فصل
سوم

فاصله‌یابی

فاصله‌یابی لیزری (بدون منشور)

هدف‌های رفتاری

پس از آموزش و مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :

۱ــ روش استادیمتری برای تعیین فاصله افقی را توضیح دهد.

۲ــ رابطه تعیین فاصله از طریق استادیمتری را به دست آورد.

۳ــ اندازه‌گیری فاصله از روش پارالاکتیک را توضیح دهد.

۴ــ نحوه کار دستگاه‌های فاصله‌یاب الکترونیکی را توضیح دهد.

مطالب پیش نیاز

قبل از مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می رود با مطالب زیر آشنا باشد :

۱ــ آشنایی با فصول ۲، ۳، ۴ و ۵ کتاب «مسّاحی»

۲ــ آشنایی با فصل اول کتاب «کارگاه محاسبه و ترسیم ۱»

اندازه‌گیری فاصله

مفاهیم کلیدی

فاصله‌یابی
Distance Measurment
فاصلهٔ افقی
Horizontal Distance
استادیمتری
Stadimetry
پارالاکتیک
Parallactic
منشور
Prism

مقدمه

ابداع دستگاه‌های الکترونیکی اندازه‌گیری فاصله و تکامل آنها انقلابی در تمام کارهای نقشه‌برداری به‌وجود آورد، به طوری که لازم گردید در روش‌ها و معیارهای نقشه‌برداری تجدید نظر شود. با ابداع این دستگاه‌ها نقشه‌برداران توانستند فاصله را نیز مانند زاویه، با دقت و سرعت زیادی اندازه‌گیری کنند. استفاده از دستگاه‌های طول‌یاب الکترونیکی امروزه چنان گسترش پیدا کرده است که حتی تصور نقشه‌برداری بدون آن امکان‌پذیر نیست.

در این فصل ابتدا به یادآوری کلیاتی از روش‌های مستقیم و کلاسیک در اندازه‌گیری فاصله خواهیم پرداخت. سپس اصول اندازه‌گیری فاصله به روش الکترونیکی را فراگرفته و با انواع طول‌یاب‌های الکترونیکی و خطاهای آنها آشنا خواهیم شد.

بیشتر بدانیم

در سال گذشته و در درس «مسّاحی» با روش‌های سادهٔ اندازه‌گیری فاصله آشنا شدید.

در مورد این روش‌ها تحقیقی انجام داده و در کلاس درس ارائه نمائید.

۳ــ۱ــ یادآوری

همانطور که در کتاب مسّاحی سال قبل خواندید، یکی از روش‌های اندازه‌گیری فاصله، روش مستقیم می‌باشد. این روش از آن جهت مستقیم نام دارد، که فاصلهٔ بین نقاط در روی زمین به طور مستقیم اندازه‌گیری می‌شود.

مترکشی: استفاده از نوار اندازه‌گیری (متر) متداول‌ترین روش مستقیم اندازه‌گیری فاصله

شکل ۳ــ۱ــ چند نفر در حال مترکشی در زمین شیب‌دار

است. به عمل اندازه‌گیری فاصله با متر اصطلاحاً مترکشی می‌گویند. امّا برای رسیدن به صحت و دقت مطلوب در مترکشی، رعایت یک سری اصول عملی الزامی است، که در زیر شرح داده می‌شوند.

اصول مترکشی عبارت‌اند از :

۱ــ از سالم بودن و کامل بودن متر و تجهیزات جانبی اطمینان حاصل کنیم.

۲ــ متر باید به صورت افقی بین دو نقطه کشیده شود. در این حالت متر با ژالن‌های قائم مستقر شده در دو سر فاصله، زاویه ۹۰ درجه می‌سازد.

۳ــ نقطهٔ صفرِ متر در مترهای مختلف متفاوت می‌باشد. دقت شود که صفرِ متر اشتباه در نظر گرفته نشود.

۴ــ در بعضی از مترها بخصوص مترهای پارچه‌ای و پلاستیکی دو طرف متر درجه‌بندی شده است. به طوری که یک طرف بر حسب واحد متریک و طرف دیگر بر حسب فوت و اینچ می‌باشد. هنگام اندازه‌گیری دقت شود که به جای واحد متریک، اشتباهاً واحد فوت و اینچ قرائت نشود.

۵ــ در هنگام مترکشی متر باید کاملاً کشیده و بدون شِنِت (شکم دادن متر) و پیچ‌خوردگی باشد.

۶ــ در مترهای پارچه‌ای و پلاستیکی دقت شود که متر بیش از اندازه کشیده نشود تا مقدار واقعی آن، دقیق نمایش داده شود.

۷ــ به منظور حذف اشتباهات و تعدیل خطاهای اتفاقی، اندازه‌گیری‌ها با تکرار و به صورت رفت و برگشت انجام گیرد.

۸ــ دقت شود اعداد، اشتباه قرائت و یا نوشته نشود.

۹ــ بعضی از مترها تا میلی‌متر و بعضی تا سانتی‌متر درجه‌بندی شده‌اند. دقت شود اعداد متناسب با دقت متر موجود درنظر گرفته شود.

۱۰ــ هنگام قرائت متر عددِ روی متر از بالا و به صورت کاملاً مستقیم دیده شود.

