روش‌های تازه و دستگاه‌های خودکار جدید برای تهیه عکس‌های هوائی تبدیل بافق شده

نوشته :

ایرج شمس ملک آرا

استاد دانشکده فنی

بیش از چند سال از پیدایش عکس های هوائی تبدیل بافق شده یا عکس قائم (Orhophoto) نمیگذرد ولی در همین مدت کوتاه کارخانه های سازنده وسایل فتوگرامتری (Photogrammetry) دست بکار ساختن دستگاههای بسیار دقیق برای تهیه این نوع عکس ها شده‌اند که مورد استفاده روزافزون طراحان پروژه‌های عمرانی است زیرا این عکس ها باداشتن تمام خصائص یک عکس واضح از جزئیات منطقه مورد مطالعه یک نقشه کاملاً دقیق نیز میباشند در سمینار یا هفته های فتوگرامتری (Photogrammetrische wochen) که در ماه اکتبر گذشته در دانشگاه کالسروهه (Karlsruhe) آلمان غربی توسط کارخانه های زایس (Zeiss) برگذار گردید مجموعه سه دستگاه جدید که بطور خودکار عکس هوائی تبدیل بافق شده تهیه مینمایند بمعرض نمایش گذارده شد که شامل یک دستگاه تبدیل عکس هوائی به نقشه معروف به (Planimat) همراه بایک مغز الکترونی خودکار موسوم به (Correlator) ویک دستگاه تهیه عکس تبدیل بافق شده خودکار موسوم به (Orthoprojector, GZ-1) بود. و اینک از لحاظ اهمیتی که مجموعه این سه دستگاه جدید خودکار حائز میباشند در زیر بشرح اصول ساختمان آنها و همچنین اصول روش جدید تصویر قائم (Orthoprojection) با توجه به مدارك علمی و توضیحاتی که در سمینار کارلسروهه از طرف متخصصین (کارخانه زایس) در اختیار شرکت کنندگان در این سمینار گذارده شد میپردازیم.

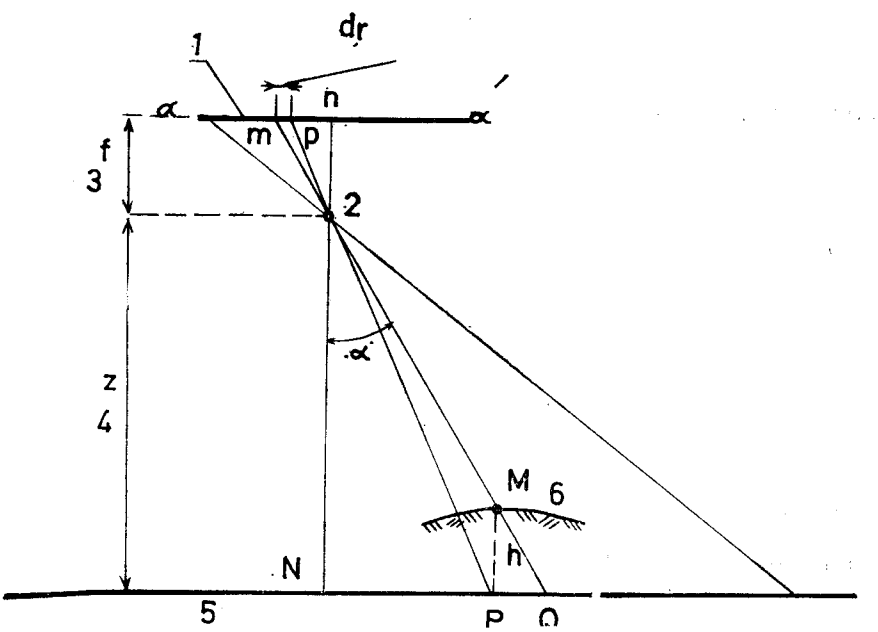
۱- اصول علمی روش (Orthoprojection) یا تصویر قائم عکس هوائی.

بطوریکه در (شکل ۱) دیده میشود تصویرمرکزی نقطه M زمین بارتفاع h دربالای سطح مقایسه AA' روی شیشه عکس aa' نقطه m میباشد درصورتیکه اگر بخواهیم ازعکس مزبور استفاده نقشه کنیم

میباید بجای نقطه m نقطه p یا تصویر مرکزی نقطه P سطح مقایسه را داشته باشیم . فاصله کوچک :

$$dr = mp = h.tg\alpha \times \frac{f}{Z}$$

را خطای ارتفاع نقطه M مینامند .



شکل (۱)

(f) فاصله کانونی دوربین عکس‌برداری هوائی - (Z) ارتفاع پرواز هواپیمای عکس برداری

بنابراین تمام نقاط عکس هوائی دارای خطای ارتفاع متناسب با h (ارتفاع نقطه نسبت بسطح مقایسه) و $tg\alpha$ یا زاویه میل شعاع OM میباشند $\frac{f}{Z}$ هم مقیاس عکس هوائی است .

بدیهی است چون این چنین عکس خواص نقشه را ندارد و تغییر محل یا بعبارت دیگر تصحیح نقاط عکس هم غیر ممکن است لذا برای تهیه عکسی که خطای ارتفاع نداشته باشد باید بوسیله یک زوج عکس هوائی (Couple) با استفاده از دستگاههای تبدیل عکس به نقشه (Stereo-plotter) مدل‌نوری یا (Stereo-Model) منطقه مورد نظر را ساخت و سپس بوسیله یک دوربین عکاسی کوچک که بتواند در هر نقطه M باندازه ارتفاع h آن نقطه تا سطح مدل نوری بالا بیاید از یک قسمت کوچک مدل که بتوان آن‌را باتقریب قابل قبول مسطح فرض نمود مجدداً عکس گرفت واز مجموع این عکس های کوچک که به‌ترتیب در مجاورت یکدیگر قرارگرفته‌اند عکس تبدیل بافق شده یا عکسنقشه منطقه مورد نظر را تهیه نمود ولی بسهولت میتوان دید که روش مذکور فوق عملی و اقتصادی نیست زیرا علاوه براینکه عکس های کوچک

سطح مدل نوری کاملاً به یکدیگر نمی‌چسبند ساختن دوربین کوچک عکاسی که بتواند پیوسته به مقدارلازم تغییر ارتفاع و تغییر محل بدهد ساده نخواهد بود و بعداً در شرح دستگاه (Orthoprojector) یا (تصویر کننده قائم) کارخانه زایس (Zeiss) خواهیم دید که این مسئله مشکل بچه صورت حل شده است وچگونه میتوان عکس تبدیل بافق شده را با سهولت و دقت و نسبتاً ارزان تهیه نمود.

۲- تصویر همسان (Affine Projection)

برای اینکه مدل نوری که بمنظور تهیه‌عکس تبدیل بافق‌شده ساخته میشود از لحاظ پستی‌وبلندی کاملاً متشابه و قرینه منطقه مورد عکس برداری‌باشد باید فاصله مرکز عدسی تصویرکننده عکس هوائی (یا سازنده مدل نوری) از شیشه عکس برابر فاصله کانونی (f) دوربین عکس برداری هوائی باشد (توجیه داخلی) و طبق فرمول نیوتون :

$$\left(\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{F}\right)$$

بسهولت می‌بینیم که رابطه زیر باید برقرار باشد :

$$\left(\frac{1}{f}+\frac{1}{Z}=\frac{1}{F}\right)$$

که در آن (Z) فاصله متوسط مدل نوری از مرکز عدسی تصویرکننده و (F) فاصله کانونی این عدسی خواهد بود.

و چون عکس های مختلف با فاصله های کانونی (f) مختلف هستند و (Z) و (F) نیز با توجه به مشخصات دستگاه (ارتوپروژکتور) مشخص است لذا در اکثر موارد نمیتوان فاصله عدسی تصویرکننده را برابر (f)منظور نمود چون‌این فاصله بایدطبق‌فرمول‌فوق‌برابر $\frac{Z\cdot F}{Z-F}$ باشدولی‌باشدوجود تغییراین‌فاصله‌میتوان باز با شرایط زیر همسانی دو مدل را تأمین نمود.

