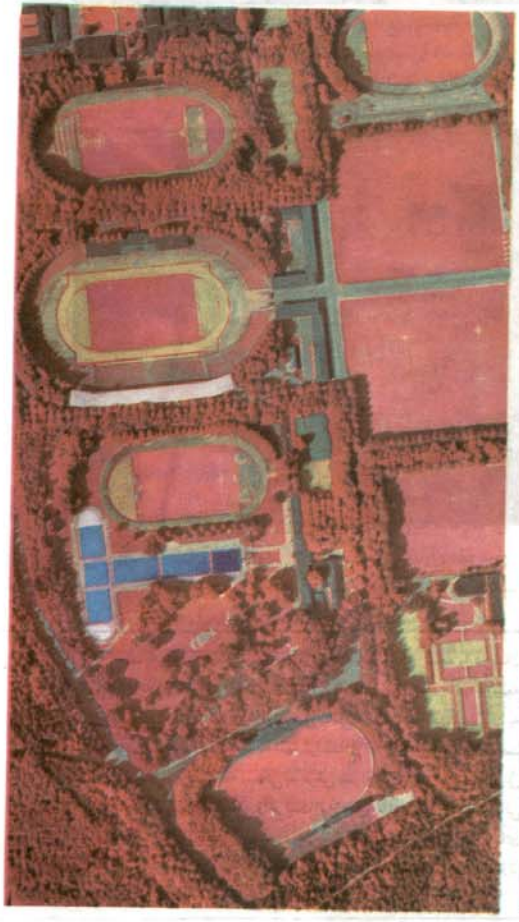
تازه‌های عکسبرداری هوایی

غلامرضا دل‌افکاران مهندس پروازهای نقشه‌برداری



تا ده سال قبل وقتی صحبت از انتخاب هواپیما برای عکسبرداری به‌میان می‌آمد در جستجوی مشخصاتی از قبیل: قدرت‌ایستایی خوب، سطح بال بزرگ، شعاع عمل زیاد و از همه مهمتر دریی سرعت کم یا متوسط، بودیم. کمی سرعت هواپیمای عکسبرداری از این نظر مطلوب بود که هنگام باز بودن دریچه نورگیر دوربین کشیدگی عوارض درسطح تصویر، ناشی از حرکت هواپیما به جلو، تا آنجا که امکان داشت کوچک و حداکثر از ۰٫۵ میکرن تجاوز نکند. این نکته مانع از انتخاب و کاربرد فیلمهایی بود که قشر حساس آن قدرت نقش بندی و یا قدرت تفکیک بیستری داشتند، زیرا سرعت ضبط این نوع فیلمها بخاطر کریستالهای دانه‌ریزی که در امولسیون خود دارند خیلی کم بوده و باید زمان بیشتری در معرض نورقرارگیرند. به‌این منظور برای احتراز از کشیدگی تصویر بیشتر، هواپیمای کم‌سرعت و فیلمهای سریع (دارای کریستال‌دانه درشت و قدرت تفکیک کم) مورد استفاده قرار می‌گرفت تا در زمان بسیار کوتاهی، با دریافت نور به‌میزان مناسب، تصویری مطلوب تهیه‌شود.

آیا براستی تا کنون این سئوال مطرح شده است که عکس هوایی مطلوب کدام است؟ چه مشخصاتی دارد؟ حاوی چه اطلاعاتی باید باشد؟

آیا همانگونه که در انتخاب یک پوشاک زمستانی معیار و مقیاسی از پیش تعیین شده در ذهن خود داریم، برای تعیین کیفیت یک عکس هوایی خوب هم‌چنین معیارهایی می‌شناسیم؟

حال ببینیم دنیای علم و تکنیک در این ده سال تکاپو یا استفاده از تکنولوژی برای تهیه عکس هوایی برتر چه فعالیتهایی انجام داده است.

