمیم شده یا اورتوفتو استفاده می‌شود. بسته به دقت مکانی از موزاییک کنترل شده یا نشده استفاده می‌شود.

منابع:

- ۱- جزوه فکلامتری ۱ و ۲ خانم مهندس شایسته مانی
- ۲- جزوه فکلامتری ترمهای گذشته دانشگاه نفت (تایپ شده توسط آقای محمدی عقیلی)
- ۳- جزوات فکلامتری دکتر سعادت سرشت (دانشگاه تهران)
- ۴- جزوات فکلامتری دکتر عزیزی (دانشگاه تهران)
- ۵- کتاب مبانی فکلامتری (دکتر مجید بهراه)