آموزشکده نقشه برداری	بسمه تعالی **جزوه مهندسی اطلاعات** تهیه و تنظیم: دکتر علیرضا قراگوزلو کد جزوه: ۱-۱۰۰ ۱۳۸۹	**قسمت ششم** **اندازه گیري فاصله به طریق غیر مستقیم** **تعداد صفحات:۱۸**

۲-اندازه‌گیری به طریق غیرمستقیم

دراین روش طول بین دونقطه بدون این‌که مستقیما توسط یکه‌ای پیموده شود، با انجام سایر اندازه‌گیری ها و معلومات قبلی به دست می آید. این‌روش به چهار دسته تقسیم می شود:

۱- استادیمتری (Stadimetri)

۲- پارالاکتیک (Paralactic)

۳- تله متری (Telemetri)

۴- محاسبه ای و ترسیمی

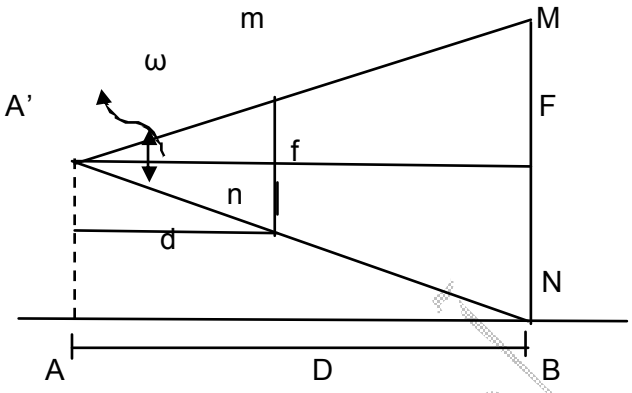
الف -استادیمتری

روش استادیمتری

وسیله ای که برای این استفاده میشوداستادیمتری نامیده میشودوبراساس قضیه تالس استواراست.مطابق شکل منظوربدست آوردن فاصله ABمی باشددرنقطهBیک شاخص مدرج(میر)بطورقائم نگهداشته ودرفاصلهdازنقطهAیکخط کش بطول mnراموازی میرمستقردرنقطهBقرارمیدهیم حال از نقطه'Aقائم نقطهAبدوسرخط کش،پرتونوری می تابانیم این پرتومیرنقطهBراروی اعدادMوN قطع می نماید.

حال باتوجه به تشابه دومثلث A'mnوA'MNنتیجه زیرحاصل میشود.

$$D=AB=(d/mn).MN$$



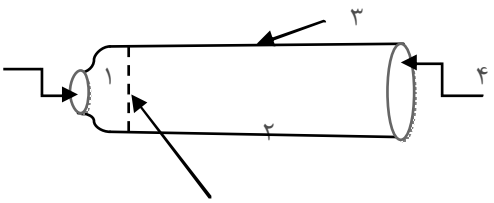
بامعلوم بودن dوnmواندازه گیریMNمی توان فاصلهABرابدست آورداگرازمقادیر d وmn و MNدومقدارآن ثابت ومعلوم باشدبا اندازه گیری مقدارسوم می توان فاصلهABرابدست آورد دراین حال ممکن است:

۱-مقدارdومقدارmnمعلوم وثابت باشنددرنتیجه با اندازه گیری MN فاصلهAB بدست می آید.این حالت را استادیمتری بازاویه ثابت می گویند (چون ω زاویه استادیمتری دراین حالت ثابت می ماند).

۲- مقادیر d وMN ویامقادیر MNو mnمعلوم وثابت باشندکه دراین حال استادیمتری بازاویه متغیرخواهیم داشت.سازندگان وسایل نقشه برداری با استفاده ازروابط بالا دوربین های مختلفی ساخته اند که مورد استفاده نقشه برداران می باشند.

استادیمتری بازاویه ثابت

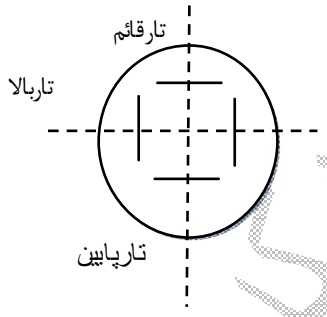
درتلسکوپ هردوربین اعم ازترازیاب ویا زاویه یاب (با توجه به شکل)اجزاءاصلی زیربرای اندازه گیری زاویه ویا اختلاف ارتفاع ویافاصله وجوددارد.



1- عدسی جسمی که ممکن است ازچندعدسی محدب تشکیل شده باشد.

۲- بدنه یا لوله تلسکوپ که باتوجه بدقت وبزرگنما ئی دوربین ممکن است چند ین عدسی ومنشوردرآن کارگذاشته شود.