کیفیت عکس هوایی به عوامل زیر مرتبط است:

—قدرت اپتیکی عدسی دوربین عکسبرداری؛

—قدرت نقش بندی و کنتراست قشر حساس فیلم؛

—شرایط جوی در زمان عکسبرداری؛

—شدت تابش و زاویه اوج خورشید؛

—شرایط سایه روشن و کیفیت انعکاسی منطقه عکسبرداری؛

—عملیات پروسس در لابراتوار عکاسی.

قدرت اپتیکی عدسی بستگی به عوامل مختلف دارد. در ساختمان و طرح عدسی پس از اینکه کلیه خطاهای ناشی از کرویت و کروماتیک (خطاهای :رنگی، کرویت، رنگ‌عرضی، کوما، دیستورسیون، آستیگماتیسم و انحنای سطح تصویر) حذف و یا به حداقل قابل اغماض رسید پدیده‌ای بنام تفرق نور[۲] مانع تشکیل تصویر واضح می‌گردد. این پدیده هنگام عبور نور از یک معبر بسیار تنگ و یا از لبه یک مانع غیر شفاف اتفاق می‌افتد و نور از مسیر خود منحرف می‌شود. بر اثر این پدیده تصویر یک نقطه حتی در یک عدسی کاملا بدون خطا، یک نقطه نبوده بلکه دایره‌ای از نور است که قطر محدود و معینی دارد و آنرا اری دیسک[۳] می‌نامند. قطر اری دیسک طبق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$D = 2{\cdot}44\ \lambda \frac{v}{d}$$

که در آن λ طول موج نور وارده، v فاصله تصویر از عدسی (دوربین هوایی f) و d قطر مؤثر دهانه دیافراگم است.

از طرفی دیگر مسئله پهن شدن نور[۴] در سطوح عدسی‌های مرکب در رسیدن اشعه نورانی سازندهٔ یک نقطهٔ تصویری به‌سطح کانونی تأثیر می‌گذارد. می‌دانیم که مجموعه‌ای از دوازده تا چهارده عدسی ساده، عدسی مرکب یک دوربین هوایی را تشکیل می‌دهند و نور وارده به سیستم باید از چندین لایهٔ هوا و شیشه عبور کند. باید دانست که قدرت انتقال شیشه هرگز صددرصد نبوده، مقداری جذب و مقداری در سطح آن منعکس می‌شود (در عدسی معمولی دوربین هوایی با دوازده محیط شیشه ـ هوا ۳۰٪ نور وارده جذب شیشه شده و یا به اطراف منعکس می‌شود) و اما نورمنعکسه در داخل مجموعه عدسی از این نمی‌رود بلکه پس از چندین بار انعکاس، در سطوح مختلف، بالاخره از سیستم عدسی خارج شده بطرف سطح کانونی می‌رود. شعاع مزبور سازندهٔ هیچ قسمت از تصویر اصلی نبوده و به‌صورت پرده نازک نورانی سطح تصویر را فرا می‌گیرد. عوامل یاد شده قدرت تفکیک و تشخیص عدسی را از این می‌برند. توانایی عدسی را در تمیز و تشخیص اجسام بسیار ریز قدرت تفکیک[۵] و یا قدرت نقش‌بندی می‌نامند. قدرت تفکیک عدسی را به تعداد خطوط سیاهی که در یک میلیمتر تصویر عکسی می‌توان از یکدیگر تمیز داد، معرفی می‌نمایند. مثلا ۸۰ خط بر میلیمتر. قدرت تفکیک با عدد کانونی[۶] و یا اتساع نسبی[۷] دهانه دوربین (f/N) نسبت معکوس و با زاویه دید عدسی نیز (2θ) نسبت معکوس دارد. به این معنی که قدرت تفکیک با انتخاب قطر دهانه دیافراگم بزرگتر، بیشتر شده و از سویی در عدسی زاویه با ریک بیشترین و در عدسی زاویه مافوق باز[۸] کمترین مقدار را دارد. در این میان دوربین زاویه باز[۹] دارای مقدار بهینه است.

