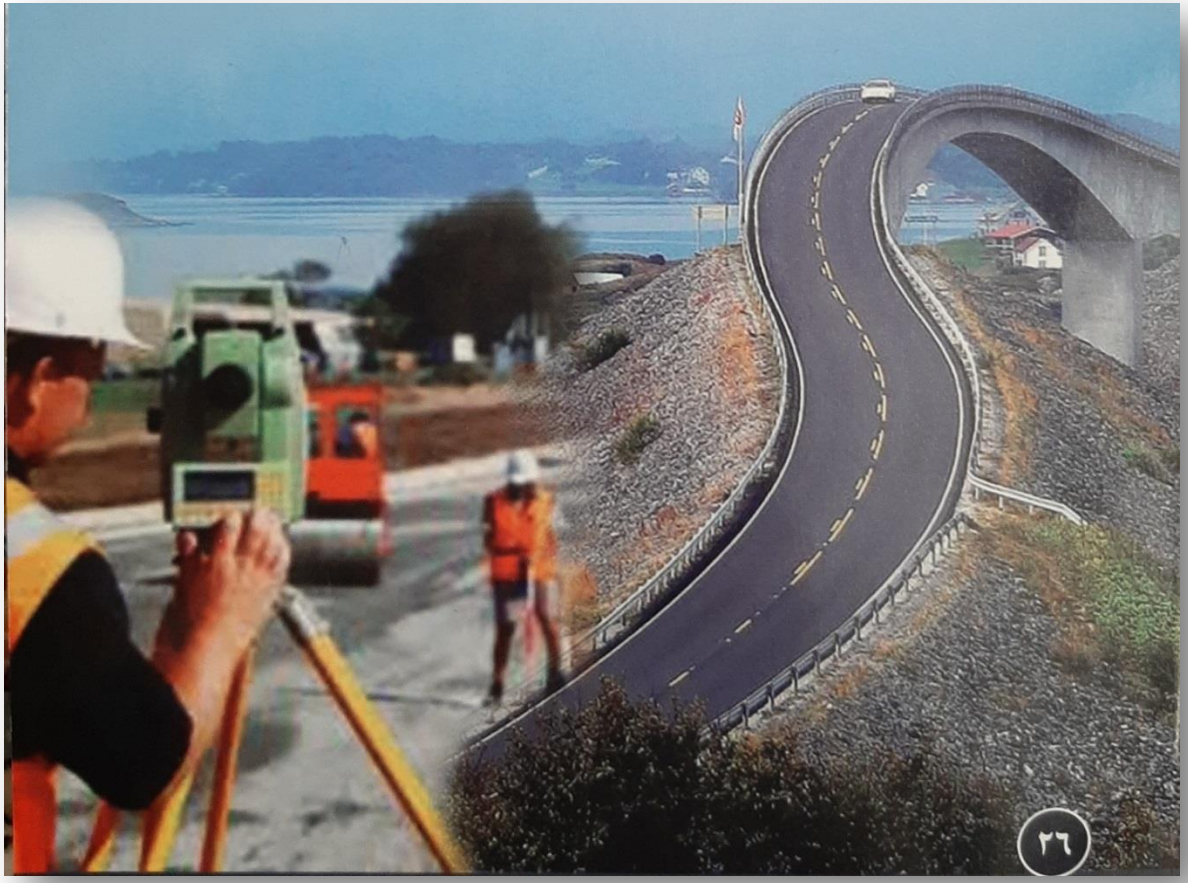
نقشه برداری مهندسی



دکتر صالح عبدالهی

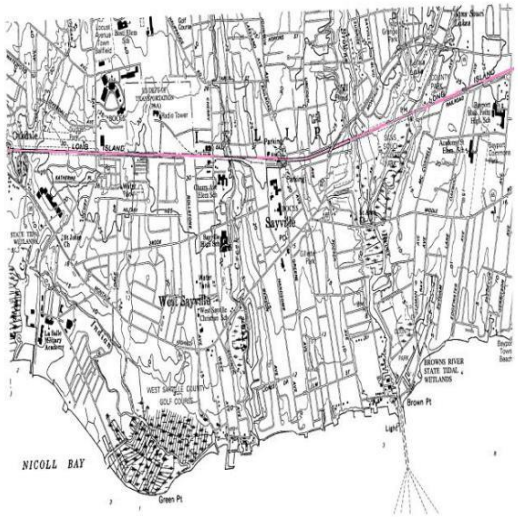
دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان

فهرست مطالب

7) فاصله یابی اپتیکی

- روش استادیمتری
- فاصله یابی به روش پارالاکتیک
- فاصله یابی توسط امواج الکترومغناطیس

هدف از نقشه برداری

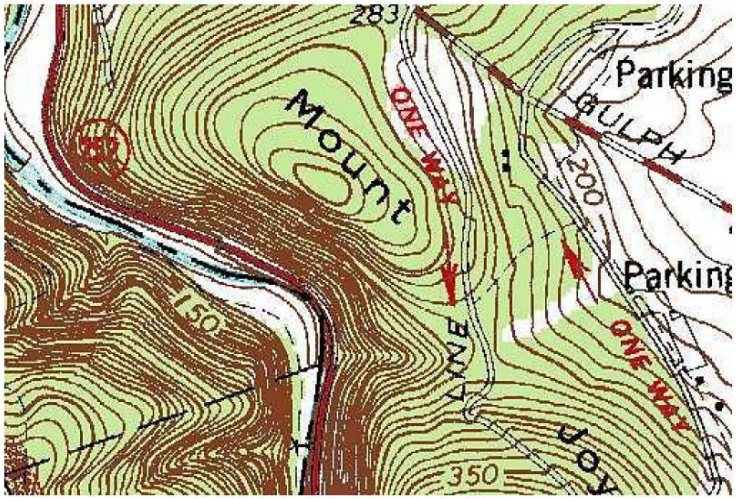


(۱) **چنانچه هدف تهیه نقشه مسطحه باشد:**

(الف) فواصل افقی بین نقاط اندازه گیری شوند

(ب) زوایای افقی بین نقاط اندازه گیری شوند

(۲) **چنانچه هدف تهیه نقشه توپوگرافی باشد:**



(الف) + (ب)

(ج) ارتفاع نقاط نیز اندازه گیری شوند

اندازه گیری طول

- پیمودن فاصله بین دو نقطه مانند A و B را با یک واحد، **اندازه گیری فاصله** می گویند.

- اندازه گیری فاصله عملی است که در نقشه برداری دائما مورد استفاده قرار می گیرد و طبق تعریف نقشه، بایستی فواصل اندازه گیری شده روی زمین به صورت افقی باشد و یا اینکه با محاسبات لازم طول های اندازه گیری شده غیر افقی را تبدیل به طول افقی نمود.

اندازه گیری طول

اندازه گیری طول به عنوان مبنای برداشت ها در نقشه برداری از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

واحد اندازه گیری فاصله **متر** است که در حدود **یک چهل میلیونم محیط نصف النهار** است.

علاوه بر متر، واحدهای دیگری نیز در برخی کشورها بکار برده می شود، نظیر:

یارد (1 m=1.093 Yard)، **فوت** (1 m=3.28 Feet)، **اینچ** (1 m=39.37 Inch).

روش های اندازه گیری طول:

- روش های **محاسباتی و مثلثاتی**
- روش های **مستقیم**
- روش های **غیر مستقیم** (استفاده از دستگاه های اپتیکی، الکترونیکی، و الکترو اپتیکی)

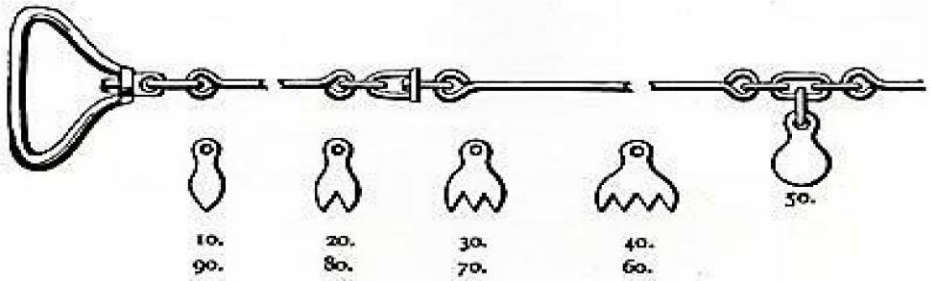
روش های اندازه گیری طول:

روش های مستقیم

اندازه گیری با قدم: در مواردی که شیب زمین زیاد نباشد و به دقت زیادی دراندازه گیری نیاز نباشد از این روش استفاده می شود . اگر زمین هموار بوده و شخص نیز با تجربه باشد، دقت این روش ۱/۱۰۰ است.

اندازه گیری با چرخ غلطان: با توجه به تعداد دور چرخش و مقدار محیط چرخ، مقدار طول طی شده مشخص می شود. دقت نسبی اندازه گیری در این روش 1/200 می باشد.