حالت اول - موقعیکه محور دوربین عکس برداری کاملاً قائم باشد در این حالت بطوریکه در (شکل ۲) دیده میشود اگر فاصله های کانونی f و f′ را در نظر بگیریم و Z_o و Z_o' هم فاصله های سطح مقایسه تصویرازمرکز Oعدسی‌تصویرکننده h و h′هم‌ارتفاع نقاط‌متناظر P و P′ دومدل‌باشدخواهیم‌داشت:

$$\frac{OM'}{OQ'}=\frac{f'}{Z_o'} \quad \text{و} \quad \frac{OM}{OQ}=\frac{f}{Z_o}$$

و چون :

$$\frac{OM}{OQ}=\frac{OM'}{OQ'}$$

پس :

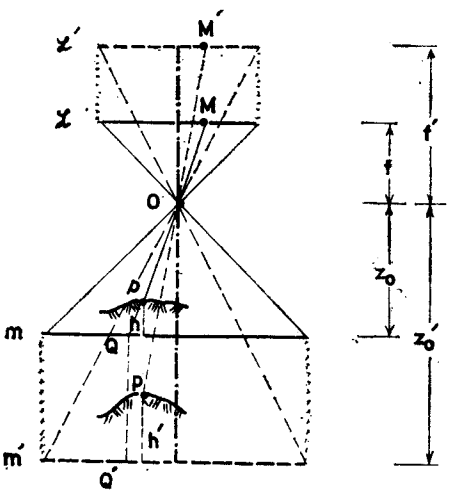
$$\frac{Z_o'}{Z_o}=\frac{f'}{f}=\frac{h'}{h}=K$$

(Q و Q′ نقاط تقاطع OM و OM′ با سطح مقایسه میباشد).

و باین ترتیب می‌بینیم که اگر f' و Z_o' را باشرط فوق انتخاب کنیم بین ارتفاعات h و h' تناسب ثابت برقرار خواهد شد و چون تصویر افقی نقاط در هردو مدل منطبق میباشند لذا پس از تغییر فاصله کانونی و سطح مقایسه خواهیم داشت :

$$Z' = K \cdot Z \quad و \quad y' = y \quad و \quad x' = x$$

بعبارت دیگر در مورد عکس بامحور قائم تغییر f و Z به‌ترتیب مذکور در بالا هیچ گونه تغییری درمختصات مسطحه (x و y) وارد نمی‌آورد و فقط ارتفاع نقاط مدل به نسبت ثابت $K = \frac{f'}{f}$ کشیده‌یافشرده‌خواهدشد.



$$K = \frac{f}{f} = \frac{z_o}{z_o} = \frac{h}{h}$$

شکل (۲)

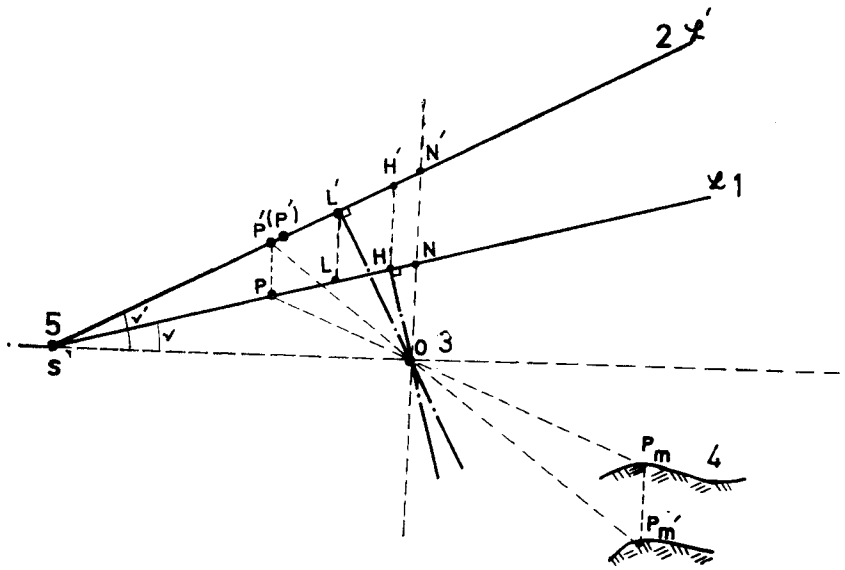
تصویر همسان درعکس بامحور قائم

حالت دوم ـ موقعیکه محور دوربین عکس برداری مایل باشد در این حالت چون طبق قانون شایمفلوگ Scheimflug امتداد جدید صفحه عکس باید همواره از فصل مشترك صفحه مرکزی عدسی تصویرکننده و امتداد اولیه صفحه عکس بگذرد بنابراین بطوریکه در (شکل ۳) دیده میشود امتداد محور تصویرجدید تغییر مینماید و بالنتیجه مختصات مسطحه (x و y) هم تغییر خواهند نمود .

معذالك در صورتیکه شیب محور دوربین عکس‌برداری کم باشد (درحدود ۲ گراد) میتوان بازهم بشرط تأمین فرمول‌های زیر همسانی تصویرها را حفظ نمود . دراین فرمول‌ها v و v' زوایای شیب‌عکس‌در دو حالت مختلف و f و f' فاصله‌های کانونی‌مربوط هستند ومطابق شکل $f = OH$ و $f' = OL'$ و H و L' مراکز عکس‌ها و P_m و $P_{m'}$ دو نقطه متناظر از دو حالت مدل میباشد.

حال اگر N و N' نقاط نادیر (Nadir) دو وضعیت عکس باشد خواهیم داشت :

$$\frac{ON'}{ON} = \frac{tg v'}{tg v} = K$$



شکل (۳)

تصویر همسان درعکس با محور مایل

بالنتیجه

$$f' = K \cdot f \frac{\cos v'}{\cos v}$$

و همچنین

$$e = L'N' - HN = f' tg\, v' - f\, tg\, v$$

و اگر P و P′ هم دونقطه متناظر از دو وضعیت عکس باشد برای اینکه P_m و $P_{m'}$ در امتداد خط قائم قرار گیرند باید P و P′ نیز در امتداد یک خط قائم باشند و بنابراین خواهیم داشت :

$$\frac{SP'}{SP} = \frac{SN'}{SN} = \frac{\cos v}{\cos v'}$$

ولی چون زاویه v کوچک است لذا میتوانیم فرمول های بالا را با بسط سری بصورت زیر بنویسیم

$$v' = K \cdot V$$

$$f' = K \cdot f \left[۱ - \frac{v^۲}{۲}(K^۲ - ۱) \right]$$

$$e = f \cdot v (K^۲ - ۱)$$

$$\frac{SP'}{SP} = ۱ + \frac{v^۲}{۲}(K^۲ - ۱)$$

بطوریکه دیده میشود برای اینکه مدل نوری جدید همسان مدل اولیه باشد باید فاصله کانونی $f' = OL'$ را طبق فرمول بالا تعیین نمود و مرکز عکس را هم باندازه e تغییر محل داد و بعلاوه نقاط مختلف عکس را

به نسبت $\frac{SP'}{SP}$ یا باندازه $\frac{v^2}{2}(K^2-1)$ جابجا نمود بطوریکه نقاط متناظر درروی یک خط قائم قرارگیرند.

بدیهی است تأمین دو شرط اول بدون اشکال است ولی تأمین شرط سوم در حال حاضر غیر ممکن میباشد بنابراین باید گفت که در عکس های با محور مایل ساختن مدل نوری کاملاً همسان فعلاً غیرممکن است و در نتیجه مدل نوری جدید نسبت به مدل اولیه هم در جهت x و y و هم در جهت z کشیدگی یا فشردگی خواهد داشت.

برای محاسبه این کشیدگی یا فشردگی می‌بینیم که اگر r' فاصله نقطه P' از نقطه نادیر N' باشد خطای ناشی از عدم اجرای شرط سوم برابر :

$$d_1 = r' \cdot \frac{v^2}{2}(K^2-1)$$

خواهد بود .

و اگر نسبت فاصله تصویر مدل به فاصله کانونی :

$$n = \frac{Z_0}{f}$$

فرض شود خطای ناشی از عدم اجرای شرط سوم در سطح تصویر برابر :

$$D_1 = r' \cdot \frac{Z}{f} \cdot \frac{v^2}{2}(K^3-1)$$

خواهد شد.

که با تقریب کافی برابر :

$$D_1 \# r' \cdot n \cdot \frac{v^2}{2}(K^2-1)$$

میباشد .