۳- صفحه تارهای رتیکول که معمولاازشیشه ایست باضریب شکست بسیارناچیزکه تارهای بسیارظریفی که بدونچشم مسلح قابل رویت نیست درروی آن تعبیه شده,که درحالت کلی به شکل زیرمی باشد.



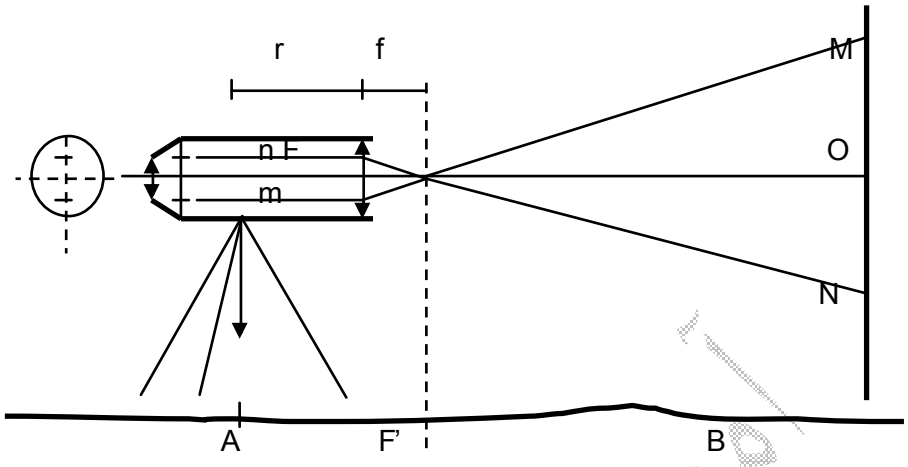
چنانکه ملاحظه می شوددرروی صفحه,تارهای رتیکول طوری تعبیه شده اندکه برای اندازه گیری فاصله ازمیرهای افقی نیزمی توان استفاده نمود.

۴- عدسی شیئی.

حال اگربخواهیم توسط دوربین نقشه برداری طول AB را اندازه گیری نمائیم ابتدا در نقطهB یک شاخص بطورقائم قرارمیدهیم سپس مطابق شکل زیریک دستگاه تئودلیت درروی نقطهAمستقرمی نمائیم (برای نشان دادن مسیر نورتلسکوپ دوربین ازحدمعمول خود بزرگتر رسم شده است)وحال بعدازقراولروی به نقطه B پرتوهای نورانی,تارهای رتیکول میرراروی اعداد MوNقطع می نماید.باتوجه بشکل ازتشابه دومثلثmnfوMNF می توان نوشت.

$$FO1/FO=mn/MN$$

$$FO=(FO1/mn).MN$$



دررابطه بالا $FO1$برابرفاصله کانونی عدسی شیئی که همواره مقدارش ثابت ومعلوم است و mnفاصله تار بالاتاتارپایین درصفحه تارهای رتیکول(دوربین)است که مقدارش ثابت ومعلوم می باشد درنتیجه $FO1/mn$مقداریست ثابت که انرا به K نشان میدهند وبه ضریب استادیمتری معروف است ومقداران دردوربین هامعمولا" برابر۱۰۰می باشد که برابر $cotg$ زاویه استادیمتری(ω)است یعنی:

$$Tg\omega = 1/100$$

اعدادMوNاعدادیست که روی شاخص قرائت می کنیم که باتوجه به معلومات فوق فاصله $F'B=FO$معلوم میشودوباتوجه بشکل فوق طولABبااضافه کردن فاصله کانونی عدسی شیئی fوفاصله عدسی شیئی تا مرکز(محورقائم) تلسکوپ حاصل میشود.

$$AB= (f/mn).MN+ (f+r)=k.MN+(f+r)$$

مقدار$f+r$رابهCنشان داده وآن راتصحیح راشنباخ می گویند.