اندازه گیری با زنجیر مساحی: استفاده از زنجیری از مفتولهای با طول ۲۰- ۲۵ سانتیمتر که با حلقه هایی به هم متصل شده اند و دارای فیش هایی برای نشانه گذاری می باشد. دقت نسبی اندازه گیری با این وسیله به حدود 1/1000 می رسد.



روش های اندازه گیری طول:

- روش های غیر مستقیم (استفاده از دستگاه های اپتیکی، الکترونیکی، والکترو اپتیکی)

دستگاه های اپتیک:

- ✓ روش های **استادیمتری** (که در فصل های بعدی توضیح داده خواهد شد)
- ✓ روش های **محاسباتی** (که در بخش مساحی به برخی ازآنها اشاره خواهد شد)

دستگاهای الکترونیکی و الکترو اپتیکی

در این روش ها با ارسال امواج الکترومغناطیس و انعکاس آنها از رفلکتورها با استفاده از زمان رفت و برگشت امواج و اختلاف فاز امواج بازگشتی فاصله را محاسبه می کنند.

- دقت و کارایی اندازه گیری طول به کمک این روش ها مناسب تر از سایر روش ها است.
- فاصله یاب های الکترونیکی در وضعیت نامساعد جوی نیز بخوبی کار می کنند.
- انواع اشتباهات و خطاهای انسانی و دستگاهی در فاصله یابهای الکترونیکی حذف شده اند.

اندازه گیری طول

روش های غیرمستقیم :

- در این روش ها فاصله بین دو نقطه بدون اینکه مستقیما توسط یکه ای پیموده شود، با انجام اندازه گیری ها و معلومات قبلی بدست می آید.
- اندازه گیری به روش غیر مستقیم خود به روش های متفاوتی انجام می شود :

الف) استادیمتری (Stadimetry)

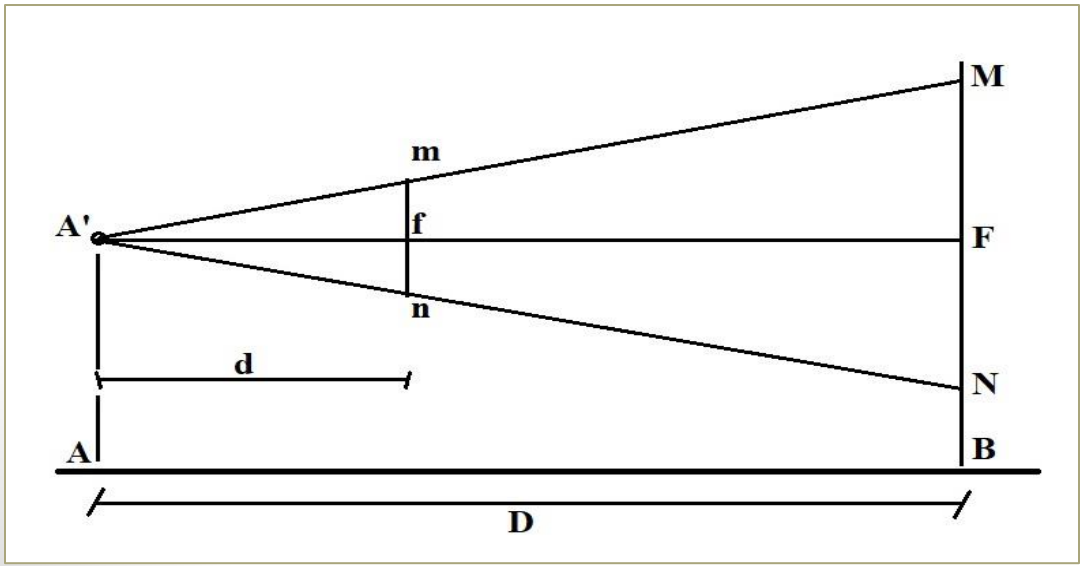
ب) پارالاتیک (Para lactic)

پ) امواج الکترومگنتیک (فاصله یاب های الکترونیک)

اندازه گیری طول با روش های غیرمستقیم

روش استادیمتری :

- اساس این روش قضیه تالس می باشد.
- هدف اندازه گیری فاصله AB می باشد. در نقطه B شاخص یا میر بطور قائم نگه داشته می شود. در فاصله d از A یک خط کش بطول mn موازی میر قرار داده می شود. از نقطه A' قائم بر نقطه A به دو سر خط کش پرتو به میر تابانده می شود و دو نقطه M و N نمایان می گردد. با تشابه دو مثلث A'mn و A'MN نتیجه زیر حاصل می شود:

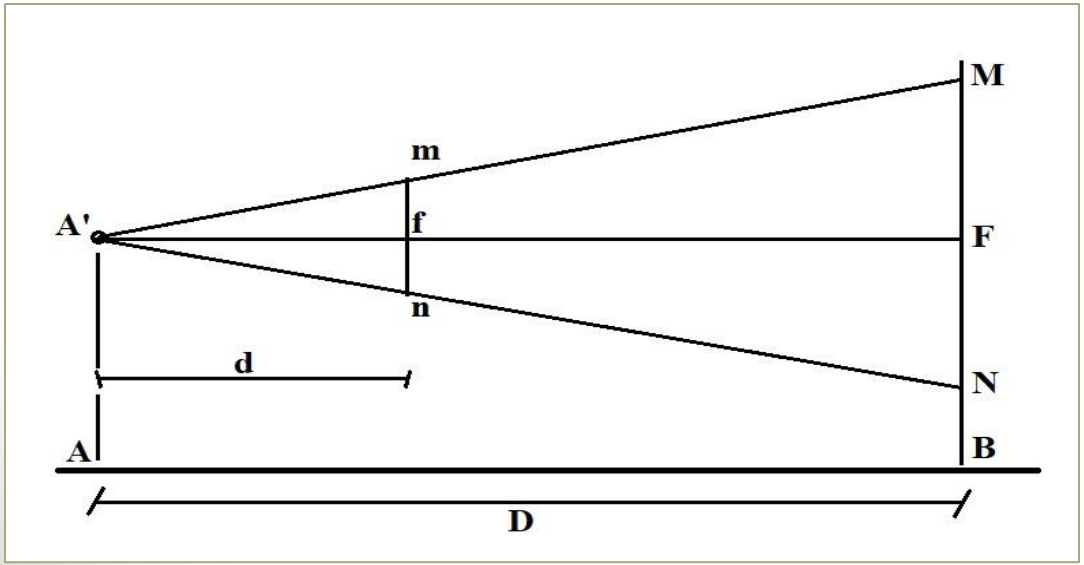


$$D = AB = \frac{d}{mn} . MN$$

اندازه گیری طول با روش های غیرمستقیم

روش استادیمتری :

- با معلوم بودن d و mn و با اندازه گیری MN می توان فاصله AB با بدست آورد (این حالت را استادیمتری با زاویه ثابت می گویند، چون زاویه A’ ثابت است).
- اگر مقادیر d و MN و یا مقادیر MN و mn معلوم و ثابت باشند، در این حالت استادیمتری با زاویه متغیر خواهد بود.
- سازندگان ابزار نقشه برداری با استفاده از روابط بالا دوربین های مختلفی ساخته اند.



$$D = AB = \frac{d}{mn} . MN$$

روش استادیمتری با زاویه ثابت :

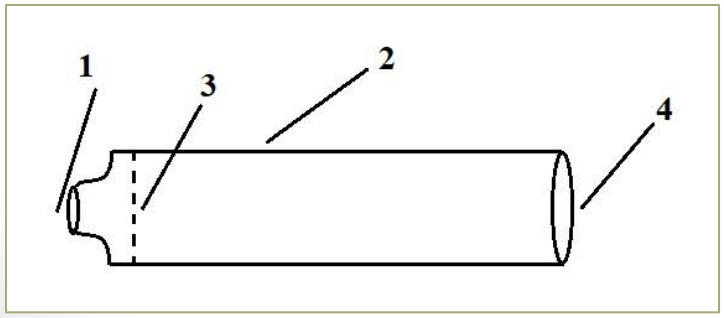
- در تلسکوپ های نقشه برداری اعم از ترازیاب و یا زاویه یاب جهت اندازه گیری زاویه، اختلاف ارتفاع و یا فاصله، اجزا زیر وجود دارند :

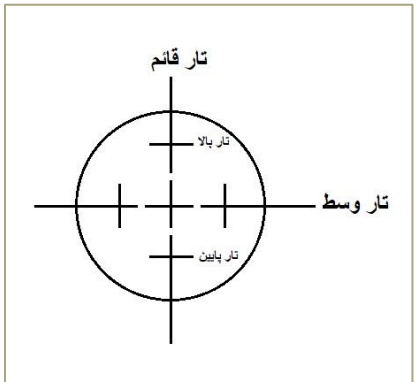
۱. عدسی چشمی که ممکن است از چند عدسی محدب تشکیل شده باشد.

۲. بدنه یا لوله که با توجه به دقت و بزرگنمائی دوربین ممکن است چندین عدسی و منشور در آن وجود داشته باشد.