بعلاوه اگر شرط دوم یعنی تغییر محل مرکز عکس را هم اجرا نکنیم یک خطای اضافی دیگربرابر

$$d^2 = n \cdot e \# Z \cdot v(K^2-1)$$

در سطح تصویر حاصل خواهد شد. که برای مدل های مسطح $(Z=cte)$ فقط اثر یک انتقال را دارد که میتوان هنگام توجیه مطلق مدل آنرا حذف نمود ولی برای مدل های پست وبلند وشیب دار یک خطای اضافی نسبی برابر :

$$D_2 = dZ \cdot v(K^2-1) \# n\frac{dZ}{Z} \cdot f \cdot v(K^2-1)$$

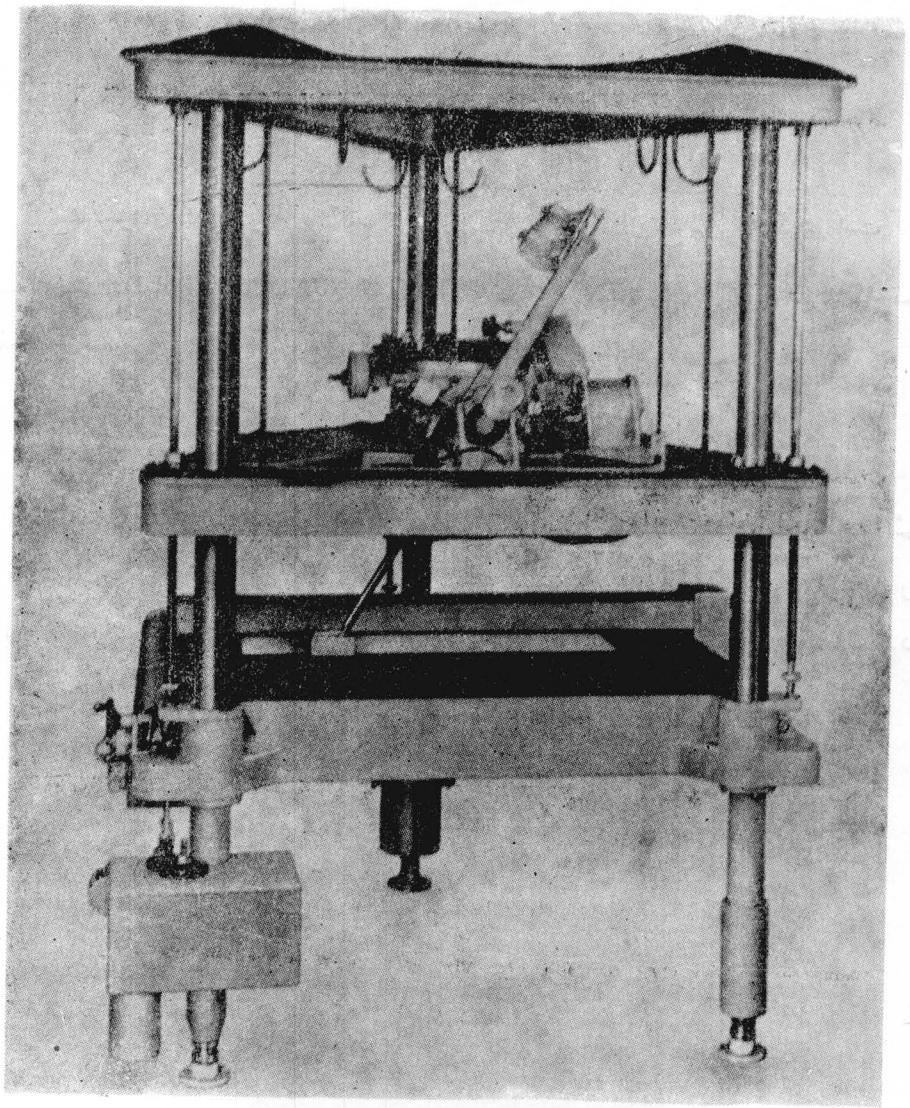
باقی خواهد ماند و چون هردوخطای فوق الذکر دریک جهت هستند بنابراین بین نقاط یک مدل کاملاً همسان و یک مدل معمولی بدون اجرای شرایط ۲ و ۳ خطائی برابر (D_1+D_2) در سطح تصویر حاصل میگردد .

که حداکثر این خطا برای $f=۸۸$ میلیمتر و $f'=۱۰۸$ میلیمتر و $v=۱۲^\circ۱$ گراد و $K=۱^\circ۸$ و $n=۲^\circ۵$ و $\frac{dZ}{Z}=\pm ۵٪$ ومیلیمتر $r=۱۰۰$ مقدار $(D_۱+D_۲)$ درحدود ۵ر۰ میلیمتر خواهد شد که قسمت عمده آن ناشی از خطای $D_۲$ میباشد.

بعلاوه از روی شکل دیده میشود که خطای $\frac{\Delta h}{h}$ ارتفاع نقاط مدل نیز متناسب با ارتفاع h و $v^۲$ و $(K^۲-۱)$ میباشد.

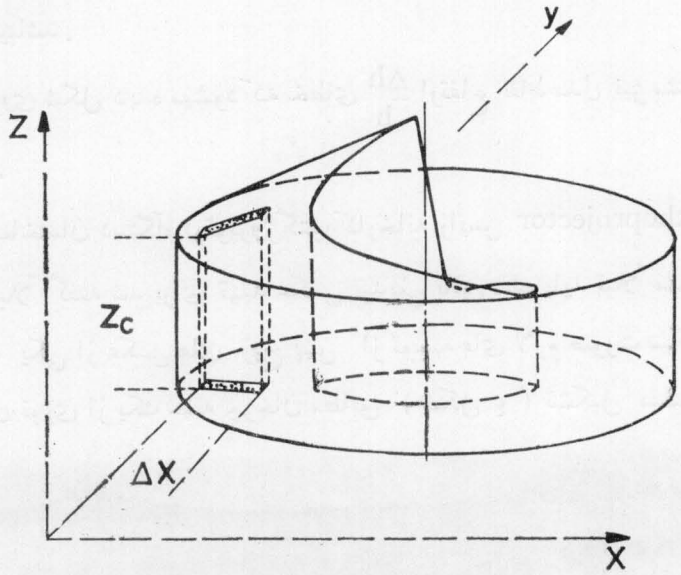
۳ـ اصول ساختمان دستگاه ارتوپروژکتور کارخانه زایس GZ—۱ Orthoprojector

بطوریکه قبلاً گفته شد برای تهیه عکس تبدیلی بافق شده باید قبلاً مدل نوری زمین را ساخت و این کار به کمک یکی از عکس های زوج پس از توجیه های لازم صورت میگیرد . دوربین کوچک عکس برداری از مدل نوری از یک حلقه چرخان مطابق (شکل ٤) تشکیل میشود که از تعداد زیادی



دستگاه آرتوپروژکتور

الیاف نوری قائم (Fiber-Optic) متصل بیکدیگر ساخته شده است این الیاف که در هدایت نور یا تصویر نقاط مدل بطور قائم هر یک کار عدسی بسیار کوچکی را انجام میدهند در قسمت پائین تشکیل یک صفحه



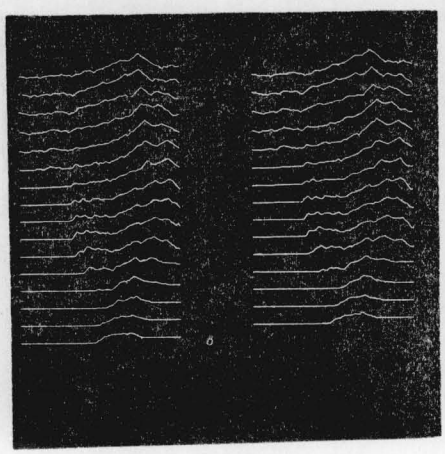
شکل (۴)

حلقه چرخان الیاف نوری و شکاف نورگیر (ΔX) که در ارتفاع Z_c قرار گرفته است

افقی و در قسمت بالا بدلیل اختلاف ارتفاع تشکیل یک سطح مورب شیب‌دار را میدهند که تمام‌شیب های ممکن از صفر تا ۳۰ درجه را دارا میباشد. شیب سطح فوقانی برابر :