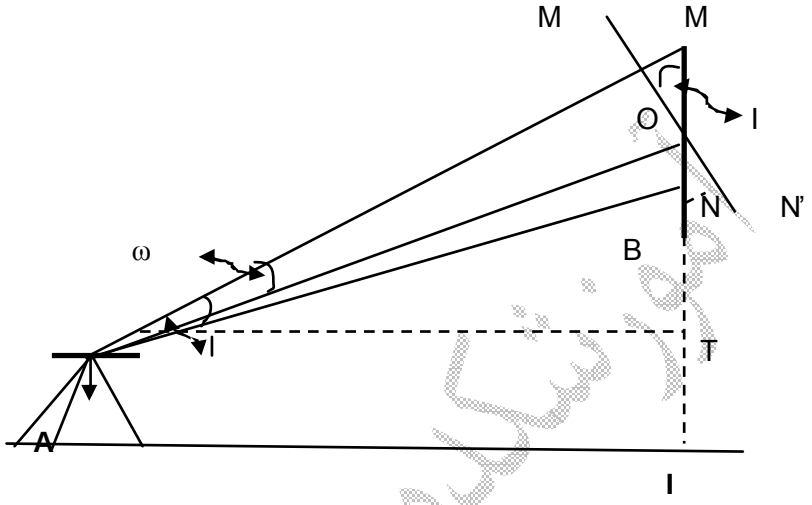
$$AB=K.MN+C$$

دردوربین های جدید با بکاربردن عدسی های واگرا وسایر وسایل اپتیکی (نوری) د ر تلسکوپ های دوربین مرکزآنالاتیسم دوربین را به مرکز تلسکوپ منطبق می کنند درنتیجه مقدار C برابرصفرشده , فرمول فوق به صورت $AB=K.MN$ درخواهد آمد . به این نوع دوربین های نقشه برداری دوربین های آنالاکتیک می گویند.

اندازه گیری طول به طریقه استادیمتری درزمین های شیب دار

حالتی که بحث شد بصورتی بودکه ابتدانوری که از تارتیکول وسط می گذرد (محوردیدگانی) برمیرعمود

بود درحالتی که زمین شیب داراباشد خط دیدگانی برمیرنمی تواندعمودباشدوخط دیدگانی باافق زاویه ای مانند i می سازد. برای بدست آوردن طول افقیABباتوجه به شکل به صورت زیر عمل می کنیم



مقصوداندازه گیری طول افقیABیعنی(''ABویا'TB)است.

خط دیدگانی باافق زاویه ای برابرiاداردرنتیجه :

I $TB'=AB''=TO.Cosi$

زاویهiتئودلیت قرائت میشودوبرای بدست آوردن طولTOفرض می کنیم شاخص مستقردرنقطهBراحول نقطهOطوری دوران بدهیم که برمحوردیدگانی یعنیTOعمودباشددر این حال تاربالاوپایین رتیکول شاخص رادرروی دوعدد'Mو'nقطع می نماید.

II $TO=K.M'N'+C$

اگرمقدار'M'Nرابدست آوریم مساله حل است.درمثلث'OMMزاویه راس O برابرiمی باشد (چون اضلاع برهم عمودند).وازطرفی چون زاویه استادیمتریωکوچکوبرابر۱/۱۰۰رادیان است باتقریب کافی می توان مثلث 'OMMراقائم فرض نمود.

پس داریم: $OM'=OM.Cosi$

به همان دلیل درمثلث'ONNنیزداریم: $ON'=ON.Cosi$

درنتیجه: $M'N'=OM'+ON'=OM.Cosi+ON.Cosi=MN.Cosi$

دررابطه II مقدار $M'N'$ راقرارمیدهیم: $TO=K.MN.Cosi+C$

مقدار TO رادررابطه I قرارمیدهیم: $i \quad +C.Cosi$

$AB=TB'=AB''=K.MN.\cos^2$ (افقی)

اگردوربین آنالاکتیک باشدطول افقی ازفرمول زیرمحاسبه می گردد:

$Dh=$ (افقی) $AB=K.MN.COS^2{}_i$

پیداکردن اختلاف ارتفاع به طریقه استادیمتری

باتوجه به شکل فوق می توان اختلاف ارتفاع بین دونقطه a و b راازروابط زیرمحاسبه نمود.

$\Delta hAB=BB''=OB'+B'B'_OB$

$OB'=TO.Sini=(k\times mn\times Cosi+C)\ Sini$

$OB'=K.MN.Sini.Cosi+C\times Sini$

$B'B''=TA=hihi$

hi ارتفاع ازنقطه A می باشدکه می توان آن رابایک مترمعمولی اندازه گرفت. $OB=hs$ که

قرائت تاروسط یاارتفاع علامت می گویند.بنابراین:

$\Delta h=\Delta hAB=K.MN.\ Sini.\ Cosi+C.\ Sini+hi-hs$

اگر تار وسط روی میر اه اندازه ارتفاع دوربین بسته شود فرمول بالابه صورت

$\Delta hAB=1/2.K.MN.Sin\ 2i$

درمی آید.

برای راحتی محاسبات مربوط به روش استادیمتری می توان به هنگام عملیات نقشه برداری به یکی از اعمال زیر متوسل شد:

۱-تاروسط را برار ارتفاع دستگاه قرار داد.