۳. صفحه تارهای رتیکول که معمولا از شیشه ایست با ضریب شکست بسیار ناچیز که تارهای بسیار ظریفی که بدون چشم مسلح قابل رویت نمی باشند. چنانچه ملاحظه می شود، در روی صفحه، تارهای رتیکول طوری تعبیه شده اند که برای اندازه گیری فاصله از میرهای افقی نیز می توان استفاده نمود.

۴. عدسی شیئی

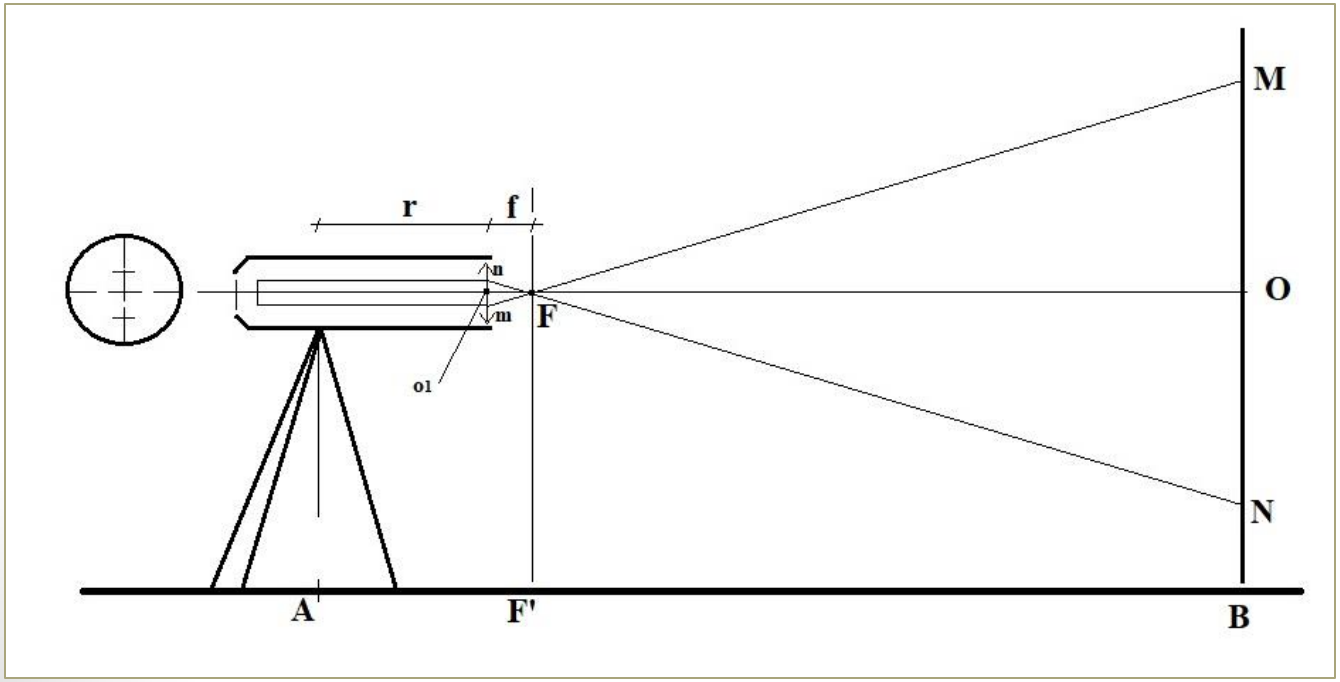




روش استادیمتری با زاویه ثابت :

- **حال جهت اندازه گیری فاصله AB :**

1. در نقطه Bیک شاخص بطور قائم قرار می دهیم.
2. دستگاه تئودلیت را در نقطه A مستقر می نماییم.
3. بعد از قراولروی به نقطه B پرتوهای نورانی، تارهای رتیکول میر را روی اعداد M و N قطع می نمایند.

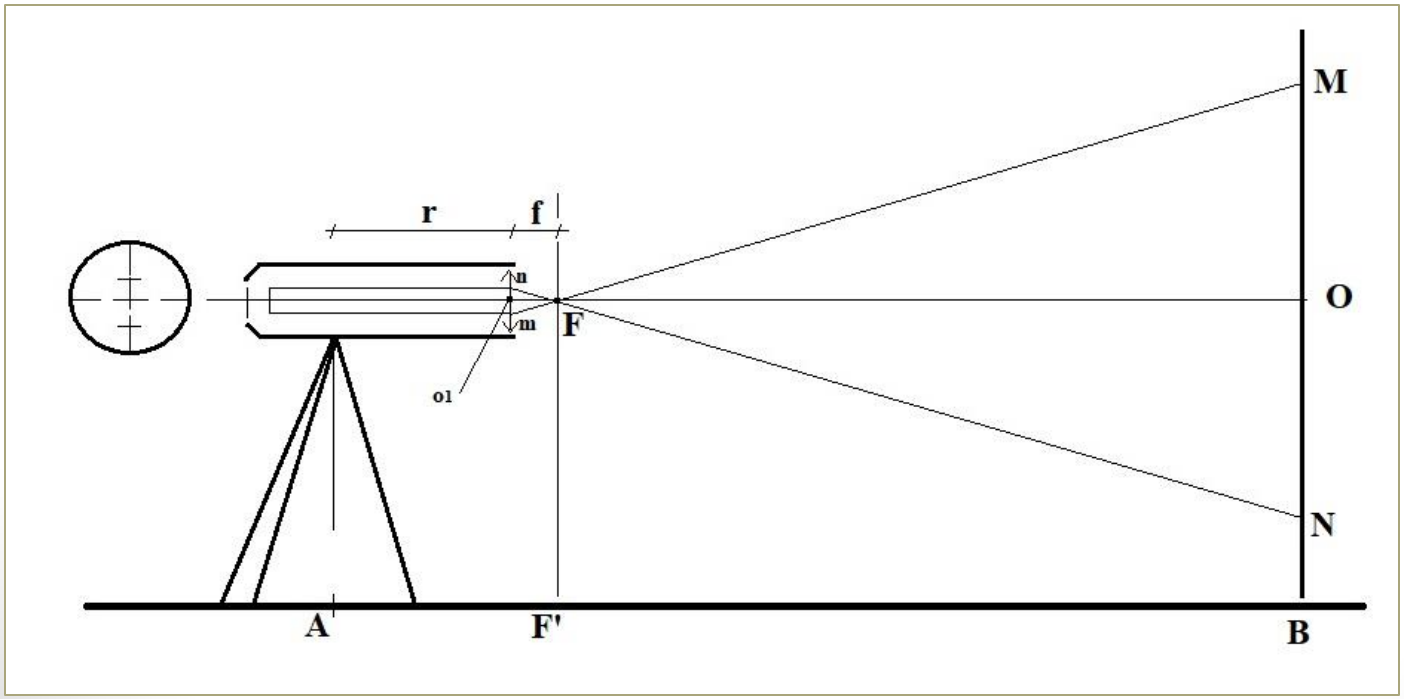


روش استادیمتری با زاویه ثابت :

- با توجه به تشابه دو مثلث **mnF** و **MNF** می توان داشت :

$$\frac{FO_1}{FO} = \frac{mn}{MN}$$

$$FO = \frac{FO_1}{mn} \times MN$$

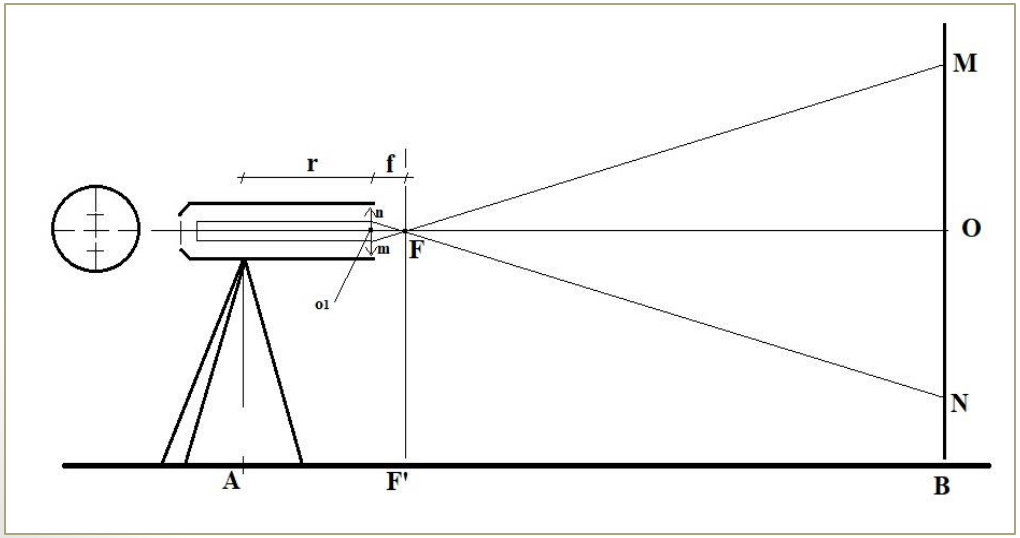


روش استادیمتری با زاویه ثابت :