$$\beta_x = \frac{\Delta Z}{\Delta X}$$

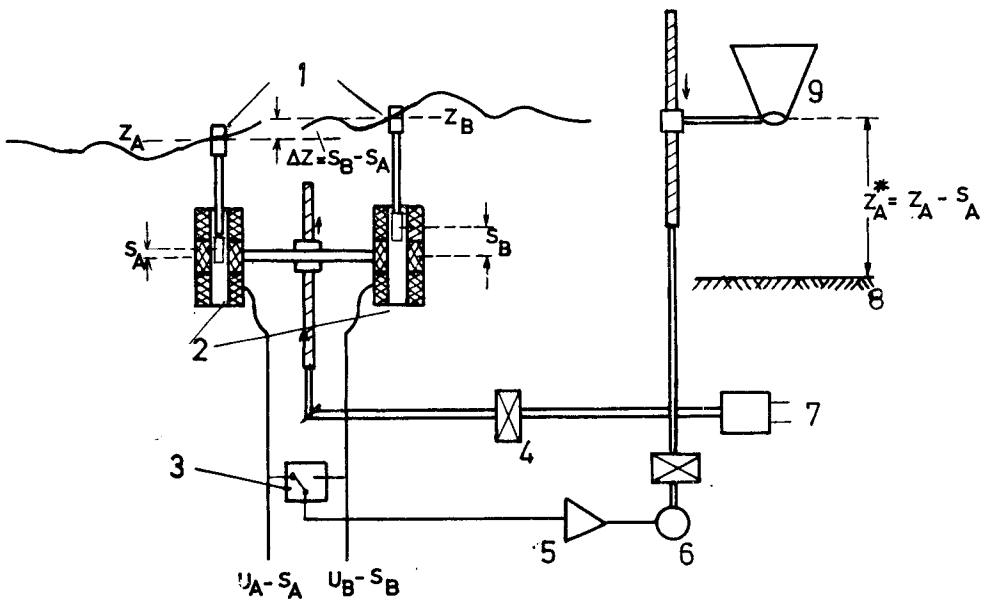
است که در تمام جهات متغییر میباشد و چون حلقه مزبور چرخان‌است لذا میتوان باحرکت قائم وچرخاندن آن بمقدار لازم شیب سطح فوقانی را با شیب مدل تطبیق داد . و عکس آن قسمت از مدل را که باندازه (ΔX) نوار باریک عکس‌برداری مجدد است واشعه مربوط بآن‌بوسیله یک شکاف‌محدود میگردد روی صفحه



نیمرخ های‌طولی که بوسیله پلانیمات تهیه میشود

کاغذ حساس که در زیر سطح پائین حلقه قرار داده میشود ثبت نمود عمل انتقال قائم و چرخش حلقه بمنظور انطباق با شیب مدل بوسیله یک سروموتور (Servomotor) انجام میگردد . که شیب β_x لازم را باتوجه به ارتفاع نقاط دو نیمرخ طولی مجاور که فاصله آنها باندازه نوار عکس برداری ΔX است تعیین و کنترل مینماید این نیمرخ ها بطوریکه بعداً شرح داده‌خواهدشد بوسیله دستگاه تبدیل (Planimat) بطور خودکار تهیه میشود که نمونه آن درپائین صفحه قبل ملاحظه میگردد .

سروموتور برای تشخیص و کنترل قسمت‌های مختلف مدل نوری و صدور فرمان حرکت و چرخش به حلقه الیاف نوری مجهز به دو چشم فتوالکتریک میباشد که بوسیله آنها نیمرخ های طولی را مشاهده مینماید (شکل ٥).

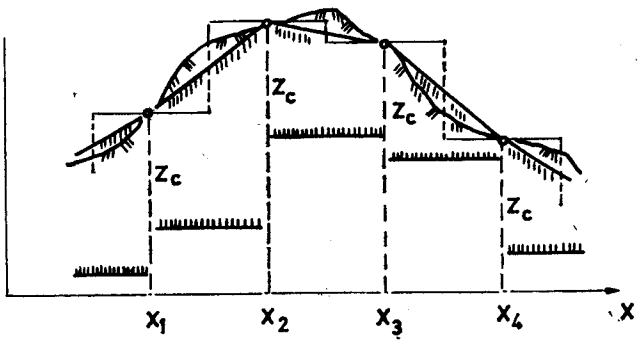


شکل(٥)

١- نیمرخ های طولی وچشم فتوالکتریک ٢- ترانسفورماتورهای اختلاف‌سنج ٣- سویچ حرکت چشم‌فتوالکتریک
٤- سروموتور ٥- افراینده ٦- موتور
٧- مولد ضربه الکتریکی برای ارتفاع h ٨- صفحه‌فیلم ٩- محفظه عکس

واختلاف‌ارتفاع دونقطه ازدونیمرخ مجاور را بکمک دوترانسفورماتور اختلاف‌سنج (Differential Transformer) از روی اختلاف ولتاژ که تابع تغییرمحل چشم فتوالکتریک میباشد تشخیص میدهد بدیهی است چون هریک ازنیمرخ های طولی بطوریکه بعداً شرح داده خواهدشد مقطع قائم مدل‌نوری درامتداد خط عکس برداری‌مجدداست که پس از توجیه‌نسبی ومطلق‌مدل (Relative, and Absolute Orientations) ازدستگاه تبدیل پلانیمات Planimat بدست‌میآید وبعلاوه‌مدل‌نوری‌دستگاه‌ارتوپروژکتور Orthoprojector هم عیناً همان مدل پلانیمات است که بایکی از عکس های زوج و باهمان توجیه ساخته میشود لذا حرکت

حلقه چرخان در امتداد خط عکس برداری مجدد طبق فرمانی که سروموتور صادر مینماید عمل انطباق شیب حلقه چرخان و مدل نوری رابادقت کافی تأمین خواهد نمود. معذالک بطوریکه در (شکل ٦) دیده‌میشود



شکل (٩)

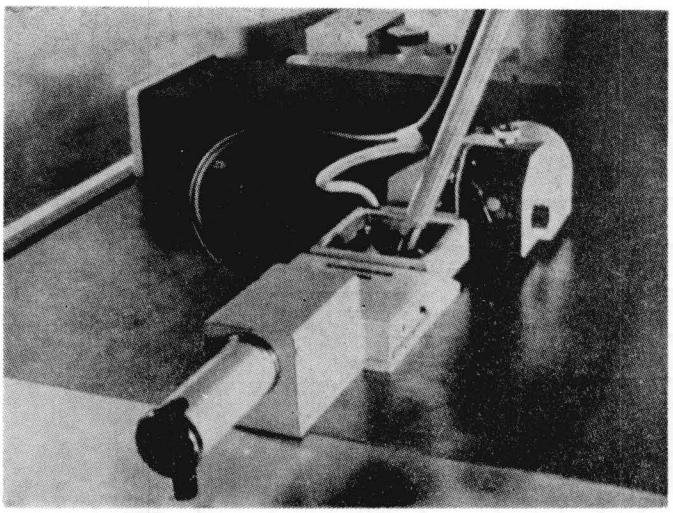
سطح منظم شیب‌دارکه بین هردونیمرخ x_i و x_{i+1} جانشین‌سطح نامنظم مدل نوری میشود

چون‌بجای‌سطح غیر منظم مدل‌نوری دربین هردونیمرخ و بفاصله ΔX یک‌سطح منظم باشیب $\beta_x = \frac{\Delta Z}{\Delta X}$ بوسیله الیاف نوری حلقه چرخان قرار میگیرد لذا با توجه به عرض Δx نوار عکس برداری مجدد و شیب β_x الیاف نوری و زاویه میل α شعاع نوری نقاط مختلف مدل یک خطای کوچک عدم انطباق به‌اندازه :

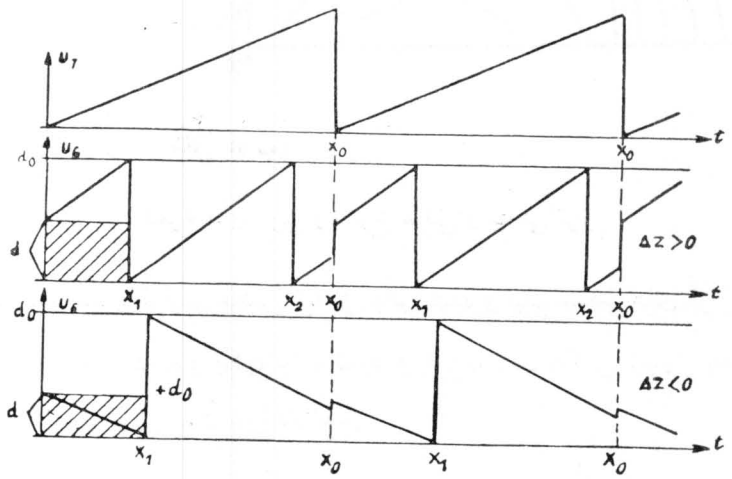
$$dr = \frac{\Delta X}{2} \cdot tg\alpha \cdot tg\beta x$$

در عکس تبدیل بافق شده پیدا میشود که حداکثر مقدار آن از ۳ر. میلیمتر تجاوز نمیکند وواضح است که هر چه Δx کوچکتر باشد این خطا کمتر خواهد بود و فاصله (میلیمتر $\Delta X = ٤$) را با توجه باین مطلب انتخاب نموده‌اند و طبق اندازه گیری‌های دقیق و مقایسه عکس‌های تبدیل بافق شده بانقشه های تبدیل‌شده از همان عکس هوائی با عرض نوار ٤ میلیمتر حتی در مناطق کوهستانی‌هم تعداد نقاطی که درعکس‌تبدیل بافق شده بیش از ۱ر. میلیمتر خطای dr داشته باشد از ٥٪ تجاوز نمیکند.