$hi-hs=0$ در زمین

های کم شیب می توان برابر صفر قرار داد. را i -2

$Cos^2 i=0$ و $Sini.Cosi=0$

۳- تار پایین را روی عدد ثابتی قرارداد.(در این حالت تفاضل تار بالا و تار پایین به راحتی انجام می گیردوپر کردن جدول تاکیومتری در سرزمین راحت تروکنترل عملیات صحرایی نیزآسانتر می شود).

استادیمتری های تبدیل کننده به افق(افق ساز)

همانطور که از دو فرمول $Dh=k.MN.Cos^2 i$ و $\delta h=(1/2)k.MN.Sin\ 2i$ (چنانکه ذکر شد معمولاروی میر,قرائت تار وسط رابرابرارتفاع دستگاه قرارمی دهند) مشخص است برای تعیین فاصله افقی واختلاف ارتفاع بایستی زاویه شیب(i)قرائت شده سپس با استفاده ازجداول ویاانجام محاسبات لازم فاصله افقی واختلاف ارتفاع رابه دست آورد. اگرتعدادنقاط اندازه گیری زیادباشدتعیین عوامل وقت زیادی گرفته واحتمال خطاو اشتباه نیز زیادخواهدبود . برای جلوگیری ازاتلاف وقت وبروزاشتباه,کارخانجات سازنده وسایل نقشه برداری دستگاههایی ساخته اند که احتیاج به قرائت زاویه شیب(i)ومحاسبات $Cos^{۲}i$ و $Sin\ 2i$ندارد.

دراین وسایل به جای تارهای ثابت استادیمتری معمولی , تارهای رتیکول را منحنی هایی ازدوتابع مثلثاتی$Cos^{۲}i$و$Sini\ Cosi$قرارداده اند که برای شیب های مختلف مستقیما عمل تبدیل به افق و تعیین اختلاف ارتفاع به وسیله خود دستگاه انجام می شود وبرحسب روشی که برای تبدیل به افق به کاررفته استادیمترهابه دودسته مکانیکی ودیاگرامی تقسیم می کنند.

به عنوان نمونه ای از انواع استادیمترهای افق ساز دیاگرامی , می توان تاکیومتر $R.D.S(w\ ild)$ را نام برد . در این دستگاه منحنی های مربوط به توابع$Sini.Cosi$و $Cos^2 i$برروی صفحه ای شیشه ای رسم شده است.

این صفحه شیشه ای به طور قائم وعمود برمحوردوران تاکیومترقرارگرفته ومسیر نور پس ازگذشتن ازیکسری عدسی و منشورتصویر شاخص و تارهای رتیکول را برهم منطبق خواهدکرد . به طریکه گفته شد برای اندازه گیری فاصله ازتارپایین و بالا استفاده می شود و برای راحتی غالبا" تار پایینی را روی یک متر قرار داده و تاربالا بر حسب شیب یا تغییر محور دیدگانی روی هرعددی که قرارگرفت یک متررا ازآن کم نموده نتیجه را در Cos^2وiضریب استادیمتری ضرب می کنیم (دراین حال ارتفاع دستگاه و ارتفاع محور دیدگانی ممکن است برابرنباشد)امادرتاکیومترهای تبدیل کننده به افق برای برابر کردن ارتفاع محور دیدگانی (که دراین دوربین ها همان تارپایین است) با ارتفاع دستگاه,ازمیر های مخصوص که دارای یک پایه کشویی است استفاده می کنند.

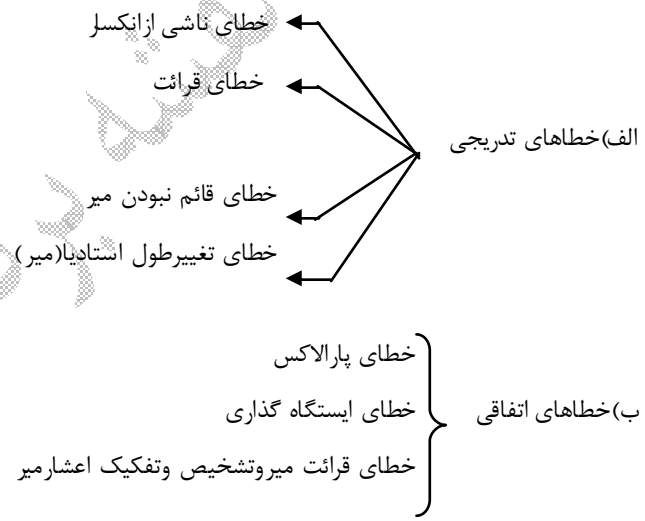
به این طریق که ارتفاع دوربین را اندازه گرفته واین ارتفاع را با استفاده از یک متر که با علامت مشخص است وقسمت کشویی تامین می کنند(مثلااگرارتفاع دستگاه ۱۵۸ سانتی متراباشد ۱ متر رابه وسیله میرو۵۸سانت بقیه رابه وسیله قسمت کشویی میرجبران می کنند. که دراین صورت فاصله محل اتصال میربازمین تاشاخص میربرابر۱۵۸سانتی مترمی شود) . پس برای اندازه گیری طول واختلاف ارتفاع تارپایین را روی علامت مشخص کننده ارتفاع دستگاه قرارداده وتاربالا برحسب شیب یا تغییرمحورقراولروی دوربین منحنی خاصی ازتابع Cos^2i باهمان ضریب تبدیل به افق را تشکیل می دهد.درنتیجه تاربالا و پایین ضربدر ضریب استادیمتر را درمقدار Cos^2i ضرب نماییم چون این ضرب خودبه خودانجام گرفته است.