- در این رابطه FO1 برابر فاصله کانونی عدسی شیئی و مقدارش ثابت است.
- mn فاصله تار بالا تا تار پایین و مقدارش معلوم است.
- در نتیجه FO1/mn مقداری ثابت و برابر K می باشد که ضریب استادیمتری و مقدارش در دوربین ها معمولا ۱۰۰ می باشد که برابر Cot زاویه ω است.
- یعنی : $\tan \omega = 1/100$

$$\frac{FO_1}{FO} = \frac{mn}{MN}$$

$$FO = \frac{FO_1}{mn} \times MN$$



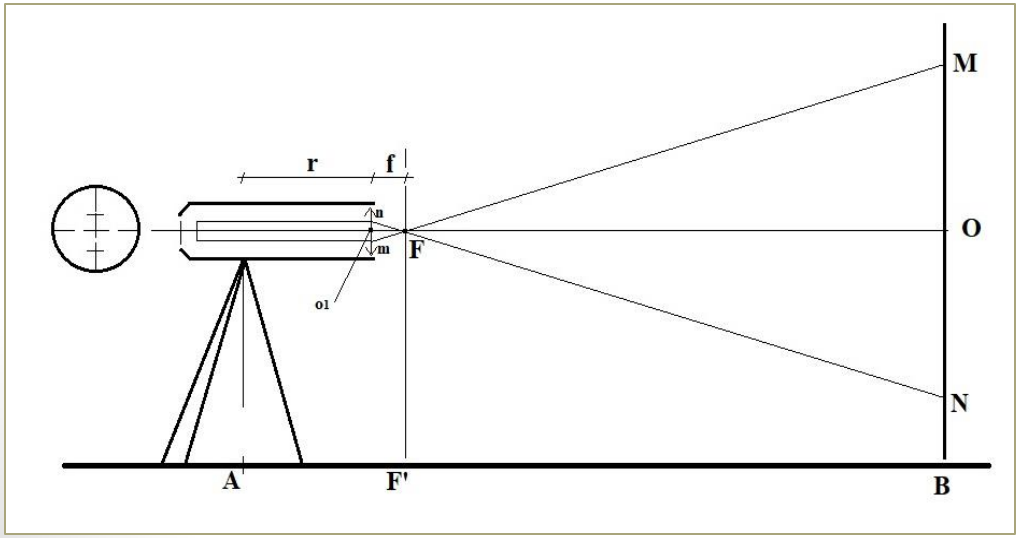
روش استادیمتری با زاویه ثابت :

- اعداد M و N از روی شاخص قرائت می شوند. با توجه به معلومات فوق فاصله F'B = FO و با توجه به شکل طول AB با اضافه کردن فاصله کانونی عدسی شیئی f و فاصله عدسی تا مرکز محور قائم تلسکوپ حاصل می شود.

$$AB = f/mn \,.\, MN + (f+r) = K.MN + (f+r)$$

- مقدار f+r را به C و تصحیح راشنباخ می گویند:

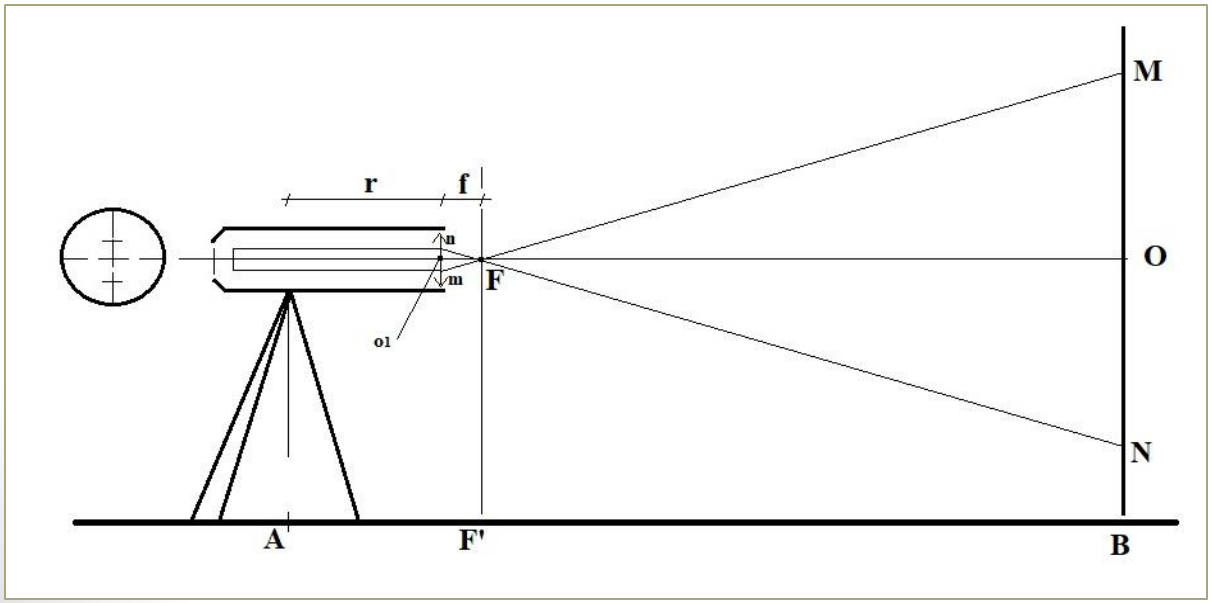
$$AB = K.MN + C$$



روش استادیمتری با زاویه ثابت :

- در دوربین های جدید با بکار بردن عدسی واگرا و سایر وسایل اپتیکی در تلسکوپ های دوربین، مرکز آنالاتیسم دوربین را به مرکز تلسکوپ منطبق کرده و مقدار C را برابر صفر می کنند.
- به این نوع دوربین های نقشه برداری دوربین آنالاکتیک می گویند.

$$AB = K.MN$$

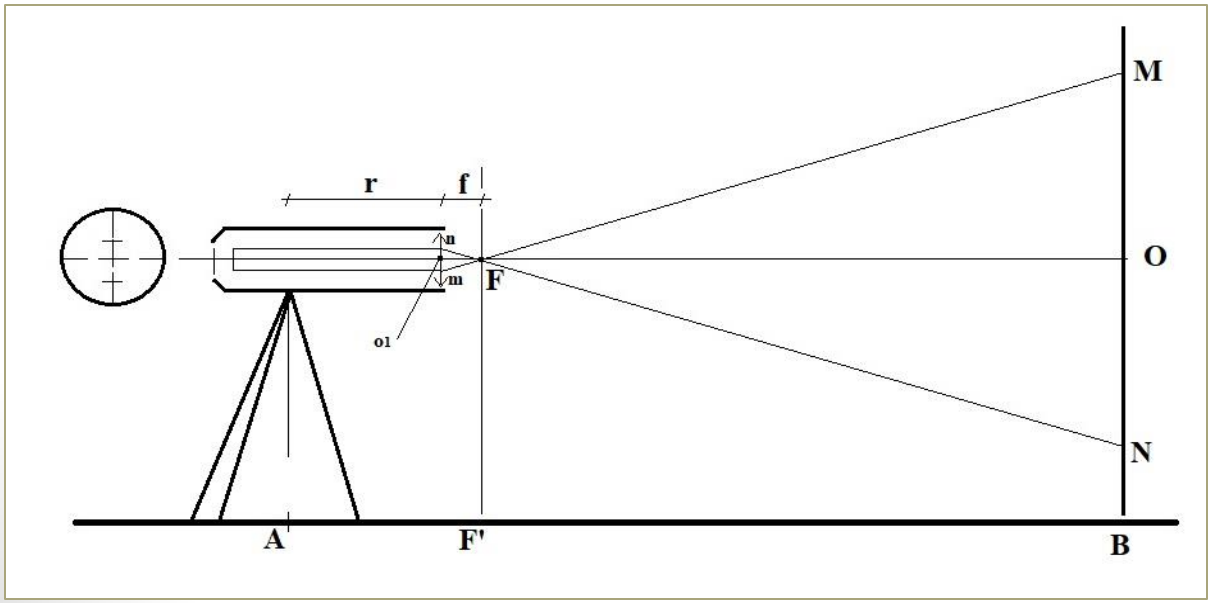


روش استادیمتری با زاویه ثابت :