٤- ترسیم خودکار خطوط میزان یا منحنی‌های تراز مدل نوری ، دستگاه ارتوپروژکتور فوق‌الذکر میتواند علاوه برعکس تبدیل بافق شده خطوط میزان یا منحنی‌های تراز مدل نوری را Contourline بطور خودکار تهیه‌نماید، دستگاه مربوط باین کارکه در (صفحهٔ بعد) دیده‌میشودشامل یک‌لوله کاتودی است که نقاط مختلف منحنی‌تراز را با ضربه الکترونی در روی یک فیلم حساس ثبت مینماید . و این ضربه الکترونی موقعی حاصل میگردد که اختلاف ولتاژ دوترانسفورماتور اختلاف سنج دستگاه مشاهده نیمرخ های طولی که بطور خطی بین دوحد تغییر میکند طبق دیاگرام ۷ الف باولتاژ مربوط به ارتفاع منحنی‌تراز برابر گردد.
بطوریکه در (شکل ۷ ب) ملاحظه میشود چشم فتوالکتریک ارتفاع Z_A و Z_B دو نقطه پروفیل های طولی‌را که‌دوسریک‌نیمرخ عرضی هستند به‌میزان ولتاژحرکت‌تشخیص میدهدوفصل‌مشترک‌این نیمرخ را باخطوط‌افقی یا ولتاژ معرف منحنی‌های تراز ΔZ_1 و ΔZ_2 تعیین میکند و نقاط X_1 و X_2 تصویر افقی را باضربه الکترونی



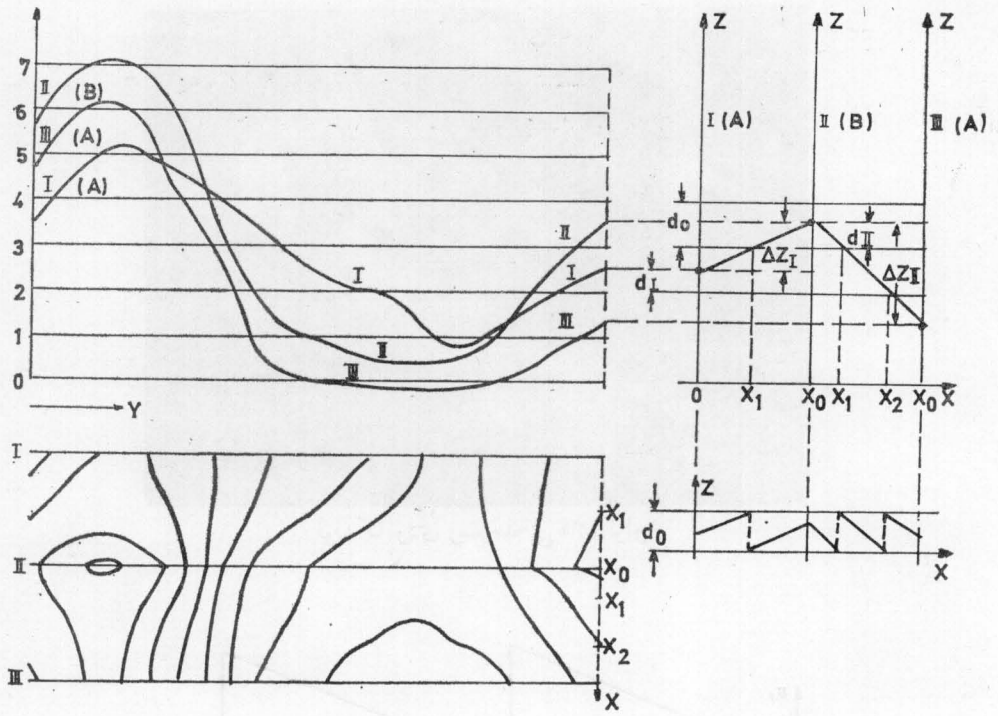
لوله کاتودی رسم منحنی‌های تراز



شکل ۷ الف

دیاگرام تغییر ولتاژ در رسام الکترونی منحنی‌های تراز

مشخص مینماید و چون در هر نیمرخ عرضی این نقاط تعیین میگردد و فاصله نیمرخ های مزبور نیز بسیار کم است لذا رسام الکترونی از مجموع این نقاط در تصویر افقی شکل منحنی تراز را در روی فیلم حساس تعیین و ثبت خواهد نمود. سرعت حرکت حلقه چرخان در امتداد یک نیمرخ طولی در حدود ۱۰ میلیمتر درثانیه است ولی در این مدت کوتاه لوله کاتودی درحدود ۱۰۰ ضربه الکترونی تولید مینماید. و در اثر هر ضربه شعاع الکترونی از امتداد خود منحرف گشته و محل ضربه را باخط کوچکی علامت میگذارد و باین ترتیب نقاط مختلف X_i با تعداد کافی و دنبال هم بصورت خطوط کوتاه عمود به امتداد حرکت حلقه چرخان در روی فیلم حساس ثبت میگردد کلیشه صفحه۳۱ یک قسمت از منحنی‌های تراز مربوط به عکس تبدیل بافق شده را که در روی فیلم ثبت‌شده نشان میدهد.



شکل (۷ ب)

نیمرخ های طولی و نیمرخ عرضی و منحنی تراز

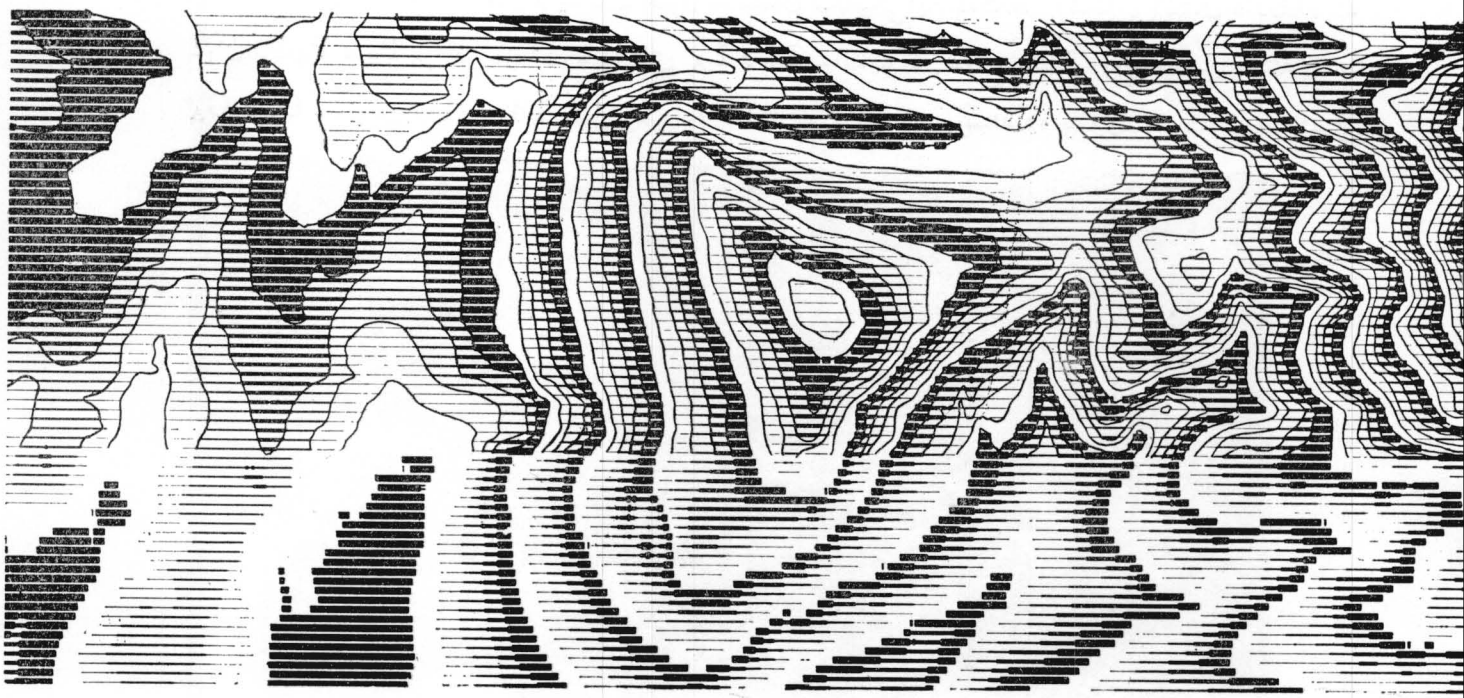
بدیهی است بعداً میتوان فیلم عکس تبدیل بافق شده و فیلم منحنی‌های تراز را که دارای‌مقیاس واحدی هستند در روی هم قرار داده و یکجا چاپ نمود و باین‌ترتیب عکس تبدیل بافق شده با منحنی‌تراز که ما آنرا (عکسنقشه) نامیده‌ایم بدست خواهد آمد.