۱۱ــ فاصله‌های بلندتر از مترِ موجود باید ابتدا به دهنه‌های کوچک‌تر از متر تقسیم و امتدادگذاری شوند. سپس هر کدام از این دهنه‌ها اندازه‌گیری شده و در نهایت اندازهٔ فاصلهٔ بلندتر از متر، از جمع کردن فاصله‌ها در دهنه‌های کوچک حاصل می‌شود.

بیشتر بدانیم

تاریخچهٔ اندازه‌گیری طول : اندازه‌گیری طول در جامعهٔ بشری قدمتی بس طولانی دارد و انسان در همهٔ امور زندگی و کار، ناگزیر از اندازه‌گیری ابعاد، اشیاء و عوارض محیط اطرافش بوده است.

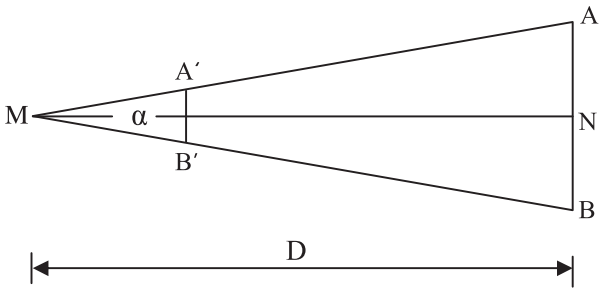
در گذشته‌های دور، وسایل و ابزار دقیقی برای اندازه‌گیری طول وجود نداشته و واحدهای اندازه‌گیری طول نیز به صورت بومی و محلی تعریف می‌شدند و مورد استفاده قرار می‌گرفتند.

مثلاً برای اندازه‌گیری طول‌های کوچک از «وجب» (اندازه یک پنجهٔ باز دست انسان) یا «گز» (اندازهٔ گام انسان) استفاده می‌شد و برای مسافت‌های بلند از واحد «شبانه‌روز» یا «منزل» (مسافتی که کاروان شتر در یک شبانه‌روز طی می‌کرد) استفاده می‌کردند.

۳ــ۲ــ روش‌های کلاسیک اندازه‌گیری فاصله

گرچه اندازه‌گیری فاصله با متر با رعایت اصولِ مترکشی از دقت کافی برخوردار است ولی به علت وقت‌گیر بودن و به این علت که برای تهیه نقشه‌های متوسط و کوچک مقیاس لزومی ندارد که همه طول‌ها با دقت خیلی زیاد اندازه‌گیری شوند، بنابراین روش‌های مختلفی ابداع شد که به کمک آنها می‌توان به طور غیر مستقیم فاصلهٔ بین دو نقطه را با دقتی کمتر از مترکشی ولی به مراتب سریع‌تر از آن اندازه‌گیری کرد.

از جمله این روش‌ها که در گذشته کاربرد فراوان داشته‌اند می‌توان به روش‌های اُپتیکی اندازه‌گیری فاصله اشاره کرد. شکل (۳ــ۲) اصول روش‌های اُپتیکی را نشان می‌دهد. به زاویه‌ی α، زاویهٔ پارالاکتیک می‌گویند.

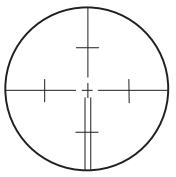


شکل ۳ــ۲ــ اصول اندازه‌گیری طول به روش اپتیکی

در این حالت اندازه‌گیری طول D به دو روش امکان‌پذیر است :

الف) روش استادیمتری ب) روش پارالاکتیک

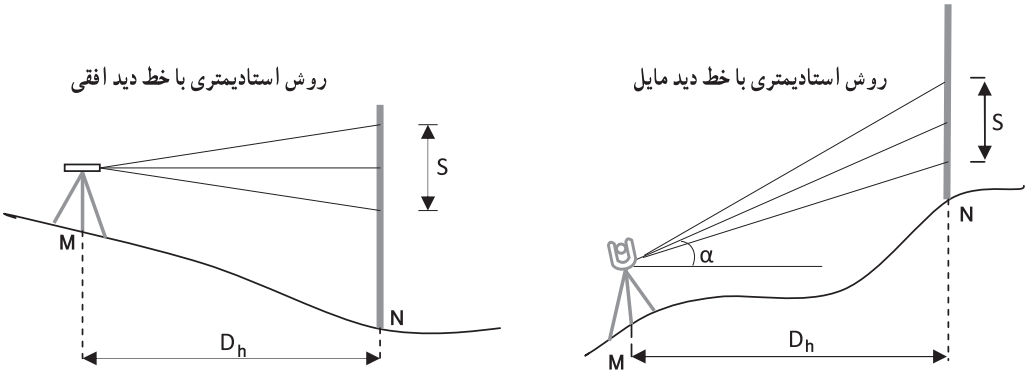
الف) روش استادیمتری : در این روش زاویه پارالاکتیک α ثابت بوده و طول AB روی یک شاخص اندازه‌گیری می‌شود.