تاروسط نیز مربوط به اختلاف ارتفاع است وضریب متناسب با $SiniCosi$ درکنارآن ثبت شده است.

به عنوان نمونه ازتبدیل کننده های مکانیکیمی توان از(kern)-RA-□K نام برد.

خطای روش استادیمتری

چنانکه میدانیم خطابه عوامل طبیعی،دستگاهی وانسانی بستگی داشته ودونوع خطای تدریجی واتفاقی راشامل می شود.



خطاهای روش استادیمتری

در این روش دو نوع خطا وجود دارد: ۱. خطاهای تدریجی ۲. خطاهای اتفاقی

۱-خطاهای تدریجی

الف) خطای انکسار

این خطا بیشتر در مورد به دست آوردن اختلاف ارتفاع موثر است. پرتو نور از صفحات مختلف دارای چگالی های گوناگون عبور می کند و از مسیر خود منحرف می شود بنابراین قرائت روی شاخص مقدار واقعی نیست. مقدار آن برای هر ۱۰۰ متر حدود ۳ تا ۴ میلی متر است.

ب)خطای قرائت

دو عامل درمیزان تفکیک تقسیمات شاخص وجود دارد: ۱. شدت نور ۲. درشت نمائی دوربین. وقتی شدت نور تغییر می کند، زاویه استادیمتری یک تغییر غیرعادی می کند.به عبارتی اگریک فاصله را هم درجهت نور اندازه‌گیری کنیم و هم در مخالف جهت آن، با هم تفاوت خواهند داشت.(در جهت نور بیشتر خواهد بود)

در مورد درشت نمائی دوربین باید گفت که هر میلی متر از فاصله D تحت زاویه $\frac{1}{1000\times D}$ رادیان دیده می شود و چشم قادر است تا $\frac{3}{10000}$ رادیان (اجسام با قطر ظاهری یک دقیقه) را تفکیک نماید. وقتی از دوربین با درشت نملئی G استفاده می کنیم، قدرت تفکیک به $\frac{3}{10000\times G}$ و یا $\frac{1}{G}'$ می رسد.همواره باید $\frac{1}{1000\times D}\geq\frac{3}{10000\times G}$ و یا $D\leq\frac{10}{3}G$ باشد تا به دقت مورد نظر برسیم پس $D=K.MN$ و برای به دست آوردن D باید دو تار M وN قرائت شود و اگر خطای قرائت هر تار εباشد در طول D به اندازه ی $dD=K.\varepsilon.\sqrt{2}$ خطا خواهیم داشت که خطای نسبی آن می شود: $\frac{dD}{D}=\frac{K.\varepsilon.\sqrt{2}}{D}$ از طرفی $\frac{\varepsilon}{D}$ تغییر زاویه استادیمتری است و مقدار آن نباید از $\frac{l'}{G}$ تجاوز کند پس:

$$\frac{dD}{D}=\frac{K.l'.\sqrt{2}}{G}$$

و اگر l' را برحسب رادیان قرار دهیم:

$$dD=\frac{100\times 3\times\sqrt{2}}{10000\times G}\times D\cong\frac{D}{24G}$$

هرچه فاصله زیادتر باشد مقدار خطا زیادتر خواهد شد.البته نکته ی مهم آن که در استادیمتری با زاویه متغیر مقدار مجاز تغییر زاویه به جای $\frac{l'}{G}$ مقدار $\frac{2.5'}{G}$ است.