۵- دستگاه تبدیل پلانیمات با کورلاتور یا مغز تطبیق دهنده الکترونی -

(Planimat with Electronic Correlator)

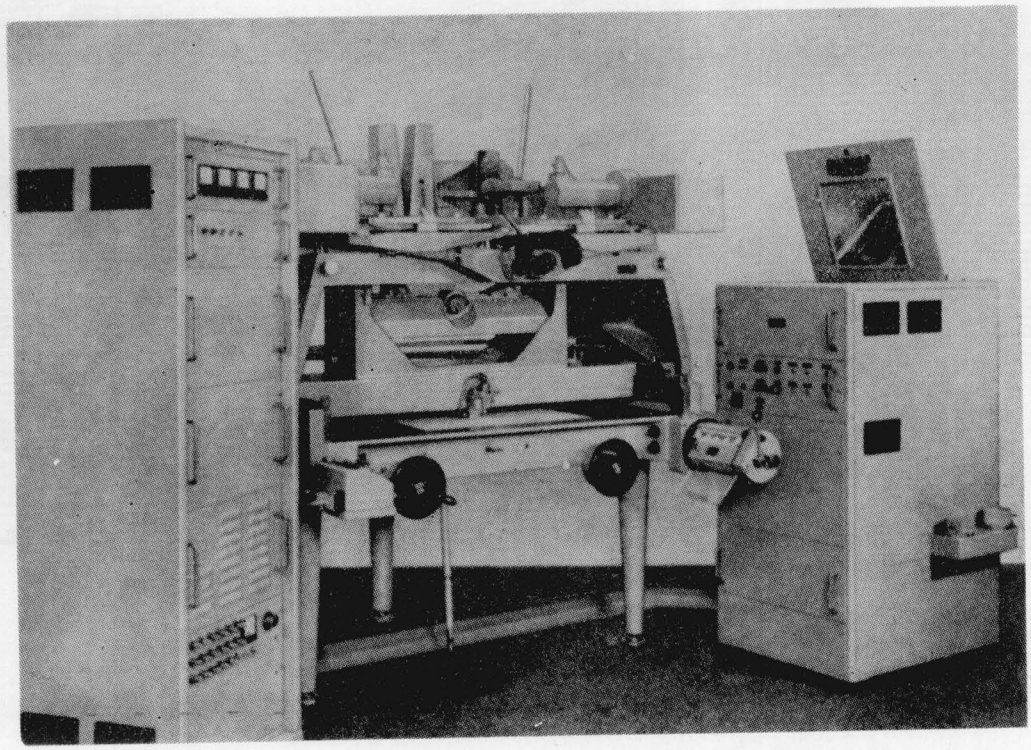
بطوریکه قبلاً گفته شد هدایت حلقه الیاف نوری ارتوپروژکتور به کمک نیمرخ های طولی مدل زمین انجام میشود که در روی فیلم بصورت خطوط منحنی ثبت شده‌اند و چون این نیمرخ ها باید بفاصله هرچهار میلیمتر به مقیاس‌مدل‌زمین تهیه شود لذا تعداد آنها برای یک‌منطقه حتی کوچک بسیار زیادخواهد بود و بنابراین تهیه این‌نیمرخ ها بطورخودکار از لحاظ اقتصادی ضرورت خواهد داشت و این فیلم‌ها بوسیله دستگاه تبدیل پلانیمات که توسط یک کورلاتور یامغز تطبیق‌دهنده الکترونی بحرکت درمیآید آماده‌میگردد بدیهی است دستگاه پلانیمات میتواند با ارتباط مستقیم نیز هدایت حلقه الیاف نوری را بعهده بگیرد.

در (شکل صفحه ۱٤) دستگاه پلانیمات در وسط ومغز تطبیق دهنده الکترونی در طرف چپ آن و دستگاه‌ثبت نیمرخ ها یا حافظه الکترونی در طرف راست مشاهده میگردد.



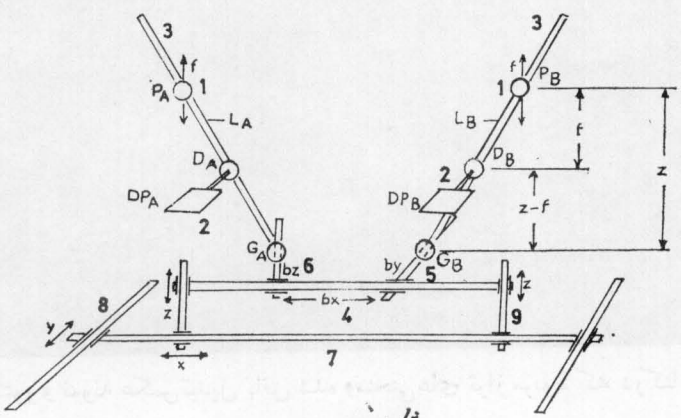
دستگاه ارتوپروژکتور و نمونه عکس‌تبدیل بافق شده ومنحنی‌های تراز مربوط که درکنار یکدیگر چاپ شده است

الف ـ شرح دستگاه پلانیمات ـ اصول ساختمان مکانیکی این دستگاه در (شکل ۸) نشان داده شده که درآن نقاط P_A و P_B مراکز حرکت میله های L_A و L_B جانشین دو شعاع متناظر زوج عکس هستند و نقاط G_A و G_B موقعیت فضائی نقاط مدل زمین را نمایش میدهد که بوسیله دو بازوی رویت کننده متصل



دستگاه پلانیمانیت و کورلاتور و رسام الکترونی

به میله های D_A و D_B موقعیت G را باتوجه به موقعیت نقاط زوج . (دیاپوزیتیف های DP_A و DP_B) ازطریق مشاهده مدل نوری تعیین مینمایند و پایه زوج مربوط نیز بوسیله سه مؤلفه : (bx و by و bz) مشخص میگردد و مختصات (x و y و z) نقاط مدل نیز بوسیله حرکت سه میله ۷ و ۸ و ۹ به مداد ترسیم یا دستگاه ثبت نیمرخ ها منتقل میشود .



شکل (۸)

سیستم مکانیکی دستگاه پلانیمات

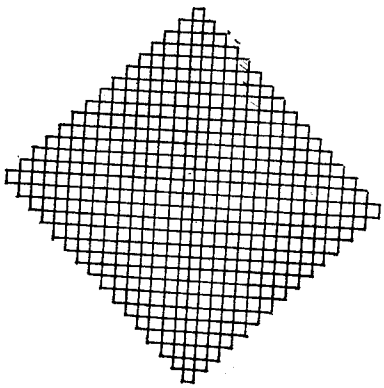
مقیاس مدل زمین مطابق شکل $\frac{z}{f}$ است وچون دردستگاه پلانیمات میتوان فاصله کانونی f را باتوجه به فاصله کانونی دوربین های عکس برداری از ۸۰ میلیمتر تا ۳۰۰ میلیمتر تغییر داد بنابراین امکان استفاده ازعکس های هوائی مختلف و تبدیل آنها به مقیاس های مختلف ممکن میباشد.

سیستم نوری مشاهده مدل دراین دستگاه بدلیل کوتاهی مسیر بسیار ساده و روشن میباشد. مزیت مخصوص این دستگاه با مقایسه دستگاه‌های تبدیل دیگر این است که برای رسم نیمرخ های طولی مربوط به ارتوپروژکتور که برای تهیه عکس تبدیل بافق شده لازم‌است میتوان این نیمرخ ها را در جهت محور y فقط با حرکت z دستگاه بطوریکه نشانه شناور (Floatiog mark) همواره با سطح مدل نوری منطبق باشد ترسیم نمود و برای این حرکت مخصوص بجای فرمان‌پائی معمولی میتوان ازیک فرمان دستی که در طرف راست دستگاه قرارداده شده است استفاده نمود که کار ترسیم نیمرخ هارابسیارسهل مینماید و بطوریکه در زیر شرح داده خواهد شد این فرمان حرکت z هم ممکن است بطور خودکار توسط کورلاتور (Correlator) یا مغز تطبیق دهنده الکترونی ازطریق سروموتور انجام پذیرد .