شکل ۳ــ۳ــ تارهای استادیا

در روی صفحه رتیکول (صفحه تارهای مویی) دوربین‌های نقشه‌برداری دو خط به موازات قطر افقی دایره رتیکول و به فاصله مساوی از آن به نام خطوط استادیا و یا تارهای استادیا حک نموده‌اند (شکل ۳ــ۳). به کمک این خطوط می‌توان فاصله افقی بین دو نقطه را تعیین کرد.

در مناطق هموار خط دید افقی است، لذا می‌توان از ترازیاب استفاده کرد. ولی در مناطق شیب‌دار و کوهستانی به اجبار از دوربین زاویه‌یاب استفاده می‌شود.



شکل ۳ــ۴ــ روش استادیمتری

مطابق شکل (۳ـ۴) برای اندازه‌گیری طول D_h در این روش دوربین را در نقطه M مستقر کرده و با قرار دادن یک شاخص قائم در نقطه N، پس از نشانه‌روی به شاخص مورد نظر، اعداد منطبق بر تار بالا و پایین استادیا قرائت و یادداشت می‌شود سپس فاصله افقی D_h از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

$$D_h = ۱۰۰.S.\cos^۲ \alpha$$

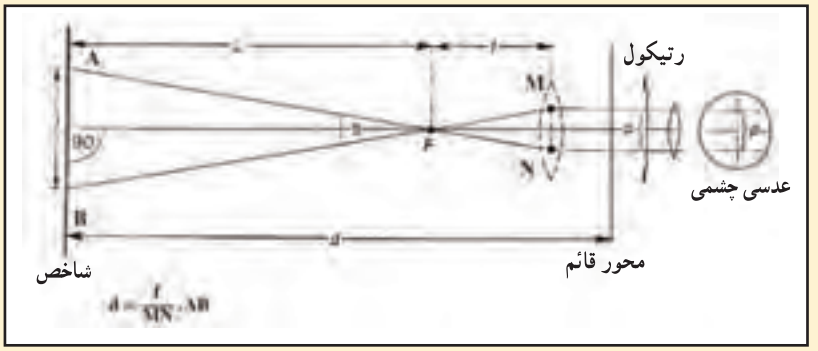
که در این رابطه S همان اختلاف اعداد تارهای بالا و پایین استادیا می‌باشد و عدد ۱۰۰ ثابت استادیمتری است. همچنین α زاویه شیب خط قراولروی می‌باشد.

دقت روش استادیمتری زیاد نیست (حدود ۱:۵۰۰ تا ۱:۱۰۰۰) ولی همانطور که گفته‌شد استفاده از آن سریع و آسان است.

بیشتر بدانیم

آیا می‌توانید اساس کار اندازه‌گیری فاصله به روش استادیمتری را توضیح دهید؟

توضیحات خود را برای همکلاسی‌هایتان در کلاس مطرح کنید.



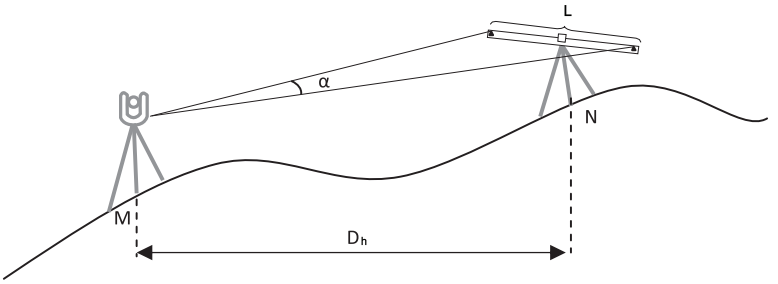
ب) روش پارالاکتیک :که در آن طول AB ثابت بوده و زاویهٔ پارالاکتیک α اندازه‌گیری می‌شود.

در این روش طول شاخص(میر) که به صورت یک میله است و افقی نصب می‌شود، ثابت بوده و معمولاً برابر دو متر است و زاویه افقی پارالاکتیک که به وسیله یک زاویه‌یابِ دقیق اندازه‌گیری

می‌شود بر حسب فاصله تغییر می‌کند. بنابراین مطابق شکل(۳ــ۵) فاصله افقی D_h از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

$$D_h = \frac{L}{۲}\cot(\frac{\alpha}{۲})$$

که در این رابطه L طول شاخص پارالاکتیک است.



شکل ۳ــ۵ــ روش پارالاکتیک و شاخص آن

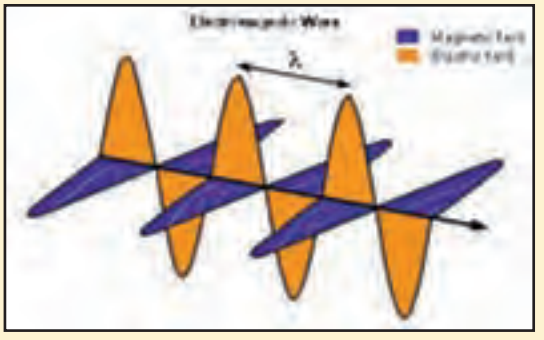
دقت این روش از روش استادیمتری بیشتر است و فاصلهٔ اندازه‌گیری شده در این حالت افقی است.

در هر دو روش، شاخص یا میر می‌تواند به طور افقی و یا قائم قرار گیرد. اما معمولاًدر روش استادیمتری، شاخص قائم و در روش پارالاکتیک، شاخص افقی مستقر می‌شود.