قدرت نقش‌بندی در قشر حساس فیلم بستگی به اندازه کریستالهای نمک‌نقره دارد. هرچه کریستالها ریزتر باشند قدرت نقش‌بندی بیشتر خواهد بود و اما این نوع کریستالها در برابر نور حساسیت کمی داشته و برای ضبط تصویر به مدت بیشتری نیاز دارند و به‌عبارت دیگر فیلم دانه ریز فیلم کند است.

فیلمهای با قشر حساس دانه‌ریز کنتراست بیشتری نیز دارند. تفاضل سیاهشدگی حداکثر و حداقل در یک صحنه عکس را کنتراست[۱۰] می‌نامند.

$$C = D_M - D_m$$ (D مقدار سیاه شدگی با عدد لگاریتمی بیان می‌شود)

شرایط جوی در زمان عکسبرداری از نظر وضوح تصویر کمال اهمیت را دارد. زیرا هوای غبارآلود پرده‌ای نورانی، که منتجه‌ای از اشعه منعکسه خورشید از ذرات غبار جوی به‌سمت بالا، یعنی به‌سمت عدسی دوربین در کف هوا پیما بوجود می‌آورد. این پرده نورانی موجب از بین رفتن کنتراست و تفکیک عوارض می‌شود به‌مثال زیر توجه‌شود:

اگر میزان نورمنعکسه اندازه‌گیری شده از عوارض طبیعت در سطح زمین (قطعه زمینی که در معرض ضبط دوربین عکسبرداری قرار گرفته است) به‌ترتیب جدول الف باشد و میزان نوری، که از انعکاس ذرات غبار جوی واقع در فضای بین زمین تا زیر هواپیما، بوجود آمده است مطابق جدول ب باشد، مجموع این دو انعکاس وارد عدسی شده و بالاخره به سطح کانونی و قشر حساس فیلم می‌رسند، به‌این ترتیب خواهیم داشت:

الف	۲۵۶	۱۲۸	۶۴	۳۲	۱۶	۸	۴	۲	۱	انعکاس عوارض طبیعت
										+
ب	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	انعکاس حاصله از غبار جوی
										↓
پ	۱۳۲	۶۶	۳۳	۱۷	۹	۴	۲	۱	۰٫۵	مجموعه اشعه نورانی مؤثر بر فیلم

به‌طوری که ملاحظه می‌شود مجموع نور رسیده به‌سطح قشر حساس مطابق جدول پ شده است . در جدول الف نسبت انعکاس بین عوارض در سطح زمین به‌ترتیب ضریبی از ۲ و تمایز آن محسوس می‌باشد درحالی که نسبت انرژی نورانی وارده به عدسی برای تشکیل تصویر در خانه اول و دوم معادل $\frac{۷}{۶}$ یعنی تقریباً برابر یک شده است، نتیجه اینکه دو عارضه کاملاً قابل تفکیک درسطح زمین با اختلاف انعکاس دو برابر، اکنون درسطح قشر حساس به‌صورت عوارض مشابه و یکسان ضبط شده و از لحاظ تفسیری دیگر نمی‌توان آنها را به‌صورت دو عارضه متمایز بررسی کردو با توجه به نسبت انرژی نورانی درخانه هشتم و نهم ($۲ - \frac{۲۶۱}{۱۳۳}$) ملاحظه می‌شود که درقسمت پرنورصحنه تغییری حاصل نشده است .

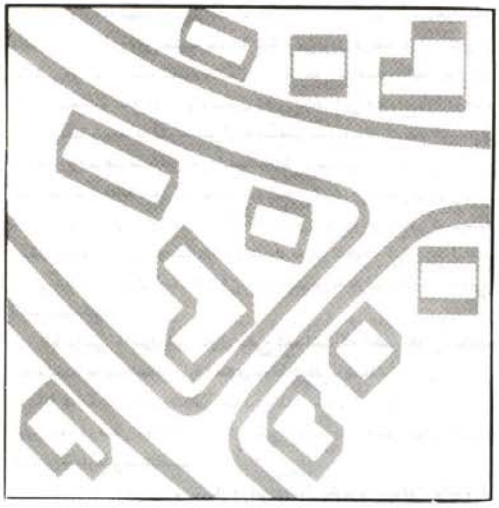
نتیجه دیگر اینکه غبار اتمسفر باعث از بین رفتن کنتراست در قسمتهای کم روشنایی یعنی سایه‌ها می‌گردد. شدت تابش و زاویه اوج خورشید درساعات مختلف روز، همچنین درفصولی از سال و عمدتاً در کشورهایی که درعرض جغرافیایی بالا واقع‌اند، کم بوده نتیجتاشدت تابش کم و متناسباً میزان انعکاس ازسطح زمین کم می‌باشد. این امر محدودیت فراوانی در برنامه‌های عکسبرداری پیش می‌آورد.

