

### مراحل تهیه نقشه به روش فتوگرامتری

همان‌گونه که قبلاً دیدید عکس‌های هوایی، خود، کاربردهای مختلفی دارند، اما مهم‌ترین مورد استفاده از آن‌ها تعیین موقعیت جزئیات در نقشه است. اساس این کار که در اصطلاح فتوگرامتری نامیده می‌شود آن است که پس از عکس برداری از مناطق مورد نظر و تعیین موقعیت زمینی نقاط کنترل (مینا)، عکس‌ها طی مراحل مفصلی تبدیل به نقشه می‌گردند. در این فصل شما با این مراحل آشنا می‌شوید.

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

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

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

## ۱-۵- آماده‌سازی نقشه به کمک فتوگرامتری

مراحل تهیه نقشه به روش فتوگرامتری عبارت‌اند از:

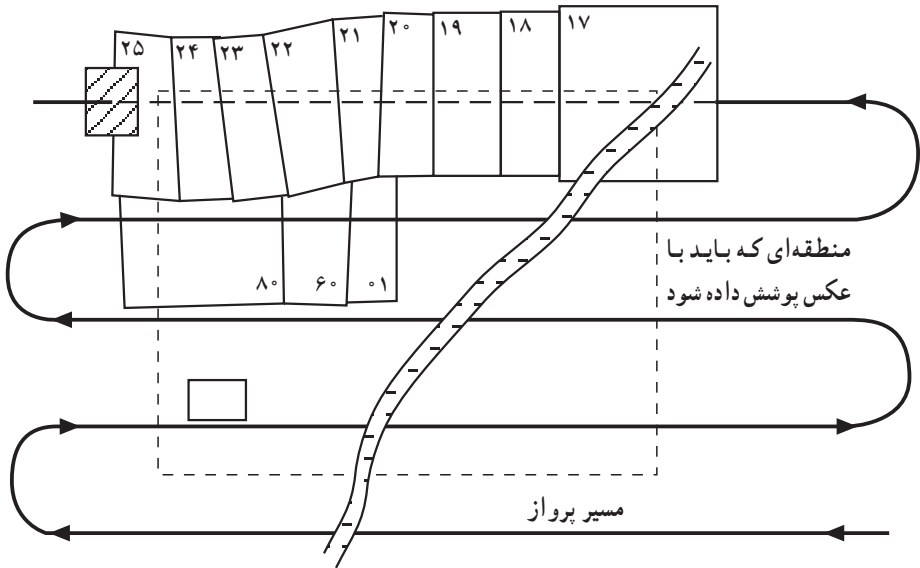
- ۱- پرواز، ۲- عکاسی، ۳- تهیه، ۴- طراحی نقاط کنترل زمینی، ۵- نقشه‌برداری، ۶- مثلث‌بندی، ۷- محاسبات فتوگرامتری، ۸- تبدیل، ۹- کارتوگرافی و ۱۰- چاپ.

۱-۱-۵- پرواز: برای عکس‌برداری هوایی ابتدا باید برنامه‌ریزی شود و اولین قدم برای این کار در دست داشتن یک نقشه از منطقه یا زمین موردنظر است که اگر در پرواز بخواهیم عکس‌های بزرگ مقیاس بگیریم بهتر است از نقشه‌های ۱/۵۰۰۰۰ استفاده کنیم و اگر عکس‌های کوچک مقیاس موردنظر باشد از نقشه‌هایی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ استفاده می‌شود. سپس در روی نقشه، منطقه‌ای را که قرار است عکس‌برداری شود مشخص کرده از آن به‌عنوان راهنمای پرواز استفاده می‌کنیم و جهت پرواز هواپیما، امتداد نوارهای پرواز را بر روی نقشه ترسیم می‌نماییم. معمولاً جهت پرواز شرقی غربی است مگر این که منطقه کوچک باشد که در آن صورت خطوط پرواز را در امتداد طول منطقه انتخاب می‌کنند. این مسئله به‌خاطر آن است که کم‌ترین تعداد رن‌های پرواز را داشته باشد که در نتیجه تعداد عکس‌های گرفته شده نیز کمتر می‌شود. اکنون با توجه به پوشش طولی ۶۰٪ عکس‌ها و دانستن جهت پرواز تعداد تقریبی عکس‌هایی را که در هر رن باید گرفته شود حساب کرد، و اولین و آخرین عکس در رن را از نظر موقعیت در روی نقشه مشخص می‌کنیم و رن‌های بعدی را با توجه به پوشش حدود ۲۰٪ در روی نقشه ترسیم می‌نماییم و در چهارگوشه‌ی منطقه‌ی طول و عرض جغرافیایی مربوط را روی نقشه یادداشت کرده که برای پرواز در روی رن مربوط مورد نیاز است.

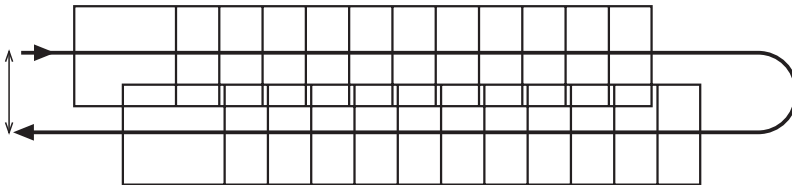
شکل ۱-۵ نشان دهنده‌ی یک نقشه‌ی ۱/۵۰۰۰۰ است که منطقه‌های مورد سفارش و مشخصات دیگر در آن دیده می‌شود و عکس‌های گرفته شده از نظر نمایشی مشخص شده است و

۱- این‌گونه نقشه‌ها در ناوبری کاربرد دارد.