پ)قائم نبودن شاخص

دو حالت برای این خطا در نظر گرفته می شود:

الف:*محور دیدگانی عمود بر شاخص و زمین دارای شیب کم*-استادیمتر در A مستقر و به شاخص نقطه B قراولروی و شاخص به اندازه ε از حالت قائم منحرف شده است.اگر h_S قرائت تار وسط باشد،طبق شکل مقدار خطا می شود:

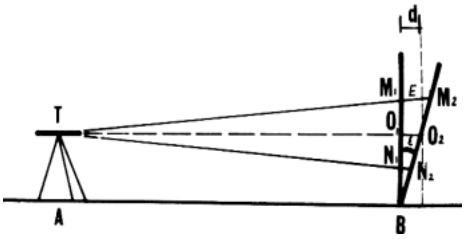
$$d=h_S\times Sin\varepsilon$$

از طرفی ε کوچک است و می توان نوشت:

$$d=h_S\times\varepsilon$$

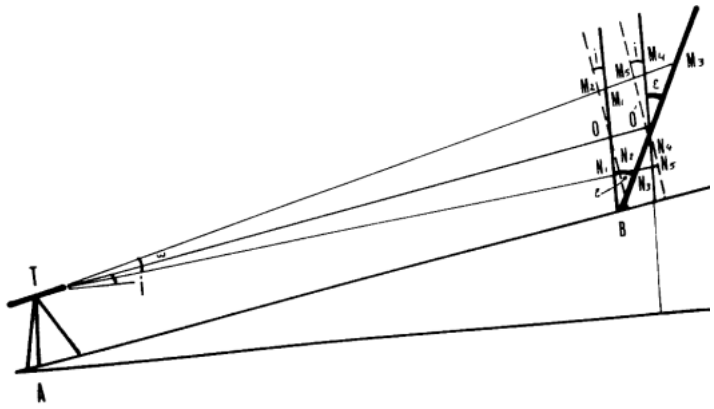
پس مقدار خطا زیاد نبوده است.

شکل را در صفحه بعد ملاحظه کنید.



ب:*محور دیدگانی عمود نبوده و زمین شیب دار است* - طبق شکل استادیمتر در A مستقر است و شاخص در نقطه B با حالت قائم خود زاویه ε می سازد. مقدار خطا خواهد بود:

$$E=(TO'-TO)Cosi$$



خطا متناسب بامقدار تفاضل TO و TO' است پس می توان ازروابط زیربرای به دست آوردن مقدارخطااستفاده کرد:

$$TO' = KM_3N_3Cos(i+\varepsilon)$$
$$TO = KM_1N_1Cosi$$
$$d = TO' - TO = KM_3N_3Cos(i+\varepsilon) - KM_1N_1Cosi$$
$$E = [KM_3N_3Cos(i+\varepsilon) - KM_1N_1Cosi]Cosi$$

و با محاسبه دقت نسبی اندازه‌گیری :

$$\frac{E}{D} = \frac{[KM_3N_3Cos(i+\varepsilon) - KM_1N_1Cosi]Cosi}{KM_1N_1Cos^2i}$$

زاویه استادیمتری آن قدر کوچک است که می توان فرض کرد: $M_3N_3 \cong M_1N_1$. پس :

$$\frac{E}{D} = \frac{Cos(i+\varepsilon) - Cosi}{Cosi}$$

که با بسط دادن $Cos(i+\varepsilon)$:

$$\frac{E}{D} = \frac{CosiCos\ \varepsilon - SiniSin\ \varepsilon - Cosi}{Cosi}$$
$$Cos\ \varepsilon \cong 1$$
$$\frac{E}{D} = -tgi\ .Sin\ \varepsilon$$

اگر شاخص به جلو خم شود جهت خطا عوض می شود پس:

$$\frac{E}{D} = \pm tgi \ .\varepsilon \qquad \text{یا} \qquad E = \pm Dtgi \ .\varepsilon$$

در زمین های دارای شیب زیادتر از 5^o برای دقت از ترازهای نبشی برای شاخص استفاده می کنند.

ت) تغییر طول استادیا(شاخص)

ممکن است تقسیمات شاخص دارای خطا باشد یا دراثررطوبت وحرارت طول شاخص تغییرکند با وجود این‌که ضریب انبساط چوب کم است.

۲-خطاهای اتفاقی

الف) خطای پارالاکس

یعنی عدم انطباق تصویر تارهای رتیکول و تصویر شاخص.