همزمان با پیشرفت تکنولوژی و از جانب دیگر ملاحظات اقتصادی، مهمتر از همه نیاز به تهیه عکس هوایی با سرعت هرچه بیشتر و استفاده از شرایط جوی زیر می‌نیمم با بازده زیاد، گرایشی برای بکارگرفتن هواپیماهای پرسرعت (هواپیماهای جت) در عکسبرداری به‌وجود آورد. در کشورهای پیشرفته تهیه، تولید و تکمیل دائمی نقشه‌های بنیادی و عمرانی همچنین نیاز فوری به‌عکسهای هوایی تفسیری به‌منظور ارزیابی محصولات کشاورزی، بررسی و حراست مزارع از آفات و امراض نباتی وحفاظت سلامت درختان جنگلی صنعتی، برآورد قطر درختان وزمان بهره‌برداری و براندازی جنگل در تشدید این گرایش مؤثر واقع شدند. این مسئله مغایر با محدودیتی بود که برای میزان کشیدگی تصویر پذیرفته شده بود. در ابتدای امر هواپیماهای مدرن جت برای عکسبرداریهای کوچک مقیاس به کارگرفته شدند. زیرا در این حالت سرعت زاویه‌ای ($\frac{v}{h} = \frac{\text{سرعت هواپیما}}{\text{ارتفاع پرواز از سطح زمین}}$) عبور عوارض از مرکز تصویر عدسی دوربین کم و در نتیجه کشیدگی تصویر در همان حدمجاز محفوظ بود . اما عکسبرداریهای کوچک مقیاس در اغلب کشورها به‌ندرت و هر چند دهه یکبار ضرورت پیدا می کند، زیرا بطور کلی عکس کوچک مقیاس کاربرد تفسیری نداشته و برای تهیه نقشه‌های مبنایی هم یکبار عکسبرداری جوابگوی چندین سال می‌باشد. در صورتی که کاربرد عکس بزرگ مقیاس در تمامی زمینه‌ها بوده و همگام با پیشرفت وتوسعه کشور، مصرف آن رو به‌فزونی می‌رود. از این نظر استفاده از هواپیماهای پرسرعت در عکسبرداریهای بزرگ مقیاس نیز ضرورت کامل پیدا کرد.

مشکل اساسی در تحقق این امر همان کشیدگی تصویر بود که باعث از بین رفتن وضوح در عکس، تمایز و تشخیص جزییات در تفسیر و دقت اندازه‌گیری در فتوگرامتری می‌شد. آخرالامر برای فائق آمدن برمعایبی که از کشیدگی تصویر ناشی می‌گردید تدابیر طراحان منجر به‌ابداع دستگاه ترمیم کننده کشیدگی تصویر FMC گردید.[۳] (برای کشیدگی‌های تصویر ناشی از دوران هواپیما حول محورهای X و Y و Z همچنین ناشی ازلرزش هواپیما تدابیر دیگری اتخاذشده‌است.)