$$AB = K.MN$$

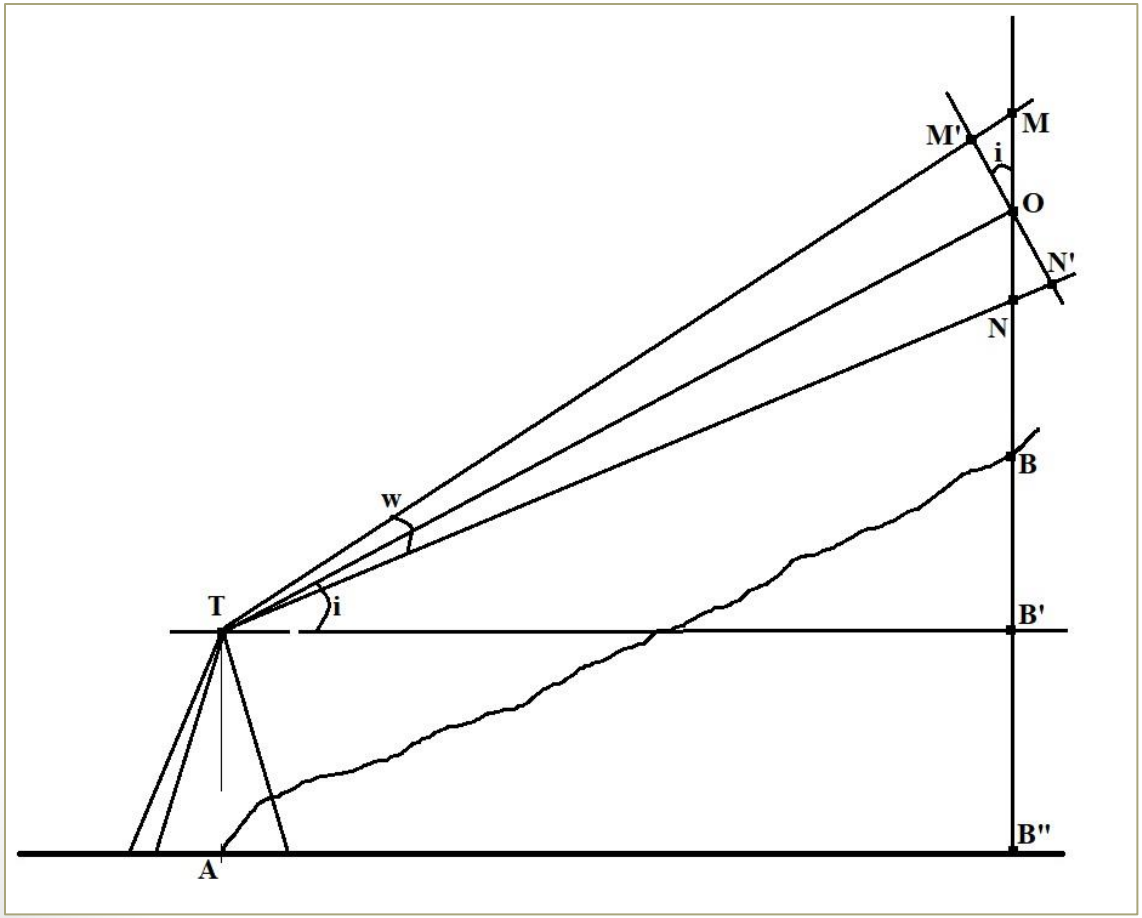
مثال:برای اندازه گیری فاصله افقی بین دو نقطه C وD به ترتیب پس از استقرار دوربین تارهای بالا و پایین روی میر را برابر ۳۹۸۵و ۲۹۳۰ قرائت کرده ایم مطلوب است فاصله افقی CD در صورتی که ضریب استادیمتری ۱۰۰ باشد.

$$D_H = K \times L$$
$$L = 3985 - 2930 = 1055 \ mm$$
$$D = 100 * 1.055 = 105.5 \ m$$



روش استادیمتری در زمین شیب دار:

- در زمین شیب دار محور دیدگانی به میر عمود نمی باشد و زاویه i را می سازد.
- هدف اندازه گیری طول افقی AB یعنی "AB یا 'TB است.



روش استادیمتری در زمین شیب دار:

زاویه i توسط تئودلیت قرائت می شود:

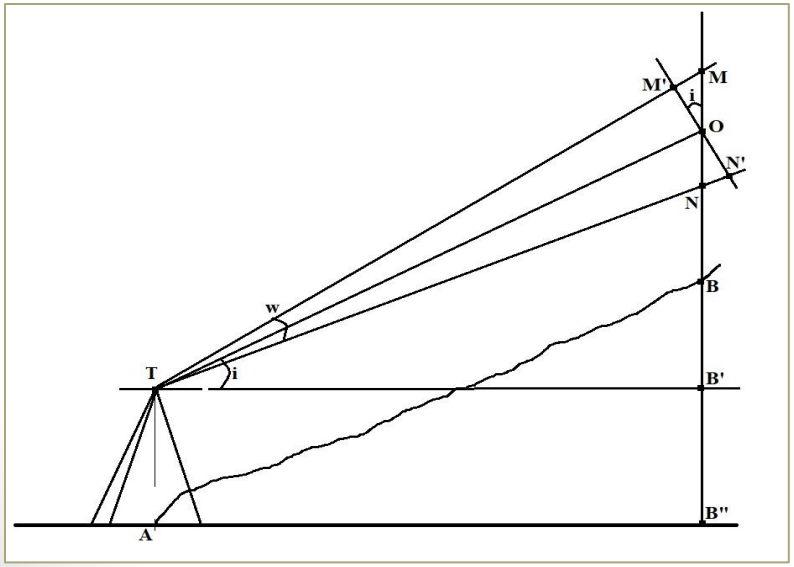
$TB' = AB'' = TOCosi$

با توجه به فرمول قسمت قبل:

$TO = KM'N' + C$

اگر مقدار M'N' را بدست بیاوریم مسئله حل می باشد.

در مثلث OMM' زاویه O برابر i می باشد (چون اضلاع برهم عمودند. از طرفی چون زاویه استادیمتری ω کوچک و برابر 100/1 رادیان می باشد تقریبا می توان مثلث OMM' را قائم فرض کرد.



روش استادیمتری در زمین شیب دار:

در نتیجه $OM' = OM \cos i$

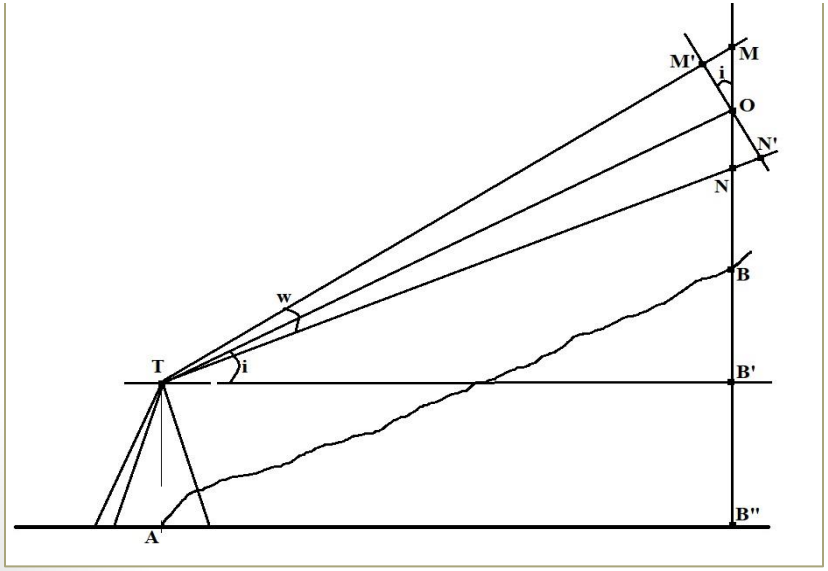
به همان دلیل در مثلث ONN' نیز داریم $ON' = ON \cos i$

در نتیجه $M'N' = OM' + ON' = OM \cos i + ON \cos i = MN \cos i$

مقدار $M'N'$را قرار می دهیم $TO = K.\ MN.\ \cos i + C$

مقدار TOرا قرار می دهیم $AB = TB' = AB'' = KMN \cos^2 i + C \cos i$

اگر دوربین آنالاکتیک باشد طول افقی برابر است با $D_h = AB = K.MN.\ \cos^2 i$

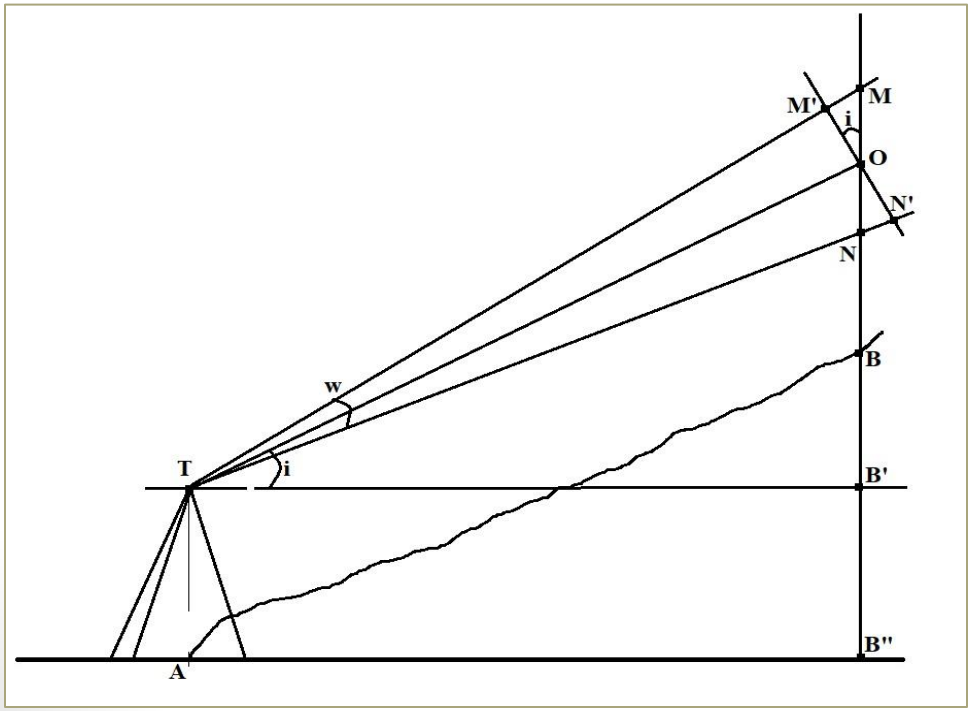


روش استادیمتری در زمین شیب دار:

مثال :چنانچه βبرابر ۴۰ درجه و قرائت تارهای بالا و پایین به ترتیب ۳۸۴۰و۱۹۸۵ باشد فاصله افقی بین دو نقطه را حساب کنید.

$$D_H = 100 L Cos^2 \beta \qquad L = ۳۸۴۰ - ۱۹۸۵ = ۱۸۵۵$$

$$D_H = 100 \times \frac{1855}{1000} Cos^2 40 = 108.85$$



پیدا کردن اختلاف ارتفاع به طریق استادیمتری

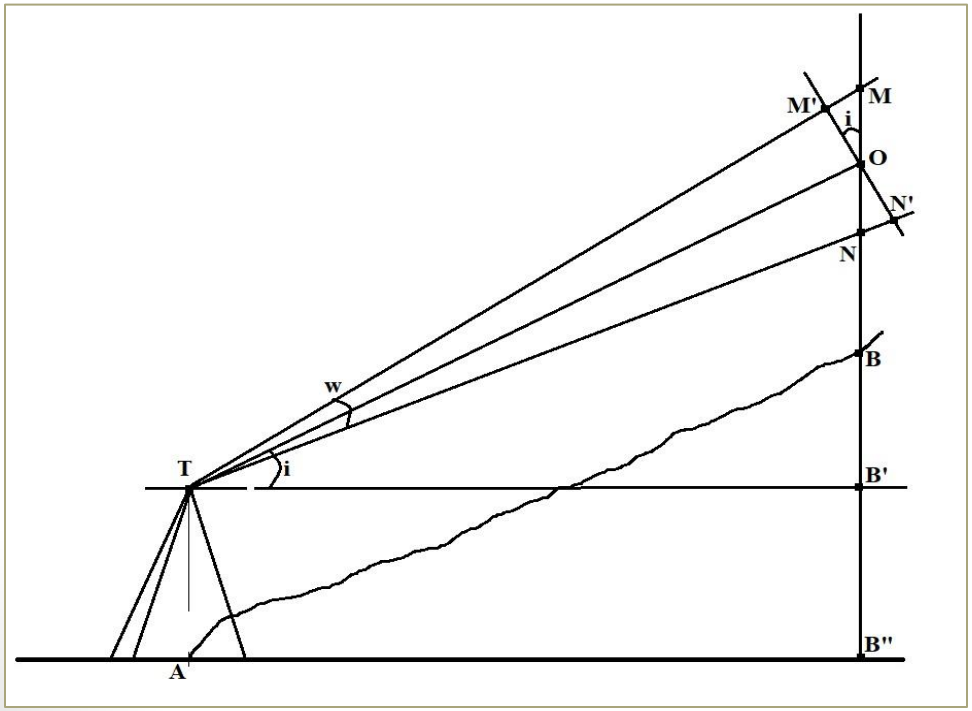
- با توجه به شکل می توان اختلاف ارتفاع بین دو نقطه A و B را محاسبه نمود.

$\Delta h_{AB} = BB'' = OB' + B'B'' - OB$

$OB' = TO.\sin i = (K.MN.\cos l + C)\sin i$

$OB' = K.MN.\sin i \cos l + C.\sin i$

$B'B'' = TA = h_i$



پیدا کردن اختلاف ارتفاع به طریق استادیمتری

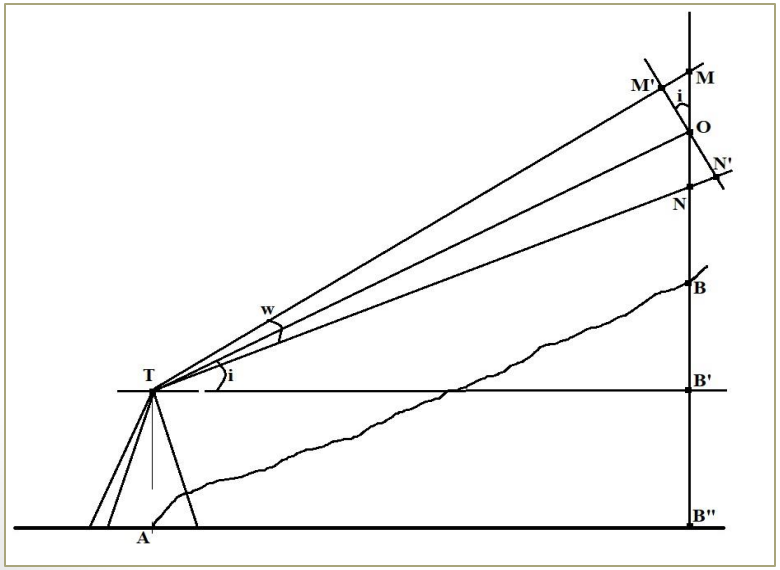
ارتفاع دستگاه از نقطه A می باشدکه می توان آن را با یک متر معمولی اندازه گرفته شود.

که قرائت تار وسط یا ارتفاع علامت می گویند $OB = h_s$

بنابراین $\Delta h_{AB} = K.MN.Sini\ Cosi + C\ Sini + h_i - h_s$

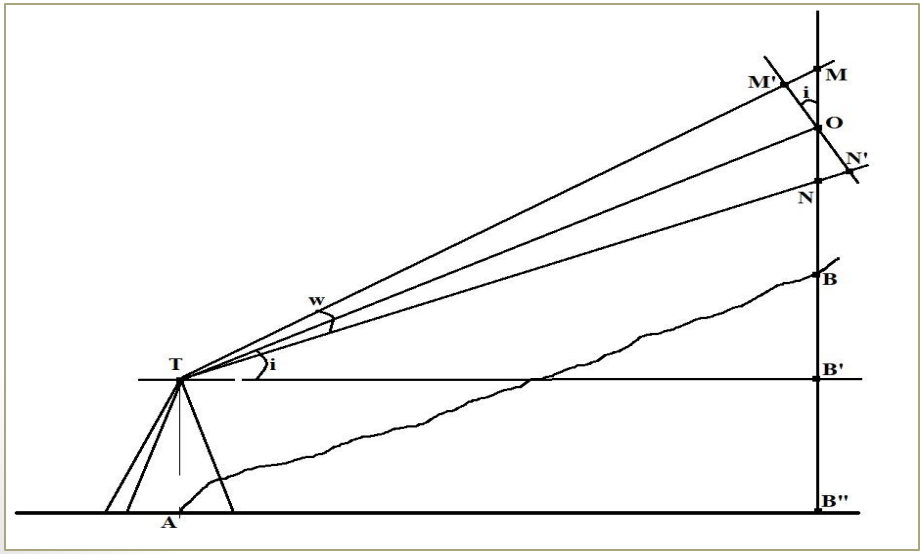
اگر دوربین آنالاکتیک باشد: $\Delta h_{AB} = K.MN.Sini\ Cosi + h_i - h_s$

اگر تار وسط روی میر به اندازه ارتفاع دوربین بسته شود: $\Delta h_{AB} = 1/2\ K.MN.Sin2i$



پیدا کردن اختلاف ارتفاع به طریق استادیمتری

- در نتیجه برای راحتی محاسبات مربوط به روش استادیمتری می توان به هنگام عملیات نقشه برداری اعمال زیر را انجام داد:
- تار وسط را برابر ارتفاع دستگاه قرار داد ($h_i - h_s = 0$)
- در زمین های کم شیب می توان i را برابر ۰ قرار داد ($Sini\ Cosi = 0$ و $Cos^2i = 1$)
- تار پایین را روی عدد ثابتی (مانند ۱۰۰۰ میلیمتر) قرار داد، در نتیجه تفاضل تار بالا و پایین براحتی انجام می گیرد و پر کردن جداول تاکیومتری در سر زمین راحت تر و کنترل عملیات صحرایی نیز آسان تر می شود.