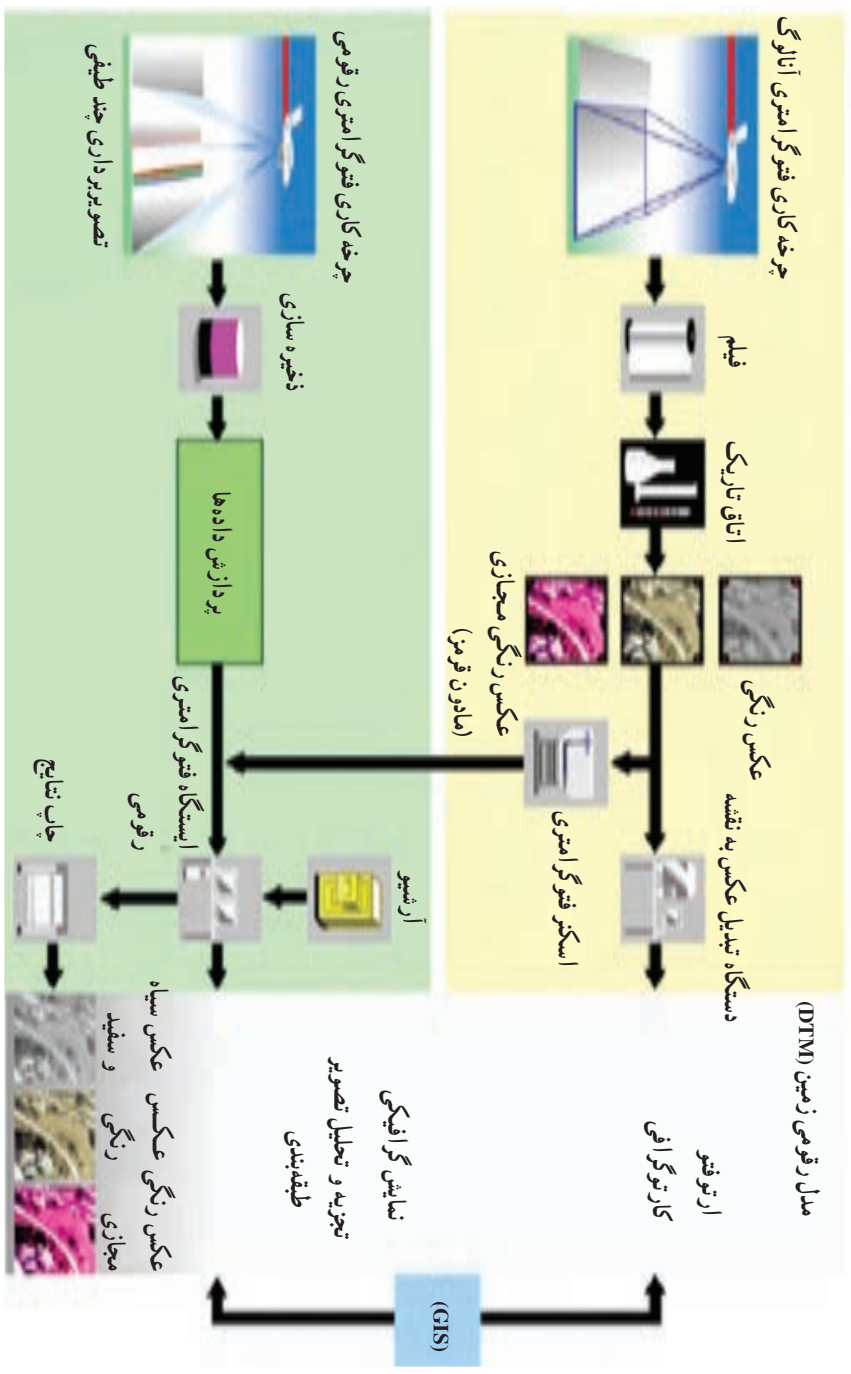
شکل ۵-۲ رن‌ها را که مدل‌ها روی آن‌ها مشخص شده است نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱

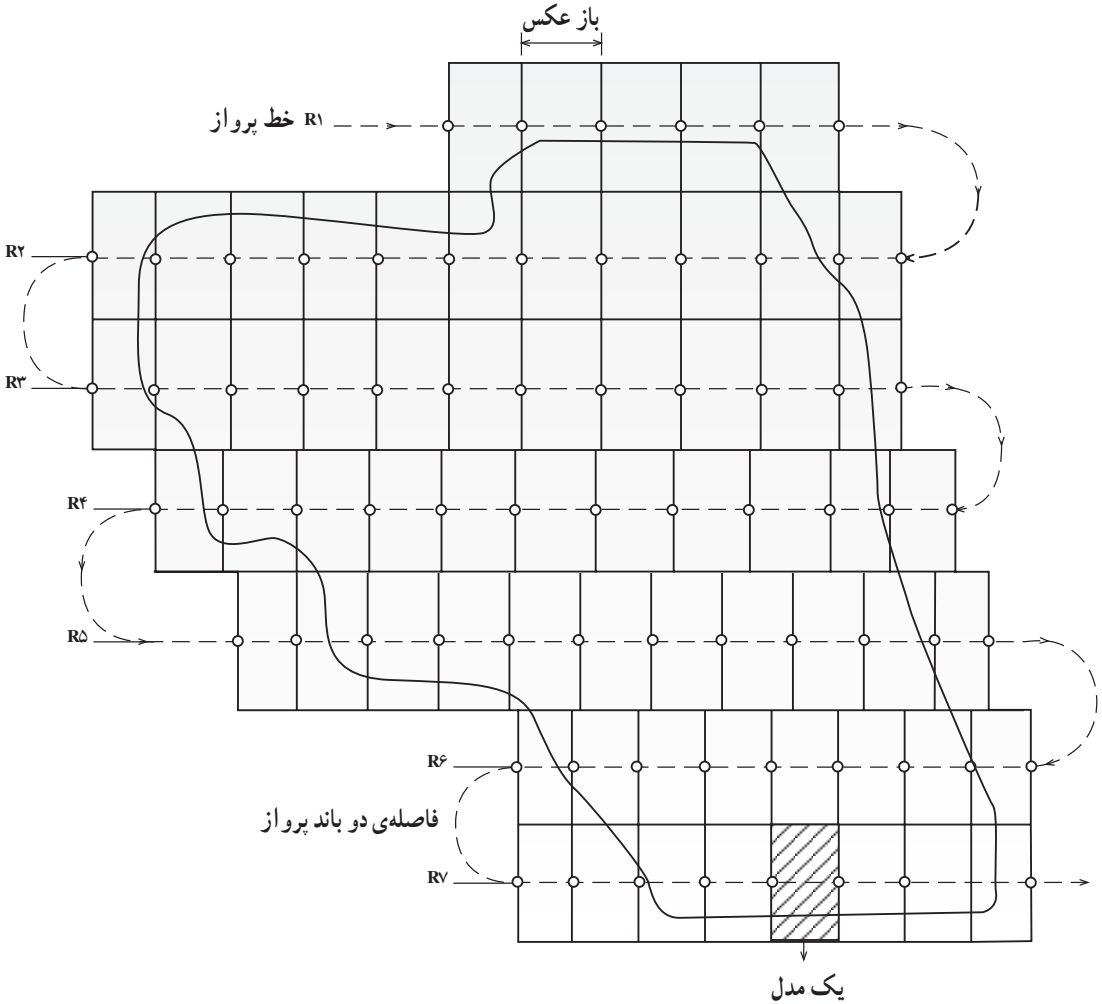


شکل ۵-۲



شکل ۳-۵

شکل ۵-۴ در زیر برای فهم مطلب می باشد.