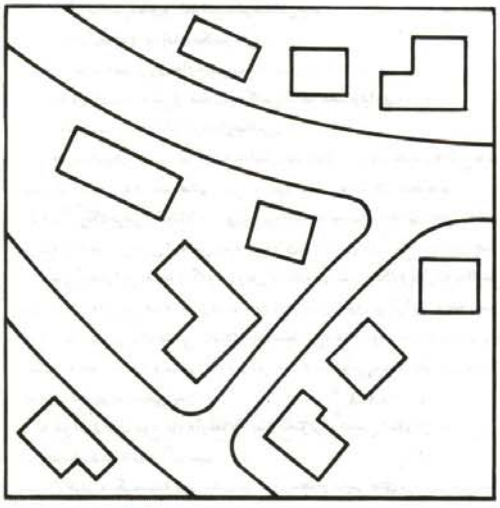
دستگاه FMC درانثای بازبودن دریچه نورگیر دوربین به‌منظور ضبط تصویر، متناسب با سرعت نسبی عبور عوارض، قطعه فیلمی را که پشت عدسی درمعرض نور قراردارد، بجلو حرکت می‌دهد و در نتیجه کشیدگی تصویر را ترمیم و به‌حدود صفر می‌رساند.

در این رابطه، کارخانه ویلد، هیبروگ‌سویس، در طرح دوربین هوایی Wild Aviophot RC 20 موفق به‌نصب دستگاه FMC دربدنه دوربین گردید. کارخانه زایس، اوبر کوخن آلمان غربی، باطرح مخزن فیلم CC24 دستگاه FMC را در داخل آن نصب کرد و بالاخره کارخانه زایس ینای آلمان شرقی، با معرفی سیستم کامل دوربین هوایی جدید بنام LMK، دستگاه FMC را که درمحفظه مخزن آن نصب کرده بود، به بازارجهانی عرضه داشت.



تصویر بدون کاربرد FMC

تصویر با استفاده از FMC



خصوصیات عملکرد سیستم FMC در دوربین های مختلف به‌شرح زیر است.

دوربین Wild Aviophot RC20

حداکثر سرعت حرکت سطح تصویر	: ۶۴ میلیمتر برثانیه
حداکثر سرعت نسبی $\frac{v}{h}$	: ۰/۳۰ رادیان بر ثانیه (برای دوربین های با فاصله کانونی ۸۸، ۱۵۰ و ۲۱۰ میلیمتر)
	: ۰/۲۱ رادیان برثانیه (برای دوربین با فاصله کانونی ۳۰۰ میلیمتر)
حداکثر کشیدگی تصویر قابل ترمیم	: ۶۴۰ میکرن

Zeiss RMK A

قابل استفاده در دوربین های RMK A با فاصله های کانونی ۸۵، ۱۵۳، ۲۱۰، ۳۰۵ و ۶۱۰ میلیمتر

حداکثر سرعت حرکت سطح تصویر	: ۳۰ میلیمتر بر ثانیه (در دوربین طرح جدید RMK TOP ۶۴ میلیمتر بر ثانیه)
حداکثر سرعت دریچه نورگیر	: ۱/۱۰۰ ثانیه برای فاصله های کانونی ۱۵۰ تا ۶۱۰ میلیمتر ۱/۵۰ ثانیه برای فاصله کانونی ۸۵ میلیمتر
حداکثر کشیدگی تصویر قابل ترمیم	: ۳۰۰ میکرن (دوربین جدید ۶۴۰ میکرن)

دوربین Zeiss Jena LMK

حداکثر سرعت حرکت سطح تصویر	: ۶۴ میلیمتر برثانیه
نمایش مقدار کشیدگی در صفحه دستگاه کنترل	: تا ۹۹۹ میکرن

در همه این دوربین ها میزان کشیدگی تصویر با محاسبه آنالوگ $\frac{v}{h}$ از دستگاه دید ناوبری به دست آمده و همراه با معرفی فاصله کانونی دوربین در ریزپردازنده، پردازش شده و فرمان به موتور FMC صادر می گردد. حرکت ترمیمی همزمان با کوبه‌ای که برای باز شدن دریچه نورگیر فرستاده می‌شود، آغاز می گردد. دستگاه FMC را در دو پرواز آزمایشی مورد استفاده قرار داده‌اند که نتایج حاصله به این شرح است:

● آزمایش ۱

عکسبرداری بزرگ مقیاس	: ۱:۲۵۰۰
هواپیمای کم‌سرعت	: Gs – ۳۷۰ Km/h
ارتفاع پرواز از متوسط سطح زمین	: ۲۵۰۰ فوت
فاصله کانونی دوربین	: ۳۰۳ میلیمتر
فیلم استفاده شده	: Kodak Plus - X 2402
اتساع نسبی دهانه دوربین	: f/4
سرعت دریچه نورگیر	: ۱/۲۵۰ ثانیه
زاویه اوج خورشید	: ۲۸ درجه
زمان عکسبرداری	: پانزدهم فوریه (اواخر بهمن) ساعت یک بعدازظهر
مکان عکسبرداری	: سویس

نتایج حاصله از عملکرد FMC:

سرعت حرکت سطح تصویر	: ۴۱ میلیمتر برثانیه
سرعت نسبی $\frac{v}{h}$	: ۰/۱۳۵ رادیان بر ثانیه
کشیدگی تصویر ترمیم شده	: ۱۶۴ میکرن

تصویر با FMC

تصویر بدون FMC

از طرف دیگر محدودیت شرایط جوی مساعد در کشورهایی مانند هلند که فقط ۹ روز در سال هوای مساعد عکسبرداری پیش می‌آید و یا در کشور پاناما که حتی یکروز در سال هم هوای مساعد متصور نیست (در این کشور عکسبرداری پوششی راداری انجام شده است)، مسئله استفاده حداکثر از شرایط جوی مساعد و بیش از آن، از شرایط جوی نامساعد، تمایل به‌طرح جدید عدسیهای قوی‌تر ایجاد کرد که همزمان با ابداع FMC، کارخانه‌های مذکور در طرح عدسیهای دوربین‌های هوایی نیز قدم موفقیت‌آمیز دیگری در جهت استفاده از شرایط جوی زیر می‌نیمم برداشته، اتساع نسبی دهانه دوربین هوایی را تا f/4 که قدرت نورگیری دوبرابر عدسیهای قبلی (با اتساع نسبی f/5.6) می‌باشد، افزایش دادند.

در این عرصه کارخانه زایس بنا از آلمان شرقی عدسی Lamegon Pl - 150 mm با اتساع نسبی f/4.5 را در دوربین LMK عرضه کرد و کارخانه ویلد هیربروگ از کشور سویس با طرح دوربین Wild Aviophot RC 20 عدسی Universal Aviogon 15/4 UAGA - F را با اتساع نسبی f/4 معرفی کرد و بالاخره کارخانه زایس اوپر کوخن از آلمان غربی در طرح جدید دوربین هوایی خود به‌نام RMK TOP ، که در اواسط ۱۹۹۰ به بازار جهانی عرضه خواهد کرد ، عدسی Pleogon A3 4/153 را با اتساع نسبی f/4 طراحی کرد.

مسلم و مشخص است وقتی توان نورگیری عدسی به دو برابر افزایش یافت، در روزهائی که زاویه تابش کم است (زمستان)، یا زمانی که بر اثر وجود لایه‌های نازک ابرهای سیروس Cirus در ارتفاع بالا (حدود ۳۰۰۰ پا) از شدت تابش خورشید کاسته شده است و یا در مناطق قطبی، همچنان می‌توان عکسبرداری را با موفقیت انجام داد.

تجهیز دوربین‌های هوایی به دستگاه FMC امتیاز بزرگ دیگری در بر داشت و آن امکان استفاده از فیلمهایی با امولسیون دانه ریز و پر کنتراست (Fine grain, High Contrst) بود که تا آنزمان کاربرد آن هرگز مقدور و متصور نبود. این نوع فیلمها دارای قدرت تفکیک زیاد نیز می‌باشند که از نظر تهیه نقشه‌های دقیق و عکسهای تفسیری حائز کمال اهمیت است.