مبانی فیزیکی اندازه‌گیری فاصله با طول‌یاب الکترونیکی(EDM) :

اگرچه انواع مختلفی از فاصله‌یاب الکترونیکی ساخته شده است، اساس کار همه آنها مشابه هم می‌باشد. امواج الکترومغناطیسی به‌وسیله طول‌یاب به سوی یک رفلکتور (منعکس کننده) انتشار می‌یابد. رفلکتور با بازتاب ۱۸۰ درجه بلافاصله آن را به طرف دستگاه ارسال می‌کند. طول‌یاب موج بازگشتی را دریافت نموده و آن را با موج ارسالی مقایسه می‌کند. از طریق این مقایسه، و با استفاده از مدارهای الکترونیکی، طول‌یاب فاصله مایل بین دو نقطه را محاسبه می‌کند. بطورکلی طول‌یاب‌ها به دو روشِ اندازه‌گیری مبتنی بر زمان و اندازه‌گیری مبتنی بر فاز، فاصله موردنظر را محاسبه می‌کنند. روش دوم دقیق‌تر از روش اول بوده امّا نیاز به مدارات الکترونیکی پیچیده‌تر و گران‌تری دارد. در طول‌یاب‌های نقشه‌برداری زمینی برای کسب دقت‌های بالا معمولاً از روش دوم یعنی روش اندازه‌گیری مبتنی بر فاز استفاده می‌نمایند. در ادامه ابتدا کلیاتی از مفاهیم مطرح در امواج الکترومغناطیس تشریح شده و سپس اصول دو روش فاصله‌یابی مبتنی بر اندازه‌گیری زمان و فاز بیان می‌گردد.

امواج الکترومغناطیس : به هر نوع آشفتگی در محیط که در فضا در طول زمان منتشر می‌شود و اغلب حاملِ انرژی است موج می‌گویند. اگر این آشفتگی در میدان‌های الکترومغناطیسی باشد، آن را موج الکترومغناطیسی می‌نامند. در امواج الکترومغناطیسی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به طور عمود بر یکدیگر نوسان می‌کنند و امواجی سینوسی شکل با سرعت نور انتشار پیدا می‌کنند. امواج مرئی و امواج رادیویی از این نوع هستند.



شکل نمودار تابع سینوسی و امواج الکترومغناطیس

از آنجاکه انتشار امواج الکترومغناطیس در

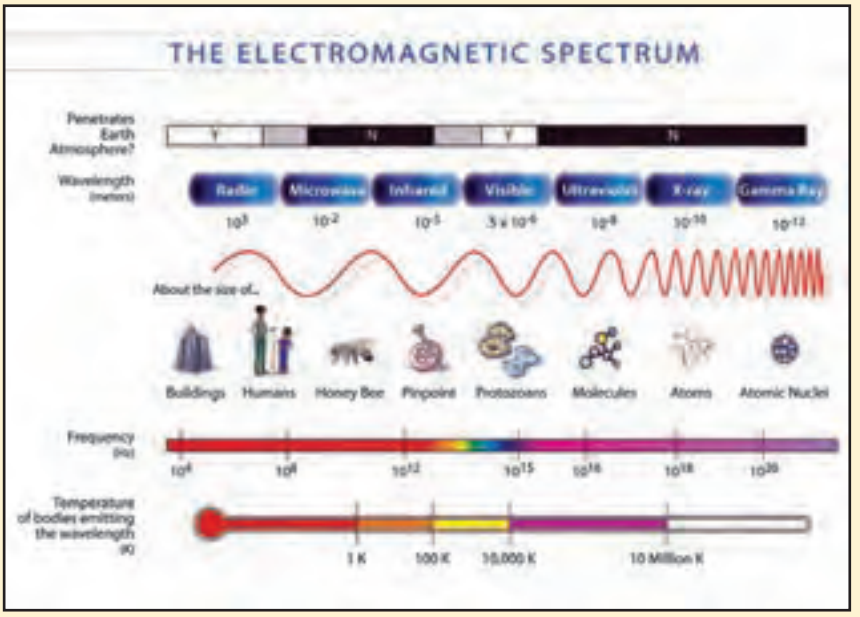
یک محیط را می‌توان به شکل یک تابع سینوسی بیان کرد، هندسه انتشار این امواج چهار مشخصه اصلی دارد :

دامنه : دامنه یا شدت موج با ارتفاع یا بلندی میدان الکتریکی یا مغناطیسی مشخص می‌شود و در موج سینوسی حداکثر ارتفاع موج را از مبدأ نشان می‌دهد و آن را با A نمایش می‌دهند.

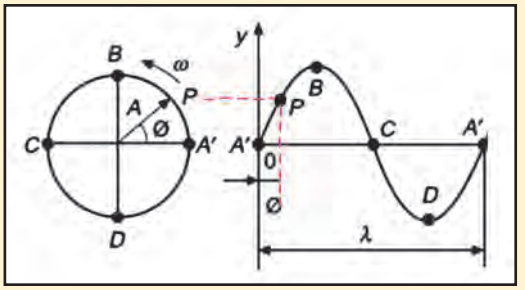
طول موج : فاصله دو نقطه یکسان از موج می‌باشد و با λ نمایش داده می‌شود.