شکل ۵-۴

۲-۱-۵- عکاسی: برای عکاسی به هواپیمای مخصوص و دوربین عکس برداری و خلبان

و گروه پرواز احتیاج است. قبل از انجام عملیات، نقشه‌ی طراحی شده‌ی مرحله‌ی قبل در دست است؛ در ضمن مقیاس عکس، مدت زمان پرواز، نوع دوربین عکس برداری، فاصله‌ی کانونی دوربین، جهت حرکت هواپیما، سرعت هواپیما، پوشش عکس‌ها، تعداد رن‌ها و تعداد حلقه‌های فیلم لازم مشخص شده است. در زیر به شرح هریک از این موارد می‌پردازیم.

**مقیاس عکس:** مقیاس عکس باید طبق نظر سفارش دهنده انتخاب شود. ولی به طور معمول مقیاس عکس‌ها را حدود  $\frac{1}{5}$  برابر مقیاس نقشه‌ی مورد نظر انتخاب می‌کنند. به طور مثال اگر درخواست‌کننده، نقشه‌ای به مقیاس  $\frac{1}{3000}$  نیاز دارد باید از عکس‌های  $\frac{1}{6000}$  استفاده کرد، ضمن این که باید دانست مقیاس عکس بستگی به وضع زمین، یعنی پستی و بلندی و مسطح و کوهستانی بودن آن دارد. برای منطقه‌ای که وضع زمین یک‌نواخت نیست یک ارتفاع متوسط حساب کرده و بر اساس آن مقیاس لازم را به دست می‌آورند. فرمول مقیاس عکس را داریم  $S = \frac{F}{H}$  و با انتخاب فاصله‌ی کانونی  $f$  و  $H$  ارتفاع پرواز می‌توانیم مقیاس مطلوب خود را داشته باشیم. به طور مثال اگر منطقه‌ای دارای ارتفاعات بیش‌تری باشد معلوم است که باید ارتفاع پرواز را نیز بیش‌تر کرد. از این رو برای این که مقیاس ثابت بماند باید فاصله‌ی کانونی دوربین را بیش‌تر کرد و مثلاً آن را از ۱۵۳ میلی‌متر به ۳۰۰ میلی‌متر تغییر داد.

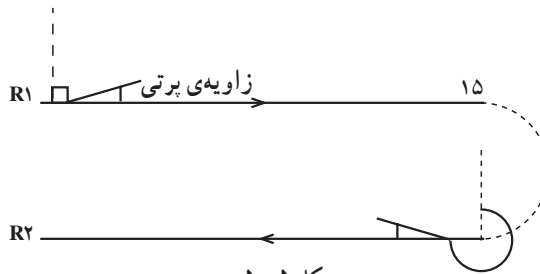
**زمان عکس برداری:** زمان پرواز و عکس برداری باید از نظر فصل و ساعتی از روز مشخص باشد؛ بدین خاطر معمولاً فصلی از سال را در نظر می‌گیرند که مشاهده‌ی سطح زمین از بالا به خوبی امکان‌پذیر باشد و یا هوای منطقه از نظر جوی در وضعیت مساعدی قرار داشته باشد. از نظر ساعت هم معمولاً ساعتی از روز را انتخاب می‌کنند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

**دوربین عکس برداری:** امروزه از دوربین‌های هوایی مجهزی برای عکس برداری استفاده می‌شود. این دوربین‌ها به گونه‌ای دقیق طراحی شده‌اند که زمان عکس برداری را بسیار کوتاه می‌کند، دیافراگم و شاتر آن سریع عمل کرده و در زمان  $\frac{1}{3000}$  تا  $\frac{1}{10000}$  ثانیه عکس می‌گیرد. به همین لحاظ اگر در حرکت هواپیما لرزش یا تکان ایجاد شود باز هم کیفیت عکس‌ها خوب خواهد بود. فاصله‌ی کانونی دوربین‌های هوایی جدید تا بی‌نهایت تنظیم شده است، از این رو در هر ارتفاعی می‌تواند عکس‌های فوکس و شارپ (بسیار واضح) بگیرد. یکی از منابع مهم خطاها همین مرحله‌ی عکس برداری است که تأثیر خوب یا بد آن در مراحل بعدی بسیار مؤثر است، بنابراین کیفیت عکس برداری و چاپ عکس‌های واضح و خوب برای دقت کار بسیار مهم است.

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

و سایر مشخصات کنار فیلم ثبت می‌شود. اکنون اغلب از دوربین‌هایی با فاصله‌ی کانونی ۱۵۳ میلی‌متر استفاده می‌شود و در زمان‌هایی از پرواز که ارتفاعات زمین اجازه‌ی ادامه‌ی پرواز را نمی‌دهد از فاصله‌ی کانونی ۳۰۰ میلی‌متر استفاده کرده و در عوض ارتفاع پرواز را بیش‌تر می‌کنند تا مقیاس عکس ثابت بماند.

در شروع کار، گروه پرواز، سرعت هواپیما و ارتفاع پرواز را برای خلبان مشخص می‌کند. آنگاه با در نظر گرفتن جهت حرکت هواپیما از ابتدای رن اول طبق نقشه‌ی طراحی شده پرواز شروع شده و عامل عکس‌برداری با چشم‌های دوربین‌هایی که تا چند کیلومتر جلوتر را نشان می‌دهد زمین را نگاه کرده و با توجه به نقشه و نسبت به عوارض، عکس‌برداری را شروع می‌کند. پس از گرفتن اولین عکس عامل عکس‌برداری همچنان با نگاه کردن پوشش طولی مطلوب که حاصل شد و با توجه به زاویه‌ی پرتی<sup>۱</sup> مجاز هواپیما از خط پرواز [که نسبت به جهت پرواز  $9^\circ$  یا  $27^\circ$  مانند شکل ۵-۵ مقایسه شود] دستور گرفتن عکس بعدی را می‌دهد.