نگاره ۳- مقایسه نقش بندی در امولسیون دانه ریز و دانه درشت

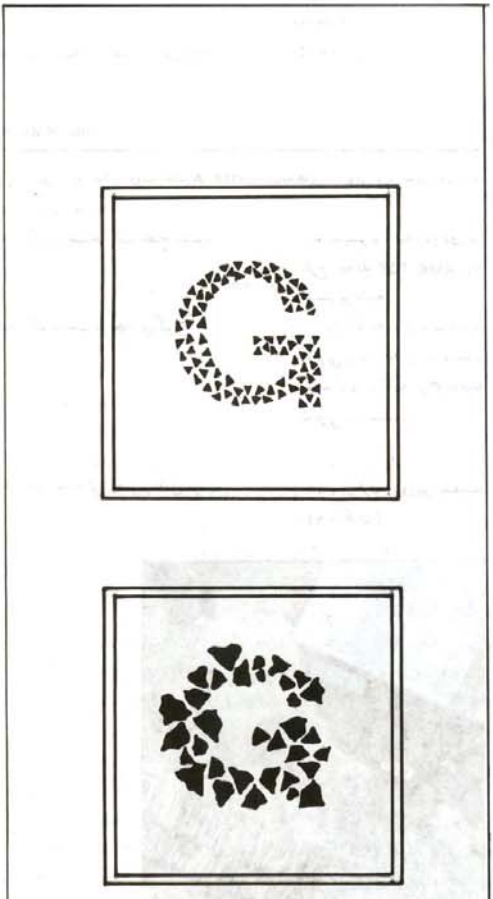
به‌عنوان مقایسه سابقاً فیلمهای هوایی مورد استفاده عمومی ردیف Kodak Plus - X 2402 بود که قدرت تفکیک آن ۱۰۰ خط بر میلیمتر و حساسیت آن AFS ۲۰۰ می‌باشد در حالی که اکنون فیلمهایی در ردیف Kodak Panatomic X Aerographic II - 2412 را به بمن وجود FMC می‌توان در عکسبرداری هوایی به کارگرفت که قدرت تفکیک آن ۴۰۰ خط برمیلیمتر و حساسیت آن AFS ۴۰ است.

به‌طور کلی قدرت تفکیک عکسهای هوایی که با فیلم پاناتومیک گرفته‌شده و از سیستم : عدسی، فیلم، ظهور و چاپ عبور کرده، به ۸۰ خط بر میلیمتر رسیده است در حالی که با فیلمهایی مانند Plus - X قدرت تفکیک عکسها ۳۰ خط برمیلیمتر بیشتر نبوده است. به این ترتیب ملاحظه می‌شود که قدرت تفکیک و تشخیص در عکس هوایی به بیش از دو برابر افزایش یافته است.

اتوماسیون

در دهه ۸۰، اتوماسیون بیش از پیش در طرح و ترکیب سیستم عکسبرداری هوایی پیشرفت کرده است، هدف از اتوماسیون در عکسبرداری هوایی، در درجه اول اقتصادی کردن کار و حذف پرسنل پروازی است که علاوه بر سنگینی هزینه، مشکل آموزش و تربیت متخصصان مربوطه را نیز در بر دارد. در سیستمهای کنونی پرسنل پروازی از سه به دو و در موارد خاص به یک نفر (خلبان عکاس) تقلیل داده شده است.

علاوه بر جنبه‌های اقتصادی قضیه، تهیه عکس هوایی با کیفیت عالی ایجاب می‌کند که برای سنجش نور هریک از ایستگاههای عکسبرداری، نور منعکسه از همان کادر بوسیلهٔ نورسنج اتوماتیک تعیین و بر همان میزان، سرعت دریچه نورگیر با اتساع نسبی دهانه دوربین، به‌طور خود کار تنظیم گردد تا همه عکسهای یک نوار یا یک منطقه همگن تهیه شود.