فرکانس : تعداد موج‌های عبورکننده از یک نقطه در یک فاصله زمانی مشخص را فرکانس یا بسامد گویند و با f نمایش می‌دهند. به عبارت دیگر هر چه طول موج λ افزایش یابد فرکانس آن موج (f) کاهش می‌یابد و بالعکس.

سرعت : سرعت موج تعیین‌کننده تندی عبور موج از یک محیط مشخص است. به عنوان مثال سرعت نور و امواج الکترومغناطیس در خلأ تقریباً سیصد هزار کیلومتر در ثانیه می‌باشد. اما این سرعت در محیط‌هایی مثل شیشه یا آب کاهش می‌یابد.

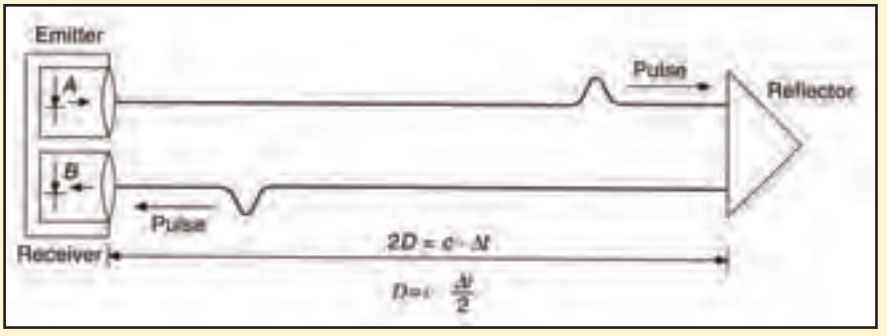


شکل هندسه امواج الکترومغناطیس و گستره آنها بر اساس طول موج



شکل حرکت موجی $y = A.\sin(\Phi)$ و مفهوم آن

روش مبتنی بر اندازه‌گیری زمان :همانطور که گفته شد طول‌یاب الکترونیکی موجی را ارسال می‌کند و پس از بازتاب آن را دریافت می‌کند. در روش مبتنی بر اندازه‌گیری زمان، طول‌یاب، زمان رفت و برگشت موج ارسالی و دریافتی که به آن تأخیر زمانی گویند را اندازه‌گیری می‌نماید. برای این منظور ابتدا از طریق ایجاد پالس روی موج بصورت الکترونیکی، موج ارسالی علامت‌گذاری یا کدگذاری شده و زمان ارسال ثبت می‌گردد. سپس بصورت الکترونیکی موج بازگشتی به‌طور پیوسته مورد بازبینی قرار گرفته تا پالس مربوطه شناسایی و آشکارسازی می‌گردد. در این لحظه زمان بازگشت پالس اندازه‌گیری شده و تأخیر زمانی محاسبه می گردد.

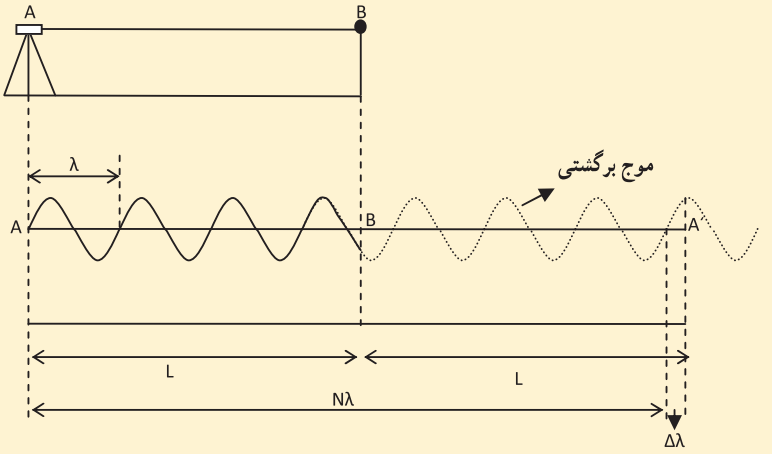


شکل اندازه‌گیری فاصله به روش مبتنی بر «تأخیر زمانی»

روش مبتنی بر اندازه‌گیری فاز : برای اندازه‌گیری دقیق فاصله بدون به‌کارگیری ساعت‌های اتمی، از روش مبتنی بر اندازه‌گیری فاز استفاده می‌شود. در

این روش، توسط یک فازیاب الکترونیکی که در طول‌یاب قرار دارد فاز اولیه موج هنگام ارسال و همچنین فاز موج برگشتی به دستگاه به دقت اندازه‌گیری و با هم مقایسه می‌شود و $\Delta\lambda$ بدست می‌آید. اگر N تعداد طول موج‌های کامل را که موج درطول مسیر رفت و برگشت طی می‌کند بدانیم آنگاه فاصله از رابطه زیر به دست می‌آید :

$$L = \frac{N\lambda + \Delta\lambda}{2}$$



۳ــ۳ــ فاصله‌یاب‌های الکترونیکی

فاصله‌یاب الکترونیکی که اختصاراً به آنها EDM می‌گویند، یک دستگاه تولیدکننده موج الکترومغناطیسی با طول موج‌های مختلف می‌باشد. این دستگاه طوری طراحی شده است که قادر است یک موج با طول موج مشخص را به سمت نقطه مورد نظر فرستاده و پس از بازگشت موج از آن نقطه، آن را دریافت کرده و مدت زمان رفت و برگشت آن موج و طول را اندازه‌گیری کند.