ب)خطای ایستگاه گذاری

چون عمل استقرار استادیمتر توسط شاقول صورت گرفته پس حتما خطایی خارج از ایستگاهی در اندازه‌گیری رخ می دهدمثلا استادیمتر به جای A در 'A مستقر شده و قراولروی A'B را داریم با در نظر گرفتن کوچکی ε:

$$\frac{AA'}{Sin\ \varepsilon} = \frac{A'B}{Sin\ \alpha}$$

$$AA' = A'B.\frac{Sin\ \varepsilon}{Sin\ \alpha}$$

$$\varepsilon = \alpha' - \alpha$$

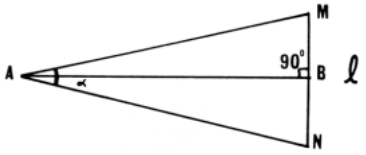
پ) خطای قرائت اعداد شاخص

ت)خطای قرائت زاویه

به طورکلی بارعایت تمام نکات،خطای حاصل درعمل فاصله‌یابی غیرمستقیم برای هر۱۰۰متر۱۰سانتی متر خواهد بود.

ب-پارالاکتیک

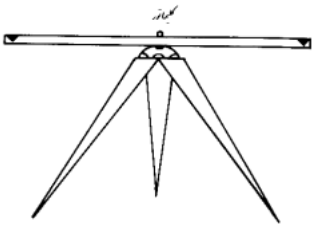
روش کاردراین روش برای اندازه‌گیری طول AB:در A زاویه سنجی قرارمی دهیم ودرB طولی را چنان انتخاب می کنیم که B وسط آن و عمود بر امتداد AB باشد. با فرض این که طول MN، l است، زاویه α اندازه‌گیری کرده و طول AB را با استفاده از رابطه زیر محاسبه می کنیم:



$$AB = \frac{1}{2} Cotg \frac{\alpha}{2}$$

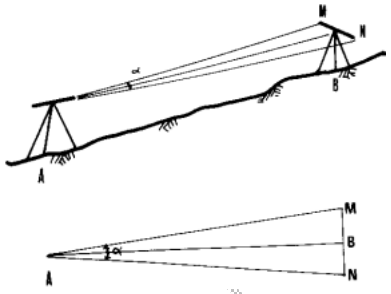
بر اساس این رابطه ابزاری به نام دستگاه پارالاکتیک یا میر افقی دو متری انوار ساخته شده است.

برای اندازه‌گیری با آن، زاویه سنجی را در نقطه A و در B پارالاکتیک را قرار می د هیم طوری که شاقول سه پایه آن از B بگذرد. برای این که پارالاکتیک عمود بر AB باشد از کلیماتور به نقطه A به دوربین نگاه می کنند. هرگاه دوربین و کلیماتور در یک راستا قرار گرفتند، پارالاکتیک بر امتداد AB عمود می شود.



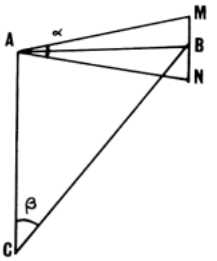
با اندازه‌گیری زاویه بین دو سر دستگاه که توسط راس مثلث مشخص شده می توان طول AB را از

فرمول یاد شده به دست آورد.



برای بررسی خطای این روش از $D = \frac{1}{2} Cotg \frac{\alpha}{2}$ دیفرانسیل می گیرند. در آخر این مشخص می شود که دقت اندازه‌گیری α در اندازه‌گیری طول اثر قابل توجهی داردو با کوچک بودن آن تغییرات کتانژانت آن زیاد خواهد بود و لازم است که این زاویه به دقت اندازه‌گیری شود.

نکته بعد در مورد اندازه‌گیری فاصله به کمک طول مبنائی(Base) است که خود به روش پارالاکتیک اندازه‌گیری شده باشد. برای مثال در شکل،فرض بر آن که اندازه‌گیری طول AC به شکل مستقیم مشکل باشد



روش کار به این صورت است که AB را عمود بر AC انتخاب کرده و آن را به روش پارالاکتیک اندازه‌گیری کرده و چون داریم:

$$AB = b = \frac{1}{2} Cotg \frac{\alpha}{2}$$

باید زاویه β را اندازه‌گیری کنیم،پس دوربین را به نقطه C برده و آن را قرائت می کنیم و برای محاسبه AC=D از رابطه زیر استفاده می کنیم:

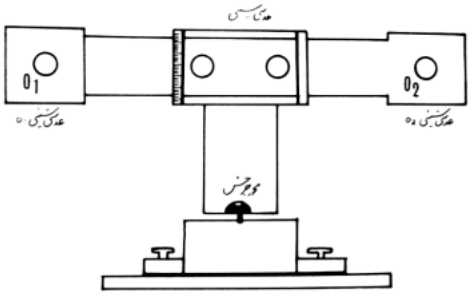
$$AC = D = bCotg\,\beta \Rightarrow AC = D = \frac{1}{2} Cotg \frac{\alpha}{2} \cdot Cotg\beta$$

پ-تله متری

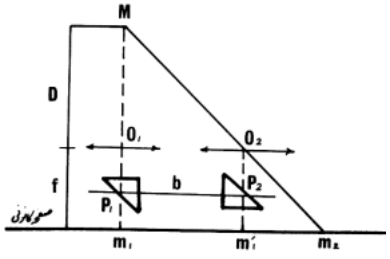
تله مترها ابزاری هستند که عموما از دو عدسی شیئی مشابه که به فاصله ثابتی از هم قرار دارند ساخته شده اند. این فاصله ثابت را مبنا یا باز تله متر می نامند. این ابزاربه صورت غیرمستقیم فواصل ۵۰ تا ۱۰۰۰ متری را اندازه‌گیری می کنند.