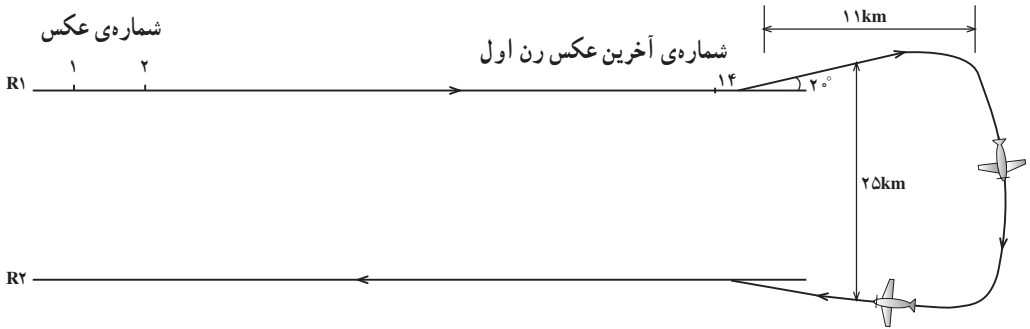


شکل ۵-۵

عکس‌برداری رن اول که تمام شد برای دور زدن و شروع کار رن دوم مطابق شکل ۵-۶ باید از رن اول یک زاویه‌ی حدود  $2^\circ$  از خط پرواز ایجاد کرده و در مقیاس  $1:40000$  در انتهای رن اول ( $R_1$ ) ۱۱ کیلومتر پرواز را ادامه می‌دهند و دور می‌شوند و سپس هواپیما دور می‌زند و برمی‌گردد به طرف پرواز رن دوم ( $R_2$ ) که موازی رن اول است و حدود  $2^\circ$  تا  $25$  کیلومتر با رن اول فاصله می‌گیرد.<sup>۲</sup> و طبق همان عملیات که برای رن اول گفته شد عکس‌برداری رن دوم انجام می‌شود با تفاوت این که جهت پرواز رن دوم برعکس رن اول است. اکنون تمام منطقه را با خطوط پروازهای متعدد به صورت هر چند رن که لازم باشد می‌پوشانند. سپس حلقه‌های فیلم را به مرکز اصلی فرستاده و یک

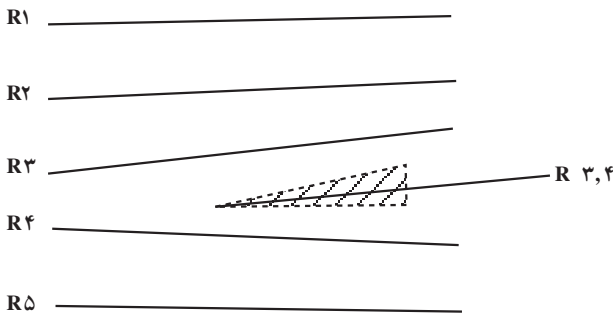
۱- زاویه‌ی پرتی drift

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



شکل ۵-۶

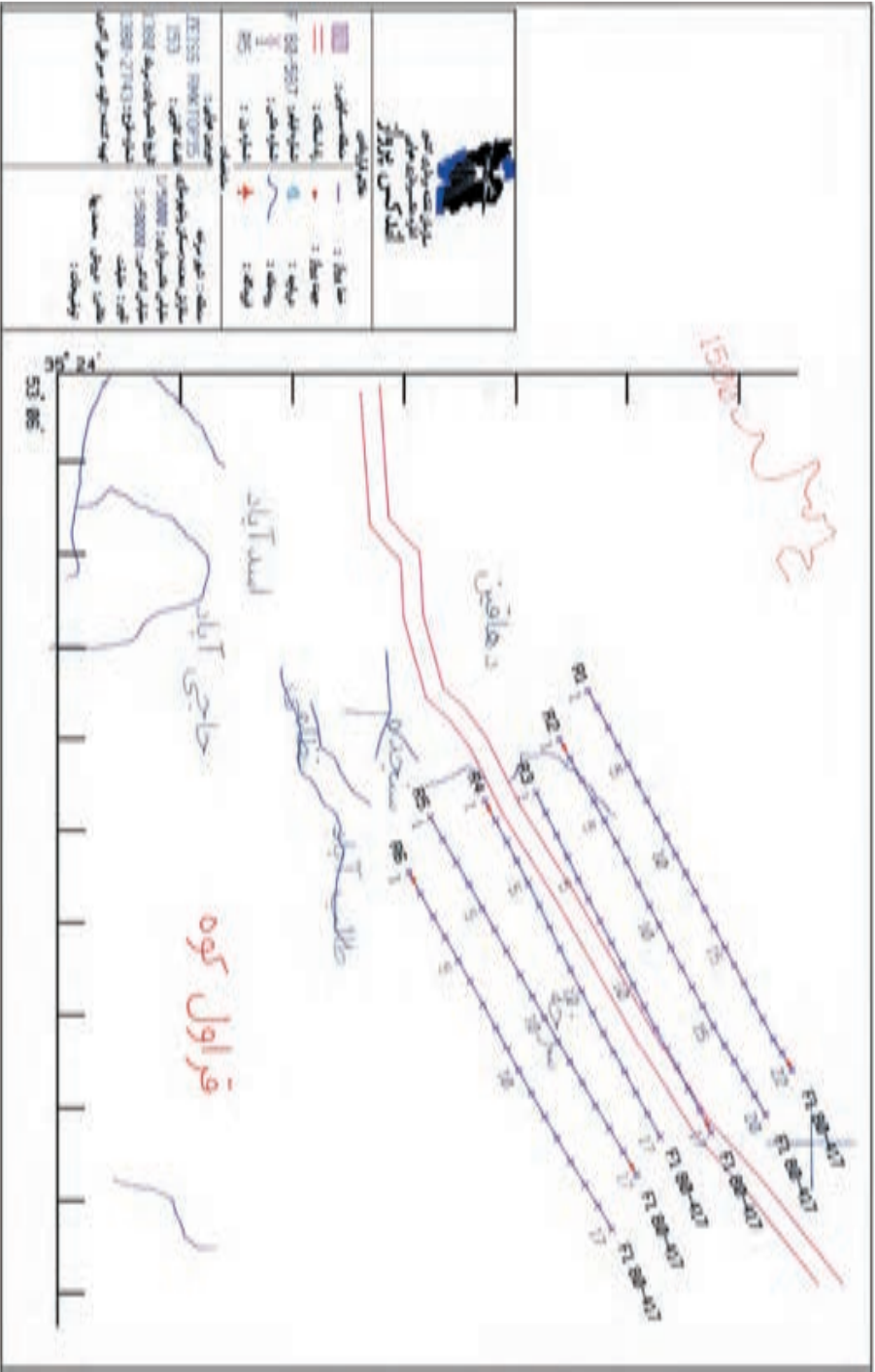
سری عکس که یک درمیان لازم است با کیفیت معمولی چاپ می‌شود و آن‌ها را کنار هم گذاشته و بررسی می‌کنند که عکس‌ها تمام مناطق را پوشانده باشد و بین هر دو رن پوشش عرضی لازم را داشته باشد و حالتی ایجاد نشده باشد که قسمتی از منطقه در عکس‌ها وجود نداشته باشد. اگر چنین بود مانند شکل ۵-۷ گویند ایجاد گپ شده است قسمت گپ را با هاشور مشخص کرده‌ایم.