شکل ۳ــ۶ــ فاصله‌یاب‌های الکترونیکی

دستگاه‌های فاصله‌یاب الکترونیکی بر اساس نوع موج مورد استفاده در آنها به دو قسمت کلی تقسیم می‌شوند :

۱ــ فاصله‌یاب‌های الکترواُپتیکی

۲ــ فاصله‌یاب‌های مایکروویو

فاصله‌یاب‌های اُلکترواپتیکی : در ساختمان این نوع دستگاه‌ها از نور مادون قرمز یا نور مرئی (از جمله نور لیزر) استفاده می‌شود.

در فاصله‌یاب‌های مادون قرمز که بیشتر آنها را دیستومات می‌نامند امواج نوری که به وسیله قسمت قراول‌روی دستگاه فرستاده می‌شود توسط یک بازتابنده که مجموعه‌ای از یک یا چند منشور چند وجهی است دریافت و سپس به سمت واحد قراول روی برمی‌گردد. واحد کنترل دستگاه پس از دریافت موج برگشتی، به روش اختلاف فاز، فاصله بین دو نقطه را محاسبه می‌کند.

مزیت عمده سیستم‌های نوری سهولت حمل و نقل، کم اثر بودن عوامل جوی، امکان ترکیب و ادغام با دستگاه‌های زاویه‌یابی، امکان اندازه‌گیری همزمان فاصله و زاویه و ارتفاع، دقت بالا با انجام اندازه‌گیری‌های تکراری و میانگین‌گیری، و امکان به‌کارگیری نرم‌افزارهای محاسباتی در فاصله‌یاب‌های نقشه برداری است. چون در این سیستم، اندازه‌گیری فقط در یکی از دو انتهای خط صورت می‌گیرد هنگام استفاده فقط به یک دستگاه و یک عامل نیاز است.

بیشتر بدانیم

فاصله‌یاب‌هایی که بر روی تئودولیت مستقر می‌شوند.

شکل ۳ــ۷ــ فاصله‌یاب الکترواپتیکی

فاصله‌یاب‌های مایکروویو :این نوع دستگاه‌ها با استفاده از روش ارسال و دریافت امواج رادیویی (مایکروویو) و اندازه‌گیری اختلاف فاز بین موج رفت و برگشت، فاصله بین دو نقطه را تعیین می‌کنند. طولِ امواج ایجاد شده بین ۳ تا ۳۰ میلی‌متر است. هر سیستم اندازه‌گیری از دو دستگاه همانند تشکیل شده که یکی به عنوان دستگاه اصلی یا مَسترِ و دیگری به عنوان دستگاه فرعی یا ریموت عمل می‌کند. در این سیستم امواجی از دستگاه مستر تولید و به سمت دستگاه ریموت فرستاده

شکل ۳ــ۸ــ فاصله‌یاب مایکروویو

می‌شود. دستگاه ریموت بلافاصله پس از دریافت این امواج، آنها را منعکس و به سمت دستگاه اول می‌فرستد. دستگاه اصلی پس از دریافت امواج برگشتی اختلاف فاز بین سیگنال‌های رفت و برگشت را تعیین و از روی آنها فاصلهٔ بین دو نقطه را تعیین می‌کند.

امتیاز ویژه فاصله‌یاب‌های مایکروویو در مقایسه با انواع الکترواپتیکی آنها در بُرد زیاد دستگاه، امکان اندازه‌گیری در شرایط مختلف جوی و امکان برقراری ارتباط صوتی (تلفن) بین دو ایستگاه است. معایب آن در سنگینی وزن، گرانی قیمت و نیاز به وجود دو دستگاه و دو عامل است. محل استفاده از این دستگاه‌ها نباید در مجاورت خطوط انتقال نیرو یا برج‌های مایکروویو باشد.

بیشتر بدانیم

کارخانه‌های سازندهٔ فاصله‌یاب‌های الکترونیکی، صحت اندازه‌گیری دستگاه‌های‌شان را به شکل رابطهٔ زیر بیان می‌کنند :

$$e = \pm(a + b \times L)$$

در این رابطه، a بر حسب میلی‌متر و b بر حسب PPM (یک واحد در یک میلیون واحد) و فاصلهٔ L برحسب کیلومتر می‌باشد.