ب ـ دستگاه کورلاتور یا مغز تطبیق‌دهنده الکترونی(Electronci correlator) این دستگاه که توسط کارخانه های آیتک آمریکا (Itek Corporation) ساخته شده و بنام (Ec-۵) معروف میباشد توسط کارخانه زایس Zeiss در روی دستگاه پلانیمات سوارشده‌است‌عمل ترسیم یاثبت نیمرخ های‌طولی‌را درجهت محور y بطور خودکار با انطباق نشانه شناور و مدل نوری عیناً و حتی دقیق‌تر از انسان انجام میدهد که اصول ساختمان وطرزکارآن بشرح زیر میباشد :

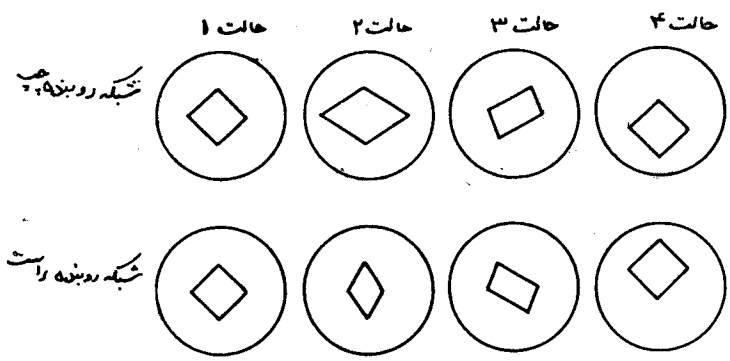
دولوله اشعه کاتودی بجای دوچشم عمل مشاهده عکس‌ها را بوسیله روبیدن دو شعاع متناظر (Scanning system) بعهده داشته و وضعیت نسبی این اشعه‌را پس‌از عبور از دوافراینده فتونی (Photo-Moltiplier) به‌یک مغز تطبیق دهنده الکترونی مطابق دیاگرام (شکل ۱۱) اطلاع میدهد و این مغز با دستور بازگشت(Feed-Back) سروموتور حرکت z را بکارمیاندازد .

روبیدن اشعه متناظر بوسیله دوشبکه (لیساژوی) تلویزیونی (شکل۹) که ابعاد آن ازچند میلیمتر تجاوزنمیکند و از۳ خط افقی وعمودی تشکیل شده است انجام‌میشود بطوریکه در(شکل ۱۰) دیده‌میشود دراثر شیب‌زمین درامتداد x قطر شبکه های روبنده درجهت‌عکس یکدیگر نسبت به اشعه سمت راست‌وسمت چپ تغییر میکند که میتوان آنرا (تغییر مقیاس درجهت x) نامید وهمچنین دراثر شیب‌زمین درامتداد y گوشه های بالا و پائین شبکه روبنده درجهت عکس یکدیگر بطرف راست وچپ منحرف میشوند که میتوان آنرا (پیچش درجهت y) نام گذاشت. بدیهی‌است دوران φ و w شیشه های عکس‌نیزهمین تغییرات‌راحاصل مینماید که به‌تغییرات ناشی از شیب‌زمین افزوده میشوند. اما ازلحاظ پارالاکس(Parallax) یا (عدم‌تقاطع اشعه) فقط پارالاکس درجهت y که باعث یک انتقال کوچک Δy شبکه روبنده میشود باقی میگذارند و پارالاکس x بطور خودکار توسط سروموتور Servo-Motor با تغییر ارتفاع z حذف میگردد .



شکل (۹)

شبکه روبنده تلویزیونی



شکل (۱۰)

۱- شبکه عادی بدون تاب

۲- تغییر مقیاس درجهت X دراثرشیب طولی

۳- پیچش دراثر شیب عرض درجهت Y

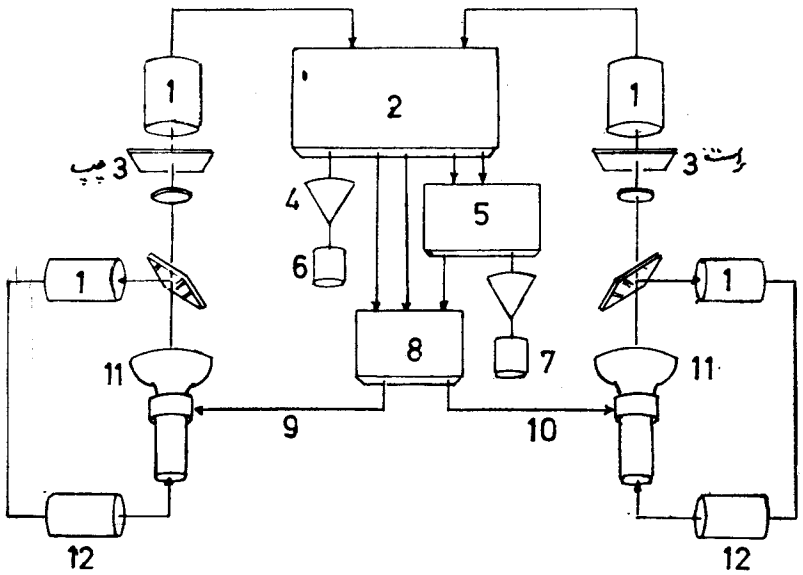
٤- تغییرمحل دراثر پارالاکس Y

هریک از شبکه های روبنده پس از برخورد با اشعه سازنده مدل نوری یا بعبارت دیگر پس ازعبور از شیشه عکس ازیک افراینده فتونی عبورنموده و داخل کورلاتور یا مغز تطبیق دهنده الکترونی میشود.

کورلاتور ضربه های فتونی شبکه را به سه‌نوار بافرکانس های مختلف از ۰ تا ۱۰۰۰ هرتز (Hz) تجزیه مینماید این فرکانس ها بطوریکه بعداً شرح داده‌خواهدشد بافرکانس فضائی عکس ها که تابع تعداد جزئیات عکس یا تعداد دانه های حساس شیشه درهرمیلیمتر است متناسب‌میباشد وعمل انطباق بافرکانس-های کم شروع شده و بتدریج بافرکانس های زیاد کامل میگردد.

کورلاتور تغییرات شبکه روبنده را ازلحاظ اختلاف مقیاس وپیچش درجهت x و y و انتقال Δy را تجزیه مینماید ونتیجه تجزیه را بصورت دوولتاژ خروجی که یکی معرف دقت انطباق شبکه بامدل و دیگری معرف تغییر محل نسبی اشعه (بصورت اختلاف فاز میباشد) از طریق یک مودولاتور (Modulator)

به‌یک تنظیم کننده (مدار جمع و تفریق Sum and Difference circuit) اطلاع میدهد ـ واین اطلاع با دستور بازگشت به لوله‌های کاتودی شبکه‌های روبنده‌را باندازه لازم و بطوریکه هردوشبکه به‌حالت عادی بامدل‌منطبق شوند درجهت x و y منحرف‌مینماید. وسروموتوررا هم بحرکت درمیآورد.



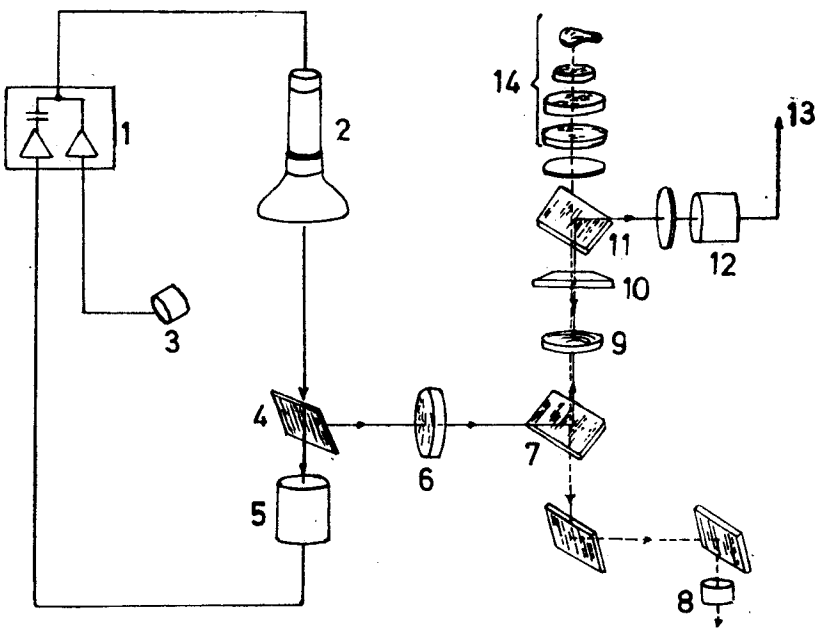
شکل (۱۱)