شکل ۵-۷

می‌بایست آن قسمتی که پوشش ندارد یک نوار دیگر پرواز شود که آن را نوار گپ گویند و با استفاده از رن بالا یعنی  $R_3$  و رن پایین یعنی  $R_4$ ، نام‌گذاری می‌شود که این نوار گپ  $R_{3,4}$  نام می‌گیرد. زمانی که تمام عکس‌های منطقه کامل شد، قسمتی از نقشه را که طراحی روی آن انجام شده بود انتخاب کرده و با توجه به  $\lambda$  و  $\phi$  که در چند طرف نقشه یادداشت شده در زیر آن مشخصات لازم نوشته می‌شود و در اختیار مرحله‌ی بعدی کار قرار می‌گیرد (شکل ۵-۸).





شکل ۸-۵- یک نمونه اندکس پرواز

۳-۱-۵- تهیه: اکنون پس از عکاسی، مرحله‌ی تهیه در واحد تهیه آغاز می‌شود. واحد تهیه دو سری از عکس‌های گرفته شده را دریافت می‌کند و نیز یک نقشه‌ی  $1/50000$  که حد کار سفارش‌دهنده روی آن مشخص شده است را در اختیار دارد. عملیاتی که باید در قسمت تهیه انجام شود به شرح زیر است:

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

۱- تهیه‌ی اندکس (راهنمای عکس‌های به‌دست آمده از پرواز): برای تهیه‌ی اندکس احتیاج به مراکز عکس‌ها و محور پرواز می‌باشد. ابتدا باید تمام مراکز عکس‌ها در روی عکس به وسیله‌ی علائم کناری آن‌ها مشخص شده و مرکز عکس‌ها روی عکس‌های مجاور منتقل گردد تا مقدار باز عکسی که معمولاً برابر  $90^\circ$  میلی‌متر است بدست آید.

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

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

فاصله‌ی مرکز دوم از اول

اکنون برای ترسیم اندکس، ابتدا خط مستقیمی به‌صورت افقی رسم می‌کنیم. به‌طور اختیاری نوار اول را در نظر می‌گیریم و یک نقطه در ابتدای رن<sup>۱</sup> به‌عنوان اولین مرکز مشخص کرده سپس با خط‌کش از مرکز اول به‌اندازه‌ی ۱۸ میلی‌متر مرکز عکس دوم را مشخص می‌کنیم و عدد شماره‌ی ۲ را روی آن می‌نویسیم. به‌همین ترتیب تمام مراکز عکس‌های رن اول مشخص می‌شود (شکل ۹-۵).

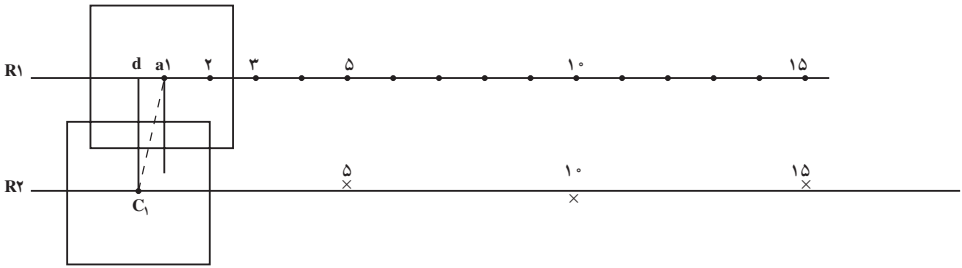


شکل ۹-۵

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

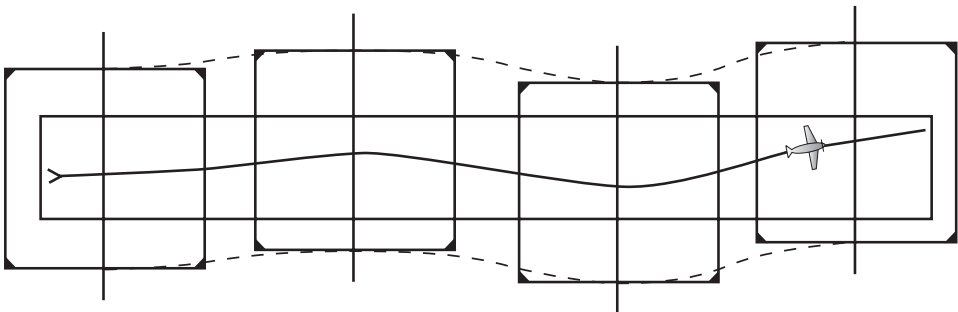
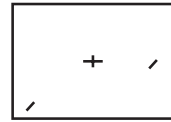
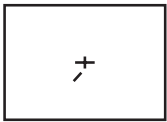
اکنون موقعیت  $C_1$  مرکز عکس شماره‌ی ۱ از رن دوم ( $R_2$ ) نسبت به نقطه  $a_1$  در رن اول مشخص می‌شود (شکل ۱۰-۵).

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



شکل ۱۰-۵

و برای سایر مراکز هر ۳ یا ۴ عکس یکی از مرکزها را از این طریق مشخص می‌کنیم. البته باید توجه داشت که اگر گاهی هرکجا از رن تغییرات پوشش داشتیم (بعضی بیش‌تر از حد معمول یا کم‌تر از حد معمول پوشش بود) در آن‌جا هم باید مرکز را مشخص کرد. بدین ترتیب تا انتهای رن دوم چندین مرکز مشخص شده است (۱ و ۵ و ۱۰ و ۱۵) اکنون از نقطه‌ی  $C_1$  اولین مرکز به‌گونه‌ای نوار دوم را رسم می‌کنیم که فواصل نقاطی که در دو سمت این خط قرار می‌گیرند حدوداً به یک اندازه باشند.