یک میلی‌متر در یک کیلومتر = 10^{-6} =PPM

مثلاً اگر صحت یک فاصله‌یاب $\pm(2mm + 3PPM)$ باشد، بزرگی خطای آن در فاصلهٔ ۴/۵ کیلومتری برابر است با :

$$e = 2 + 3 \times 4/5 = 15/5 mm = 1/55 cm$$

بیشتر بدانیم

سیر تکاملی فاصله‌یاب‌ها : اولین نسل دستگاه‌های الکترواپتیکی، که در اوایل دهه ۱۹۵۰ در سوئد ساخته شد به نام ژئودیمتر شهرت دارند. حداکثر طول قابل سنجش برای ژئودیمترهای نسل اول ۳ تا ۵ کیلومتر در روز و ۲۵ تا ۳۰ کیلومتر در شب (بر حسب شرایط جوی) می‌باشد. برای این طول‌یاب‌ها مسیر خط دید باید باز باشد به عبارتی از هر ایستگاهی ایستگاه دیگر قابل رؤیت باشد.

طول‌یاب‌های مایکروویو در اواخر دهه ۱۹۵۰ ساخته شدند. یک نمونه معروف این مسافت‌یاب‌ها تِلِرومتر نام دارد که از دو دستگاه شبیه هم ساخته شده است. دستگاه اصلی که به آن مستر می‌گویند، امواجی را به انتهای خط می‌فرستد. در انتهای خط دستگاه مشابه دیگری که به آن ریموت می‌گویند، امواج را گرفته و بر اساس فرکانس مدولاسیونی که از طریق بی‌سیم به وسیله اُپراتور دستگاه مستربه اپراتور دستگاه ریموت اطلاع داده شده، به دستگاه مستر باز می‌فرستد. در دستگاه مستر، زمان رفت و برگشت امواج اندازه‌گیری و فاصله مشخص می‌شود. بین دو نقطه نباید مانعی باشد، ولی عدم دید یک ایستگاه از ایستگاه دیگر به علت شرایط جوی نظیر مه، مشکلی ایجاد نمی‌کند. در شرایط مناسب طول‌های تا ۸۰ کیلومتر را می‌توان با این دستگاه‌ها اندازه‌گیری کرد.

اولین نسل طول‌یاب‌های الکترونیکی،گرچه برای فواصل بلند بسیار دقیق بودند، ولی اندازه آنها بزرگ، وزن آنها سنگین و قیمت آنها گران بود، لذا در کارهای روزمره نقشه‌برداری وارد نشدند. مهندسان نقشه‌بردار، به دستگاه‌های سبک کوچک ارزان و دقیق برای سنجش طول‌های کوتاه، از چند متر تا دو الی سه کیلومتر نیاز داشتند.

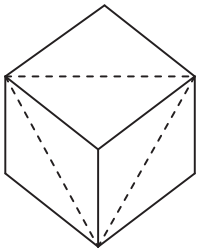
در دهه ۱۹۶۰ پیشرفت علم الکترونیک موجب ساخت نسل دوم طول‌یاب‌های الکترواپتیکی گردید. مزیت این دستگاه‌ها سبکی، کوچکی، مصرف کم برق و سادگی طرز کار می‌باشد.

در نسل سوم دستگاه‌های الکترواپتیکی از نور لیزر استفاده شده است. مزیت این طول‌یاب‌ها عبارت است از برد زیاد (حداکثر برد ۱۵ تا ۶۰ کیلومتر) ، دقت بالا، سبکی و قابلیت حمل و نقل آسان.

طول‌یاب‌های مایکروویو نیز با پیشرفت تکنولوژی در زمینه الکترونیک، به تدریج کوچکتر، سبک‌تر و دقیق‌تر گردیده‌اند. طرز کار آنها نیز ساده‌تر شده است.

منشور در فاصله‌یابی : از آن‌جایی‌که امواج مادون قرمز به کار رفته در اکثر سیستم‌های EDM دارای طول موج نزدیک به نور مرئی هستند این امواج را می‌توان به عنوان پرتو نوری در نظر گرفت که به راحتی با استفاده از یک آینه مسطح منعکس می‌شوند. اما این کار نیاز به امتدادگذاری دقیق دارد زیرا پرتوهای فرستاده شده دارای دامنهٔ محدود می‌باشند بنابراین جهت برطرف کردن این

مشکل از یک وسیله که اصطلاحاً منشور یا رفلکتور نامیده می‌شود، استفاده می‌شود که به صورت منشور مکعبی سه گوش می‌باشد.



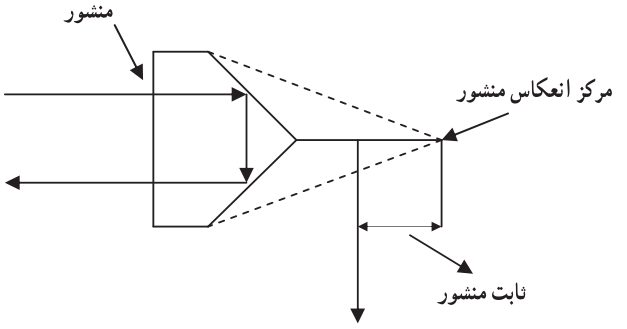
منشورهای مکعبی سه گوش از مکعب یا بلوک‌های مکعبی ساخته می‌شوند به عبارتی مثل این است که این منشورها را از گوشه یک مکعب شیشه‌ای بریده باشیم و این مکعب‌ها در حالت معمولی پرتو نور را به طور صحیح و موازی با مسیر تابش بر روی طیفی با زاویه تابش حدود ۲۰ درجه از جلوی منشور عبور می‌دهند.