نگاره ۳- مقایسه نقش بندی در امولسیون دانه ریز و دانه درشت

با تجهیز دوربین‌های هوایی به دستگاه FMC و عدسی قوی‌تر f/4 امکانات زیر فراهم آمده است:

— کاربرد فیلمهای با قدرت تفکیک زیاد (فیلمهای کند)؛

— امکان عکسبرداری در شرایط جوی با روشنایی کم؛

— امکان عکسبرداری با هواپیماهای سریع در ارتفاعات کم ($\frac{V}{h}$ بزرگ)؛

— امکان عکسبرداری با دوربین‌های زاویه باریک در ارتفاعات کم (مقیاسهای بزرگتر)؛

— بهره‌برداری بیشتر در روزهای عکسبرداری؛

— در مقیاسهای مساوی، شناسائی و تشخیص عوارض بهتر؛

— در مقیاسهای مساوی، دقت اندازه‌گیری بیشتر.

کیفیت عکس هوایی مطلوب:

۱) تمیز و تشخیص عوارض از یکدیگر به‌خوبی و سهولت صورت گیرد. (قدرت تفکیک زیاد)

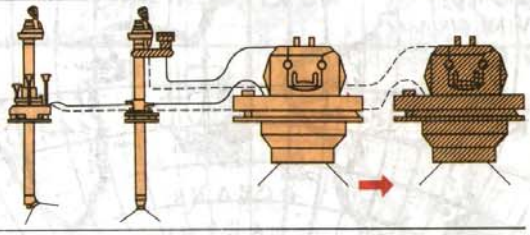
۲) عوارض در سایه و مناطق تاریک صحنه به همان وضوح مناطق آفتاب خورده و روشن (کنتراست مناسب) دیده شوند.

۳) زمان عکسبرداری متناسب با زاویه اوج خورشید و زاویه دید عدسی دوربین انتخاب شده باشد (عدم وجود Hot Spot و سایه‌های بلند در تصویر).

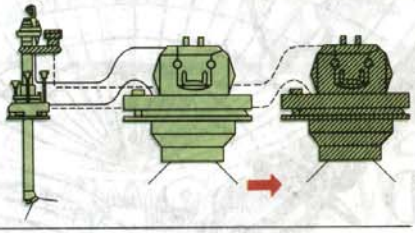
۴) هوا در زمان عکسبرداری عاری از غبار جوی بوده باشد (احتراز از عدم وضوح به‌خاطر از دست رفتن کنتراست).

با توجه به‌مراتب فوق ملاحظه میشود که طراحان و سازندگان افزار عکسبرداری هوایی همه در این راه کوشیده‌اند تا عکس هوایی با کیفیتی عالی به‌دست مصرف کنندگان برسد.

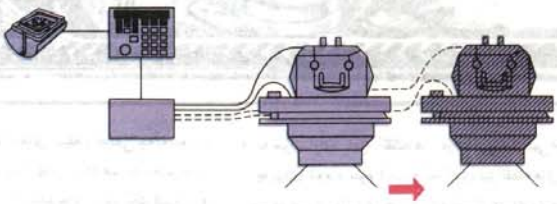
شکل ٤- ترکیب سیستم عکسبرداری متناسب با پرسنل پرواز



گروه پرواز سه نفری شامل خلبان، ناوبر و عکاس



گروه پرواز دونفری شامل خلبان و ناوبر عکاس



ترکیب سیستم پرواز یک‌نفری (خلبان عکاس)

۱۲) درمعرفی مشخصات عدسیها همه‌جا عدسی دوربین‌های زاویه‌باز ذکرگردیده است زیرا این دوربین بخاطر کیفیت بهینه‌ای که دارد اتوپورسال واستاندارد شناخته شده و دوربین زاویه مافوق باز در موارد اشتغالی و خاص، بخصوص در دشتها واستپهای بدون عارضه مورد استفاده قرار میگیرد.

۱۳) این کشیدگی ناشی ازحرکت هواپیما درامتداد خط پرواز است.

1) Shutter
2) Diffraction
3) Airy disc
4) Lens flare
5) Resolving Power
6) f/Number
7) Relative Aperture
8) Super Wide Angle Lens
9) Wide Angle Lens
10) Contrast
11) Forward Motion Compensation