۱ـ افرایندهٔتونی	۲ـ کورلاتور	۳ـ شیشه‌های دیاپوزیتیوعکس
٤ـ سروموتورپارالاکس X	٥ـ مدارکنترل	٦ـ موتور
۷ـ سروموتور Y	۸ـ مولد شبکه روبنده	۹ و ۱۰ـ دستور بازگشت
۱۱ـ لوله‌های کاتودی	۱۲ـ ساکت کننده مدار	

البته این انحراف وانطباق تدریجی است چون ابتدا فرمان ناشی از نوار فرکانس کم، به‌لوله‌های کاتودی میرسد و بتدریج که دراثر انحراف‌اشعه کاتودی کیفیت انطباق بهتر و درنتیجه ولتاژ خروجی زیادتر میگردد فرمان‌های ناشی ازنوار فرکانس‌های زیادتر به‌اشعه کاتودی خواهد رسید تا انطباق کامل گردد و شبکه روبنده بصورت یک‌نقطه که معرف محل نشانه شناور است درآید واضح است که در بریدگی‌های تند کوهستانی وبرکه‌های آب انطباق بخوبی انجام نمیگردد وبالنتیجه ازفرکانس فضائی اشعه کاتودی کاسته میشود و دراثر این کاهش ابعاد شبکه روبنده بزرگتر خواهد شد. تاقدرت مشاهده یا روبیدن‌آن بیشتر گردد.

ج ـ سروموتور ـ بطوریکه گفته شد دستور بازگشت از مغز تطبیق دهنده اشعه کاتودی را باندازه لازم انحراف میدهد ولی درهمین‌حال سروموتور راهم نیز بکار میاندازد و چون این دستور مجموعه ولتاژهای خروجی ناشی از پارالاکس‌ها و تغییر مقیاس‌ها و پیچش‌هاست که ازمدار جمع و تفریق خارج میشود لذا سروموتور بهمان میزان درجهت (y و z) بازوی تبدیل پلانیمات را حرکت خواهدداد بطوریکه نشانه‌شناور یا شبکه روبنده همواره بامدل نوری منطبق باشد.

دقت انطباق نشانه شناور بادستگاه کورلاتور بیش از دوبرابر دقت انطباق بوسیله انسان میباشد . بعلاوه بطوریکه در (شکل ۱۲) دیده میشود اشعه کاتودی پس از عبور از دوآئینه تجزیه رنگ (Dichroic Mirror) به‌دونور زرد وآبی تجزیه میشوند که نورزرد آن پس ازعبورازصافی و افراینده فتونی وارد کورلاتور میگردد ونور آبی آن پس از انعکاس وطی مسیر کوتاهی وارد عدسی‌های چشمی مشاهده برجسته بینی مدل میشود و بنابراین میتوان موقعیکه دستگاه بطور خودکار مشغول رسم وثبت نیمرخ های طولی است حرکت نشانه شناوررا که همواره درروی مدل نوری منطبق است بوسیله عدسی‌های برجسته‌بینی بخوبی ملاحظه نمود .



شکل (۱۲)

۱- مدار ساکت کننده ۲- لولهٔ کاتودی ۳- سلول فتوالکتریک
٤- منشور تقسیم کننده ٥- افراینده فتونی ٦- عدسی هدایت کننده
۷- آینه تجزیه رنگ ۸- عدسی برجسته بینی ۹- عدسی هدایت کننده
۱۰- شیشه عکس ۱۱- آینه تجزیه رنگ ۱۲- صافی
۱۳- ضربه‌های فتونی بطرف کورلاتور ۱٤- منبع نور

د - ضریب انطباق شبکه های روبنده ومدل نوری .

بطوریکه قبلاً گفتیم فرمان کورلاتور به‌سروموتور درنتیجه مقایسه و تجزیه اختلاف مقیاس وپیچش دو شبکه روبنده انجام میشود بنابراین نسبت بین تغییر مقیاس و پیچش شبکه های چپ و راست را ضریب انطباق یا (Correlator factor) مینامند . برای محاسبه این نسبت درمورد مقیاس x می‌بینیم که شیب زمین در جهت X برابر $\frac{dH}{dX}$ است و بعلاوه چون تغییر مقیاس تابع فاصله نقطه از مرکز عکس یا زاویه میل شعاع نوری است که برابر $\frac{X}{H}$ میباشد لذا در صورتیکه پایه عکس های یک زوج عکس هوائی را B بنامیم

تغییر مقیاس شبکه‌های چپ وراست بصورت زیر خواهد بود :

$$dx_1 = 1 - \frac{X}{H} \cdot \frac{dH}{dX} \quad \text{و} \quad dx_2 = 1 - \frac{X-B}{H} \frac{dH}{dX}$$

و بنابراین فرمول ضریب انطباق مقیاس بصورت زیر درخواهدآمد :

$$\frac{dx_1}{dx_2} = \frac{1 - \frac{X}{H} \cdot \frac{dH}{dX}}{1 - \frac{X-B}{H} \cdot \frac{dH}{dX}}$$

حداکثرضریب‌مزبوربرای‌حالت‌عادی $\frac{B}{H} = 1$ ونقطه وسط پایه $X = \frac{B}{2}$ است و بنابراین حداکثر ضریب انطباق مقیاس X بصورت :

$$\frac{dx_1}{dx_2} = \frac{1 - 0/5 \frac{dX}{dH}}{1 + 0/5 \frac{dH}{dX}}$$

درخواهدآمد .

که باتوجه به‌شیب‌صفر تا حداکثر ٪۳۰ مقدارآن بین ۱ و۲ تغییر میکند .

ازلحاظ ضریب انطباق پیچش نیز چون این پیچش دراثر وجود شیب درجهت Y یعنی $\frac{dH}{dY}$ است لذا باتوجه به‌میل شعاع نوری خواهیم داشت :

$$dx_1 = \frac{X}{H} \cdot \frac{dH}{dY} \quad \text{و} \quad dy_1 = 1 - \frac{Y}{H} \cdot \frac{dH}{dY}$$

بنابراین ضریب انطباق پیچش بصورت زیر خواهد بود .

$$\frac{dx_1}{dy_1} = \frac{\frac{X}{H} \cdot \frac{dH}{dY}}{1 - \frac{Y}{H} \cdot \frac{dH}{dY}}$$

که‌باتوجه به‌شیب صفر تاحداکثر ٪۳۰ ونسبت $\frac{Y}{H} = 1/3$ ضریب پیچش بین دو شبکه از صفر تا ٤ تغییر خواهد کرد .

هـ ـ دقت انطباق کورلاتور در تعیین نقاط مدل ـ دقت تبدیل در پلانیمات باتوجه به‌فاصله کانونی f از ∓۳/۵ میکرون تا ∓۰/۱ میکرون میباشد .

وبهمین دلیل سیستم انطباق خودکار آن طوری طرح شده‌است که میتواند یک اختلاف پارالاکس

تاحدود ۳ میکرون را تشخیص دهد . بدیهی است دقت این تشخیص تابع فرکانس ضربه‌های فتونی شبکه روبنده پس ازعبور از شیشه عکس وافزاینده فتونی خواهد بود . واگر عرض شبکه روبنده را در جهت x به واحدمیلیمتر a بنامیم و f_L فرکانس خطوط شبکه‌روبنده به‌واحد هرتس (h_z) و h_x هم‌فرکانس فضائی‌عکس درجهت x به واحد سیکل درمیلیمتر باشد (که درحقیقت تابع تعداد دانه‌های حساس شیشه عکس در هر میلیمتر است) .

فرمول فرکانس ضربه‌های فتونی برابر :

$$f_v = ۲a \cdot f_L \cdot f_x$$

خواهد شد .

که برای نوارهای مختلف فرکانس : از ۰ تا ۱۰۰۰ کیلو هرتز تغییر مینماید .

دراین فرمول a بین ۱ تا ۱۰ میلیمتر و f_x بین ۲ تا ۳۰ سیکل درمیلیمتر میباشد ومقدار f_L نیز در حدود (h_z ۸۶۰۰) است ومن‌باب مثال برای میلیمتر $a = ۵$ $f_x = ۱۰$ مقدار f_v برابر :

$$f_v = ۲ \times ۵ \times ۱۰ \times ۸۶۰۰ = ۸۶۰۰۰۰ h_z$$

یا ۸۶۰ کیلو هرتز خواهدشد که درنوار سوم فرکانس قرارمیگیرد .