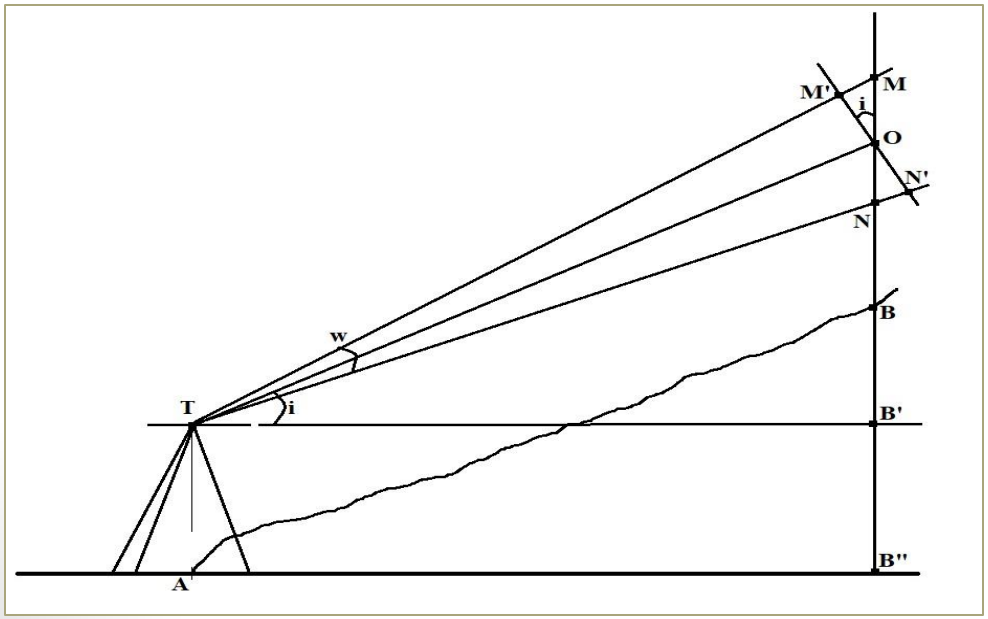
پیدا کردن اختلاف ارتفاع به طریق استادیمتری

$$\Delta h_{AB} = 1/2\ K.MN.Sin2i$$

مثال :

مطلوب است اختلاف ارتفاع دو نقطه A وB در صورتیکه تار بالا ۱۶۵۰ تار پایین ۱۴۰۰و تار وسط ۱۵۲۵ و زاویه قائم ۸ درجه باشد و ارتفاع دستگاه در نقطه A برابر ۱,۶ باشد .

$$\Delta H = 1/60 - 1/525 + \frac{1}{2} \times 100 \times \frac{1650 - 1400}{1000} \times Sin(16) = 3/520m$$



بررسی خطای روش استادیمتری

الف) خطاهای تدریجی

1. **خطای ناشی از انکسار** : عبور نور از مواد با چگالی متفاوت
2. **خطای قرائت** : شدت نور و درشت نمایی دوربین و توانایی چشم
3. **خطای قائم نبودن میر** : انحراف میر (استفاده از تراز بغل میر)
4. **خطای تغییر طول میر** : در اثر رطوبت و حرارت

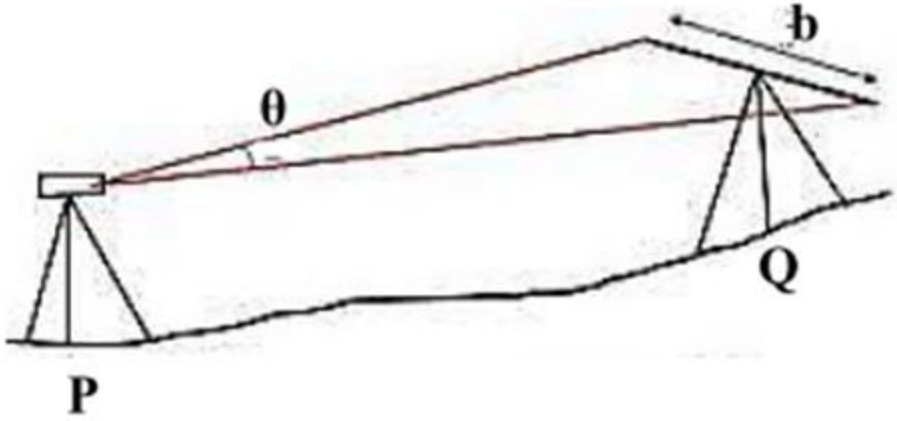
ب) خطاهای اتفاقی

1. **خطای پارالاکس** : ناشی از عدم انطباق تصویر تار رتیکول و تصویر میر
2. **خطای ایستگاه گذاری** : خطای شاقول گیری (استقرار خارج از ایستگاه)
3. **خطای قرائت میر** : شدت نور و درشت نمایی دوربین و توانایی چشم
4. **خطای قرائت زاویه قائم**

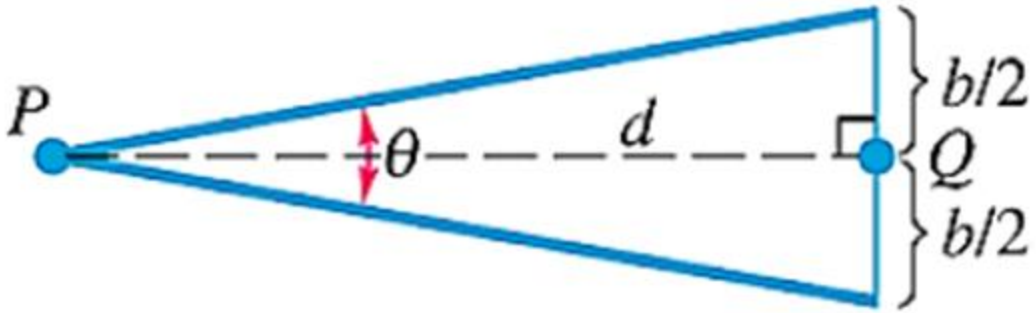
اندازه گیری طول به روش پارالاکتیک

- روش های غیر مستقیم : استفاده از میله سابتنس (Subtense Bar)

(روش پارالاکتیک)



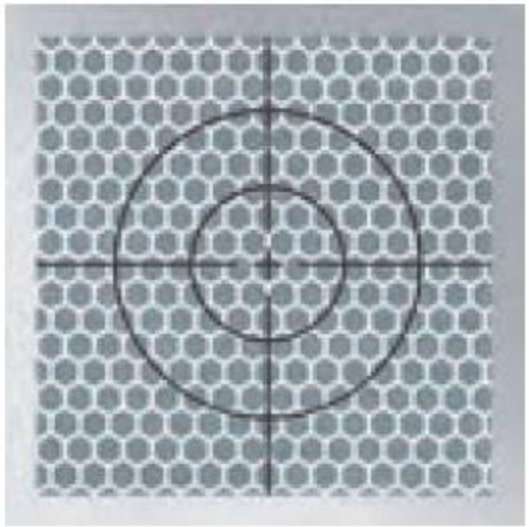
$$d = \frac{b}{2} \times \cot\left(\frac{\theta}{2}\right)$$



اندازه گیری طول توسط امواج الکترومگنتیک (EMR)

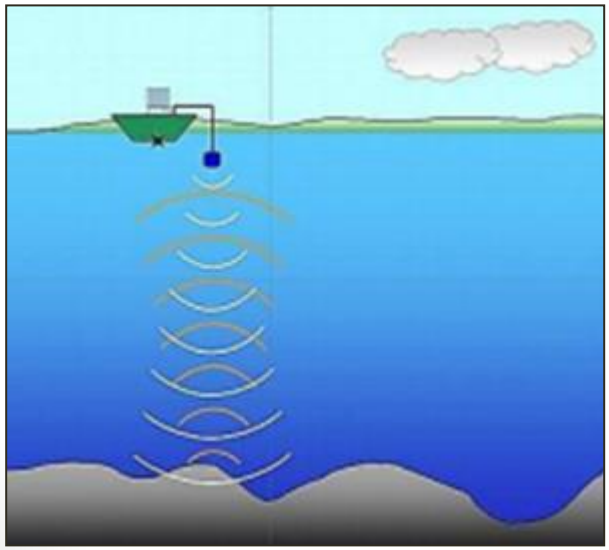
در روش اندازه‌گیری فاصله به صورت الکترونیکی دستگاه فاصله‌یاب به دو صورت مبتنی بر ۱- اندازه‌گیری زمان رفت‌وبرگشت موج و ۲- اندازه‌گیری اختلاف فاز موج ارسالی و برگشتی، فاصله بین دستگاه و نقطه مورد نظر را به‌دست می‌آورد.

در این روش جهت محاسبه طول AB دستگاه طولیاب که قابلیت ارسال و دریافت موج را دارد بر روی نقطهٔ A و وسیلهٔ منعکس‌کننده موج بر روی نقطهٔ B مستقر می‌شود. منعکس‌کننده موج وسیله‌ای است متشکل از چند منشور چندوجهی که موج ارسالی را در همان مسیر دقیقاً به‌سمت فرستنده موج برمی‌گرداند و به آن منشور یا رِفلکتور می‌گویند.