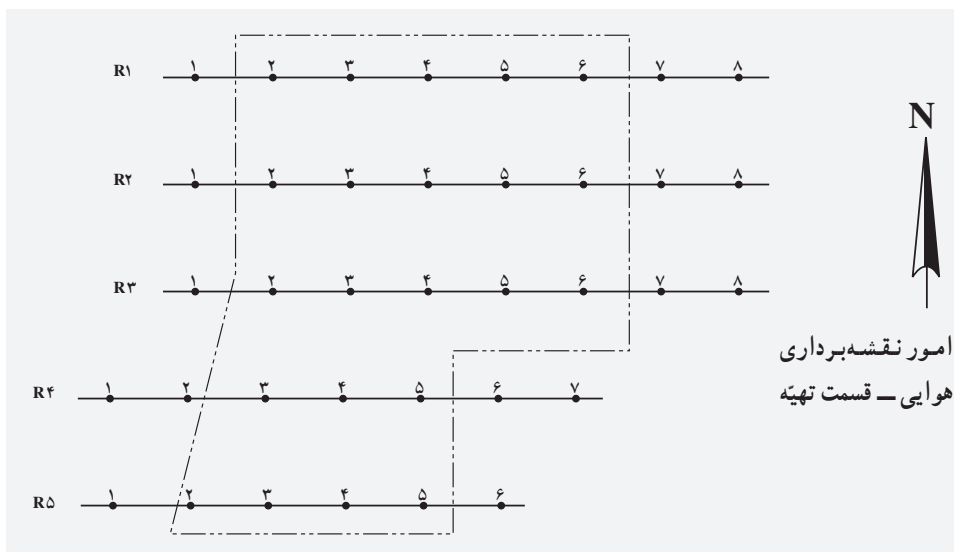


شکل ۱۱-۵

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

سپس مراکز رن دوم را مانند رن اول مشخص می‌کنیم و به همین ترتیب تمام رن‌های اندکس را رسم می‌نماییم و ابتدای هر رن را با حرف اختصاری R و شماره‌ی رن آن را مشخص می‌کنیم. مانند R<sub>۱</sub> برای رن اول؛ سپس حد اندکس را با توجه به نقشه‌ای که درخواست کننده حد کار را روی آن مشخص کرده رسم می‌کنیم. در این جا نقشه ما ۱/۵۰۰۰۰ می‌باشد.

در پایین اندکس، سمت راست آن طبق شکل ۵-۱۲ همیشه جدولی نوشته می‌شود که بالای آن نام اندکس یا راهنمای مراکز عکس‌ها نوشته می‌شود و سپس نام منطقه‌ی عکس‌برداری شده که در این جا کرج نام دارد. در این جدول مشخصات و علائمی داریم که با بعضی از آن‌ها تاکنون آشنا شده‌اید و با برخی از آن‌ها در آینده آشنا خواهید شد.



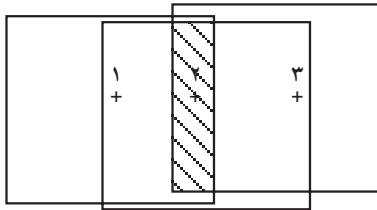
## راهنمای مراکز عکس‌های منطقه‌ی کرج

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

شکل ۵-۱۲

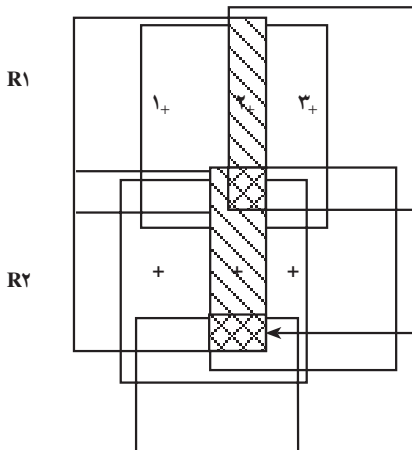
### ۲- کادرگیری نقاط مشترک:

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



شکل ۵-۱۳

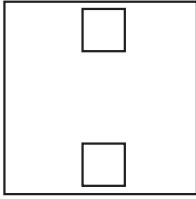
سپس عکس‌های رن دوم را با رن اول پوشش داده و کنار هم می‌چینیم. در این جا پوشش سه عکس رن دوم را با هاشورهایی که ۹۰ درجه خلاف رن اول است مشخص می‌کنیم. مانند شکل ۵-۱۴، قسمت مشترک ۶ عکس را به وضوح می‌بینیم.



۱+ تعداد مدل‌ها = تعداد عکس‌ها

قسمت مشترک ۶ عکس با ۴ مدل

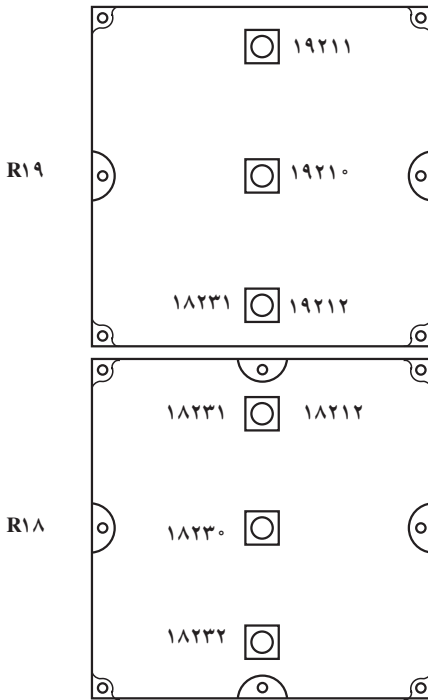
شکل ۵-۱۴



شکل ۱۵-۵

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

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



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

مرکز عکس که با عدد صفر ۱۹۲۱۰ مشخص می‌شود.