این دستگاه دارای لمب افقی و قائم برای اندازه‌گیری سمت و اختلاف ارتفاع هم هست. در ساخت این ابزار از روابط ریاضی منشورها و عدسی ها بهره گرفته شده است.

درشکل b همان فاصله ثابت است.برای اندازه‌گیری طول باآن، برای مثال طول AM دستگاه را در A قرار داده و با چرخش دستگاه حول محورچرخش یکی ازعدسی ها مثلا عدسی شیئی O_1راطوری قرارمی دهیم که امتدادآن برامتداد O_1O_2 عمود باشد.



چونMفاصله زیادی باعدسی ها دارد، فاصله آن بی نهایت فرض می شودوتصویرآن درصفحه کانونی عدسی های شیئی تشکیل می شود.پس تصویر نقطه M در عدسی O_1نقطه m_1 و در عدسی O_2نقطه m_2 خواهد بود. اگر در مقابل هر کدام از عدسی ها یک منشور قائم الزاویه ۴۵ درجه قرار داده شود تصویر m_1 به m_1' منتقل می شود و از تشابه دو مثلث O_1MO_2 و $m_1'O_2m_2$ می توان نوشت:



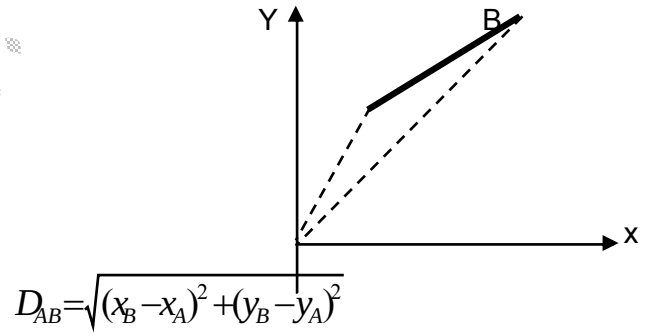
$$\frac{O_1O_2}{m_1'm_2}=\frac{O_1M}{O_2m_1'}\Rightarrow\frac{b}{m_1'm_2}=\frac{D}{f}\Rightarrow D=\frac{b.f}{m_1'm_2}$$

پس با اندازه‌گیری m_1m_2می توان فاصله راحساب کرد.برای این کار ازشاخص وورنیه ای که درعدسی چشمی سمت چپ میتوان استفاده کرد.ازاین روش کم استفاده می شود چراکه دقت این روش یک صدم است وسرعتش کم می باشد.

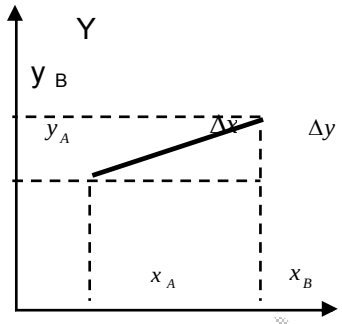
۴)محاسبه ای و ترسیمی

اگر مختصات کارتزین یا قطبی ابتدا و انتهای پاره خطی مشخص باشد می تولن طول پاره خط را با استفاده از دو رابطه زیر مشخص کرد.

$$D_{AB}=\sqrt{r_A^{\,2}+r_B^{\,2}-2r_Ar_B\cos(\theta_A-\theta_B)}$$



$$D_{AB}=\sqrt{(x_B-x_A)^2+(y_B-y_A)^2}$$



هنگامی که سه زاویه و یک ضلع از مثلثی معلوم باشد با استفاده از روابط سینوسها می توان دو ضلع باقی مانده را محاسبه کرد:

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$

هنگامی که دو ضلع وزاویه بین مثلثی معلوم باشد با استفاده از روابط کسینوسها می توان ضلع سوم را محاسبه کرد:

$$a = \sqrt{b^2 + c^2 - 2bc.\cos\hat{A}}$$

هنگامی که مقیاس نقشه ای معلوم باشد با اندازه‌گیری فاصله بین دونقطه روی نقشه وضرب درعدد مقیاس می توان فاصله افقی دو نقطه را محاسبه نمود.