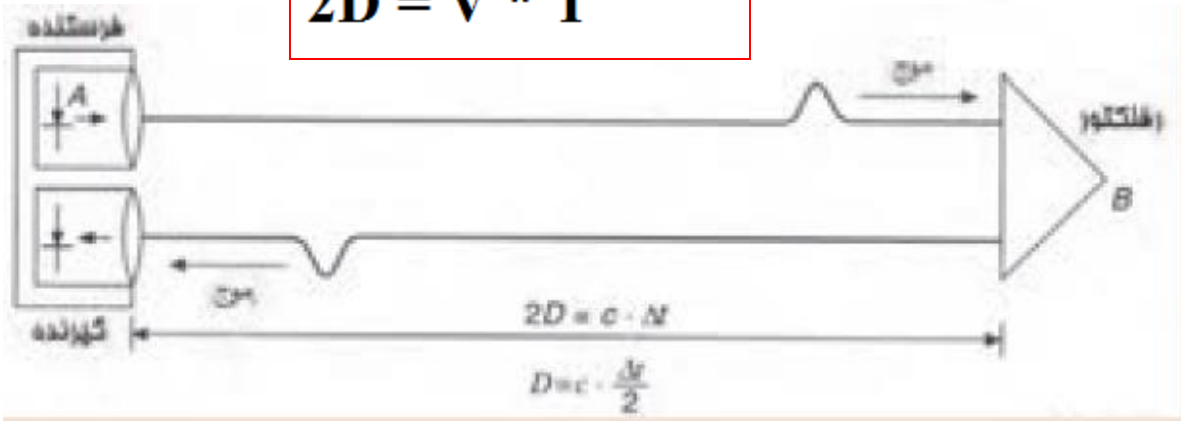
اندازه گیری طول توسط امواج الکترومگنتیک (EMR)

در روش اندازه‌گیری الکترونیکی فاصله مبتنی بر زمان، موج مشخصی به سمت رفلکتور توسط فرستنده دستگاه ارسال شده و پس از برخورد موج به رفلکتور، موج ارسالی به سمت دستگاه برمی‌گردد و توسط گیرنده دستگاه دریافت می‌شود. در این حالت زمان رفت‌وبرگشت اندازه‌گیری شده و با توجه به سرعت موج ارسالی فاصله محاسبه می‌شود. شکل زیر ساختار این نوع دستگاه‌ها را نشان می‌دهد.



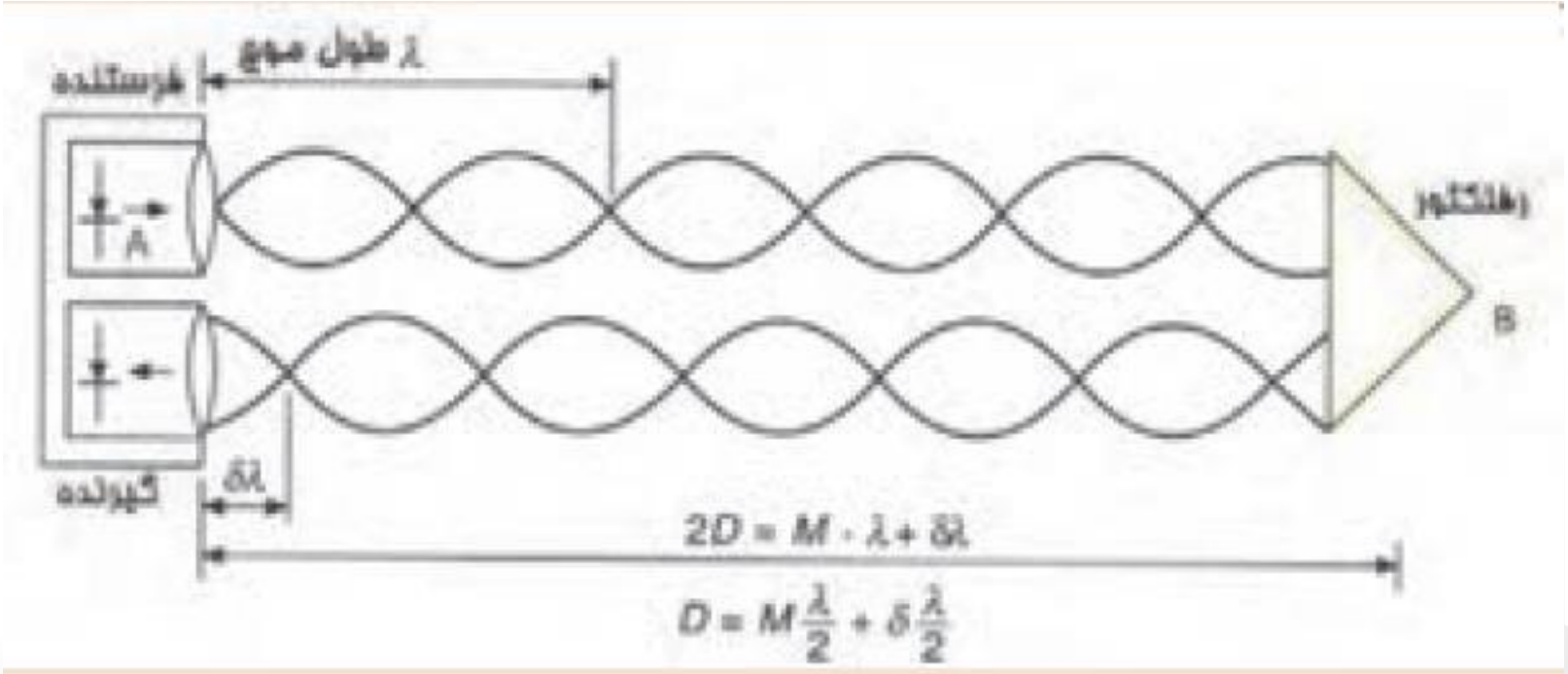
$$D = 1/2 (V * T)$$

$$2D = V * T$$

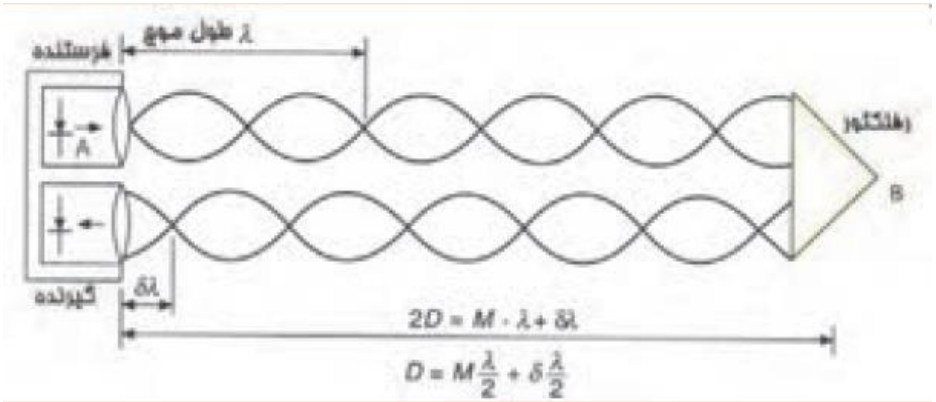


اندازه گیری طول توسط امواج الکترومگنتیک (EMR)

روش اختلاف فاز، فاز موج ارسالی و فاز موج دریافتی حاصل توسط یک فازیاب داخل دستگاه طولیاب مقایسه می‌شوند. شکل زیر ساختار دستگاه‌های طولیاب مبتنی بر اختلاف فاز را جهت اندازه‌گیری فاصله نشان می‌دهد:



اندازه گیری طول توسط امواج الکترومگنتیک (EMR)



مطابق شکل فوق در روش مبتنی بر اختلاف فاز، توسط دستگاه، تعداد امواج کامل شمارش شده و اختلاف فاز نیز اندازه‌گیری می‌شود. در فرمول فوق، λ طول موج، M تعداد موج کامل و $\delta\lambda$ طول موج ناقص می‌باشد.

دقت اندازه‌گیری طول در طولیاب‌ها به‌صورت m+n ppm بیان می‌شود که در آن m مقدار ثابت بر حسب میلی‌متر و n بیان‌کننده، n میلی‌متر خطا در یک کیلومتر است. به عبارت دیگر اندازه‌گیری طول با این طولیاب دارای خطای ثابت m میلی‌متر بوده و در هر کیلومتر اندازه‌گیری فاصله، n میلی‌متر خطا وجود دارد.

به‌عنوان مثال اگر دقت اندازه‌گیری طول با یک طولیاب برابر ۳+۲ ppm باشد. دقت اندازه‌گیری یک طول ۴/۵ کیلومتری با این نوع طولیاب چند میلی‌متر است.

$$e = ۳ + ۲ \times ۴/۵ = ۱۲ \text{ mm}$$

اندازه گیری طول توسط امواج الکترومگنتیک (EMR)

اخیراً، فاصله‌یاب‌های لیزری ساخته شده که نیازی به رفلکتور ندارد و امواج لیزر پس از برخورد به هدف منعکس می‌شود. این قابلیت در دوربین‌های توتال‌استیشن دسترسی به نقاط سخت و غیرممکن را امکان‌پذیر می‌سازد و مهم‌تر از همه اینکه نیروی انسانی اضافه برای برخی اندازه‌گیری‌ها مورد نیاز نیست .

پایان

خسته نباشید