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

شکل ۱۶-۵

نقاط مرکز را با صفر و نقاط بالای مرکز را با عدد یک و نقاط پایین مرکز را با عدد ۲ مشخص می‌کنند. بنابراین هر عکس مجموعاً سه نقطه‌ی تالی و مرکز دارد که همین در روی فیلم هم وجود

۱- نقاط مشترک بین دو رن

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

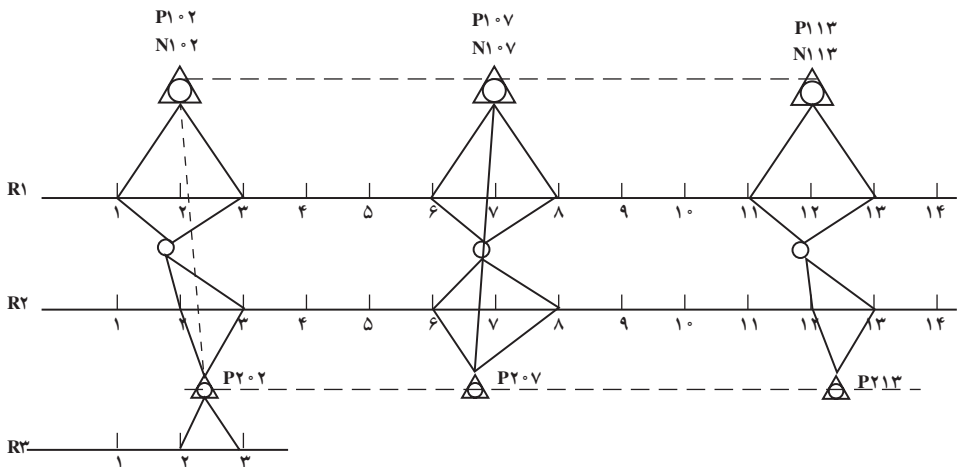
### ۳- ترانسفر نقاط: در این مرحله نقاط تای هر رن در محل‌های کادگیری شده را در فیلم

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

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

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

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



۱- انتقال نقاط

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

شکل ۱۷-۵

در طراحی، نقاط پلانی متری<sup>۱</sup> را با شکل مثلث ( $\Delta$ ) و اسم گذاری آن را با حرف P نشان می‌دهند؛ مانند  $P1 \circ 2$  که P مخفف پلانی متری و عدد ۱ نشان دهنده‌ی رن و عدد  $2 \circ$  شماره‌ی عکس است و نقطه‌ی آلتی متری<sup>۲</sup> را با حرف N نشان می‌دهند و  $N1 \circ 2$  که N نشان دهنده‌ی آلتی متری و ۱ نشان دهنده‌ی رن یک و  $2 \circ$  شماره‌ی عکس است. تعداد نقاط کنترل زمینی بستگی به مقیاس عکس و مقیاس نقشه و منحنی میزان مورد نیاز دارد. هر قدر نقشه بزرگ مقیاس باشد و منحنی میزان عدد کوچک‌تری را نشان دهد کار دقیق‌تر است و باید تعداد بیش‌تری نقاط زمین داشته باشیم.

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

۲- نقاط ارتفاعی دارای z دقیق



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

مقیاس عکس	۱:۵۰۰	۱:۱۰۰۰	۱:۲۰۰۰	۱:۲۵۰۰	۱:۵۰۰۰	۱:۱۰۰۰۰	۱:۲۰۰۰۰	۱:۵۰۰۰۰
۱:۳۰۰۰	۵	۸	-	-	-	-	-	-
۱:۴۰۰۰	۳	۶	-	-	-	-	-	-
۱:۵۰۰۰	-	۵	۸	-	-	-	-	-
۱:۶۵۰۰	-	۴	۷	۸	۱۲	-	-	-
۱:۸۰۰۰	-	۳	۶	۷	۱۰	-	-	-
۱:۱۰۰۰۰	-	-	۵	۷	۱۱	-	-	-
۱:۱۲۵۰۰	-	-	-	۵	۱۰	۱۲	-	-
۱:۱۵۰۰۰	-	-	۳	۴	۷	۱۰	-	-
۱:۲۰۰۰۰	-	-	-	-	۷	۹	۱۲	-
۱:۳۰۰۰۰	-	-	-	-	۴	۷	۹	۱۲
۱:۴۰۰۰۰	-	-	-	-	-	۵	۷	۱۰
۱:۵۰۰۰۰	-	-	-	-	-	-	۶	۹
۱:۷۵۰۰۰	-	-	-	-	-	-	۴	۶

جدول ۲-۵ - فواصل نقاط کنترل زمینی ارتفاعی برحسب مدل

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

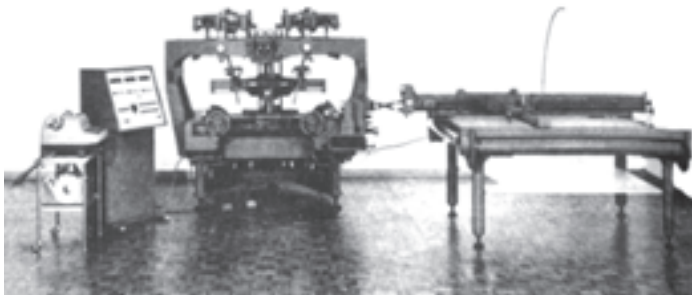
(تنظیم جدول به طریقی انجام گرفته که هم برای نوار و هم برای بلوک قابل استفاده باشد)

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

مشخص و کروکی دقیق از آن‌ها کشیده می‌شود؛ آن‌گاه به وسیله‌ی عملیات زمینی، مختصات مسطحاتی و ارتفاعی اندازه‌گیری می‌شود. نقشه‌بردار با توجه به اندکسی که طراحی شده است عکس‌های موردنیاز را جدا کرده و با دوربین‌های نقشه‌برداری و سایر وسایل نقشه‌برداری، استرئوسکوپ به سر زمین می‌برد و با انتخاب نقاط و اندازه‌گیری آن‌ها در روی زمین از هر کدام از نقاط کروکی خاصی تهیه می‌کند که هم در پشت عکس‌ها ترسیم و نام‌گذاری کرده و هم در فهرست مخصوص آورده و در پایان یک فهرست از نقاط زمینی به دفتر کار می‌آورد.

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

و داشتن نقاط زمینی که از روی اندکس مشخص و سر زمین اندازه‌گیری کرده‌اند و نیز دو سری عکس‌های مربوط و دیاپزیتف یا فیلم‌هایی که نقاط تالی روی آن‌ها ترانسفر شده است، می‌توان کار «مثلث‌بندی» را شروع کرد. در این‌جا فیلم‌های مربوط به یک مدل را به‌روش خاص در دستگاه قرار می‌دهیم و دستگاه را به‌گونه‌ای آماده می‌سازیم که مدل در دستگاه تبدیل یا مثلث‌بندی، مانند زمان عکس‌برداری موقعیت واقعی منطقه را به‌خود بگیرد. سپس مانند استرئوسکوپ که در چشمی‌های آن نگاه می‌کردیم می‌توانیم نگاه کنیم و مدل را برجسته ببینیم و در آن لحظه است که می‌توانیم نقاطی که در روی فیلم می‌باشد (که هر مدل شامل دو نقطه‌ی مرکز و دو نقطه‌ی تالی بالا و دو نقطه‌ی تالی پایین و شاید یک یا چند نقطه‌ی پلانی متری و آلتی متری) را در دستگاه قرائت کنیم. اکنون ما یک لیست از نقاطی که همگی مختصات ماشینی دارند، در دست داریم. شکل ۵-۱۸ یک نمونه دستگاه مثلث‌بندی را نشان می‌دهد.

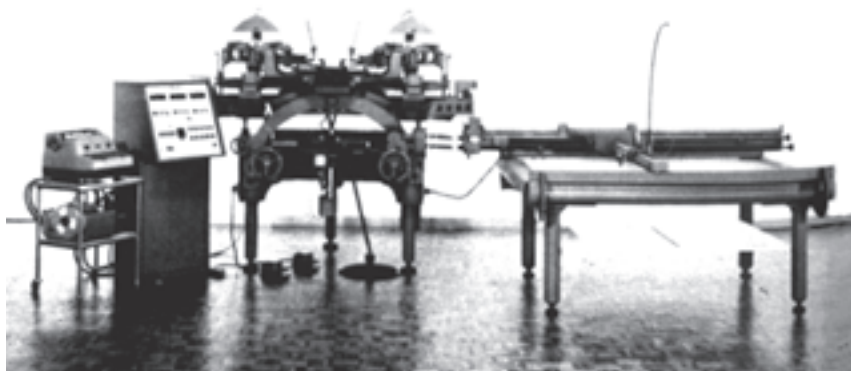


شکل ۵-۱۸- دستگاه مثلث‌بندی A7

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

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

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



شکل ۱۹-۵ - دستگاه تبدیل A8



شکل ۲۰-۵ - یک نقشه‌ی تهیه شده

۹-۱-۵- کارتوگرافی: چون امکان تکثیر از روی اورژینال (Original) فتوگرامتری وجود ندارد و این گونه نقشه‌ها نیز مدادی هستند باید مراحلی در کارتوگرافی طی شود تا نقشه برای چاپ آماده گردد. آن مراحل عبارت است از، طراحی نمادهای نقشه و علائم قراردادی آن، انتخاب نوع و اندازه برای علائم نقطه‌ای، خطی و سطحی، تصمیم‌گیری در مورد نوع و اندازه‌ی اعداد و نوشته‌ها، تعیین رنگ برای نقشه‌های رنگی و یا سایه روشن برای نقشه‌های یک رنگ، طراحی حاشیه و لژاند (Legend) نقشه، انتخاب قطع نقشه و انتخاب تکنیک‌های ترسیم. بنابراین با توجه به رنگ‌های مورد نیاز روی اسکرایب (Scoribe) مخصوص طبق دستورالعمل و استانداردهای خاص عوارض ترسیم می‌گردد و با اتمام مراحل کارتوگرافی، نقشه آماده‌ی تولید، چاپ و تکثیر می‌شود.

۱۰-۱-۵- چاپ: در این قسمت علاوه بر تهیه‌ی زینک از روی شیت‌های اسکرایب جهت چاپ افست، عملیات تهیه‌ی ماسک (Zinc-Mask) و تکثیر به روش اوزالید و آموفیلیم و نیز کلیه‌ی عملیات عکاسی انجام می‌شود. برای هر رنگ در جای مخصوصی مرکب یا رنگ مخصوص را می‌ریزند و دستگاه چاپ کار می‌کند و نقشه تکثیر می‌شود.

## خودآزمایی

- ۱- آیا نقاط گرهی حتماً باید در کادر بین دو رَن باشد؟
- ۲- کارهایی که در مرحله‌ی «تهیه» انجام می‌شود را نام ببرید.
- ۳- یک اندکس چنان رسم کنید که دارای ۳ رَن و هر رَن دارای ۶ مدل باشد. عکس‌های مربوط به آن مقیاس  $1/10000$  و نقشه‌ی خواسته شده  $1/2000$  و منحنی میزان ۲ متری و جهت پرواز شرقی غربی بوده است.
- ۴- اگر عکس شماره‌ی ۳ از رَن ۱۲ را داشته باشیم روی آن مرکز عکس و نقطه‌ی بالای مرکز و تالی پایین مرکز را شماره بنویسید.
- ۵- تفاوت عمده‌ی نقشه برداری زمینی با نقشه برداری هوایی (فتوگرامتری) در چیست؟

۶- نقشه برداری زمینی را مختصراً شرح دهید.

۷- مثلث بندی را به اختصار توضیح دهید.

۸- در محاسبات، منظور تکثیر چه نقاطی به چه نقاط است؟

- ۱- زوج عکس‌های هوایی محدوده‌ی هنرستان یا شهر را تهیه کنید.
- ۲- تعدادی نقطه (هر نفر حداقل یک نقطه) به کمک مربی روی آن تعیین نمایید. این نقاط باید روی یا در امتداد عوارض مشخص باشند. برای این منظور توسط استرئوسکوپ جیبی زوج عکس را برجسته بینی کرده و نقاط را به دقت شناسایی نمایید. سپس محدوده‌ی کلی این نقاط را با شعاع یک سانتی‌متر روی عکس علامت بزنید.
- ۳- به همراه مربی خود به محل هر نقطه مراجعه نموده و محل دقیق نقطه را روی زمین مشخص نمایید.
- ۴- محل دقیق نقطه را روی عکس به صورت سه بعدی برجسته‌بینی نموده و در یکی از عکس‌ها سوزن بزنید.
- ۵- پشت عکس و در محل سوزن دایره‌ای به قطر یک سانتی‌متر ترسیم نموده و شماره‌ی نقطه را درون آن بنویسید.
- ۶- در فرم صفحه بعد کروکی نقطه را درون دایره مشخص شده ترسیم کرده و شماره‌ی نقطه را به همراه آدرس آن ذکر کنید.
- ۷- توسط GPS دستی مختصات تقریبی نقطه را مشاهده نمایید و در محل مربوطه در فرم کروکی انتقال دهید.

## فهرست منابع

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

۲- PHOTOGRAMMETRY

Francis H. Moffitt

Edward M.Mikhail

۳- ELEMENT OF PHOTOGRAMMETRY

Poul R.Wolf

۴- A PRACTICAL GUIDE TO AERIAL

PHOTOGRAPHY

John A.Ciciarelli

۵- کتاب‌های تصاویر سه بعدی انتشارات دیباگران تهران