شکل ۳ــ۹ــ انواع رفلکتور یک و چند منشوره

بیشتر بدانیم

منشورهای کاغذی
(Sheet Reflector)

فاصله بین مرکز انعکاس امواج و امتداد شاقولی را ثابت منشور می‌گویند. همانطور که در شکل می‌بینید اغلب مرکز انعکاس منشور عقب تر از محور شاقولی آن می‌باشد. ثابت منشور اغلب با عبارت RC (reflector constant) بر روی منشور و یا در داخل دستگاه طول‌یاب نشان داده می‌شود. این مقدار در حقیقت یک خطای تدریجی است که با معرفی به دستگاه طول‌یاب حذف می‌شود.



شکل ۳ــ ۱۰ــ ثابت منشور

بیشتر بدانیم

خطاهای فاصله‌یابی و تصحیحات مربوطه : خطاهای اندازه‌گیری طول با طول‌یاب‌های الکترونیکی را می‌توان به سه گروه اصلی می‌توان تقسیم نمود :

۱ــ خطاهای صفر : به خطاهایی گفته می‌شود که اندازه آنها مستقل از فاصله مورد سنجش می‌باشد بنابراین از لحاظ نظری در فاصله صفر هم این خطاها وجود دارند.

۲ــ خطاهای تناوبی : خطاهایی هستند که به طور تناوبی بر حسب فاصله تغییر می‌کنند.

۳ــ خطاهای مقیاس : خطاهایی هستند که متناسب با فاصله تغییر می‌کنند.

تمامی این خطاها را می‌توان به نوبه خود به خطاهای دستگاهی و غیر دستگاهی تقسیم کرد. که در این میان می‌توان به خطاهای زیر اشاره کرد :

الف) خطای برهم نهی امواج (فرکانس مدولاسیون)

ب) خطای ضریب شکست

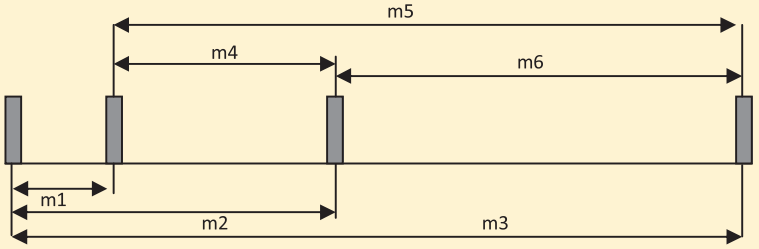
ج) خطای اندازه‌گیری زاویه فاز

د) ثابت افزودنی k

و) خطای سانتراژ

هـ) خطای مربوط به اندازه‌گیری پارامتر هایی که برای تعیین دقیق فاصله لازمند، نظیر : دما، فشار جو و زاویه قائم

کالیبراسیون فاصله‌یاب و تصحیح فاصله : با توجه به وجود خطای ناشی از عدم انطباق مراکز نوری و الکترونیکی دستگاه (خطای Z_O)، می توان با یک روش مناسب دستگاه طول‌یاب را در ایستگاه‌های baseline یا طول باز مطابق شکل زیر کالیبره کرد. در این روش چهار ایستگاه پیلار بتونی در فواصل ۱۵۰ ، ۴۰۰ تا ۴۳۰ و ۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰ متر آماده کرده و ۱۲ مشاهده مستقیم و معکوس بین این ایستگاه‌ها انجام می‌شود. بهتر است این فواصل با مضرب ۱۰ برابر طول موج مورد استفاده در طول‌یاب، نسبت داشته باشد. سپس از طریق روابط بین طول‌های اندازه‌گیری شده، می‌توان خطای Z_O طولیاب مورد آزمایش را به‌دست آورد تا آن را به مشاهدات آتی طول‌یاب اعمال نمود.



این روش همراه با دستگاه‌های مخصوص شرایط جوی و دستورالعمل‌های استاندارد است که در هر کشوری از سوی سازمان نقشه‌برداری پیشنهاد می‌شود. مثلاً زاویه قائم بین ایستگاه‌های طول باز برای روش کالیبراسیون نباید از ۵ درجه بیشتر باشد. چرا؟

خلاصه فصل

● روش‌های اندازه‌گیری فاصله به طور کلی به دو دستهٔ روش مستقیم و روش غیر مستقیم تقسیم می‌شوند که از روش‌های مستقیم می‌توان مترکشی را نام برد.

● استادیمتری و پارالاکتیک از جمله روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری فاصله هستند که با استفاده از آنها، فاصله به طور غیرمستقیم اندازه‌گیری می‌شود.

● در استادیمتری از رابطهٔ زیر برای محاسبهٔ فاصلهٔ افقی استفاده می‌شود :

$$D_h = ۱۰۰.S.\cos^۲ \alpha$$

که در آن، S همان اختلاف بین اعداد تار بالا و تار پایین می‌باشد و α زاویهٔ شیب امتداد خطِ نشانه‌روی دوربین است.

● در روش پارالاکتیک از رابطهٔ زیر فاصلهٔ افقی را می‌توان محاسبه کرد :

$$D_h = \frac{L}{۲}\cot(\frac{\alpha}{۲})$$

که در آن، L طول شاخصِ پارالاکتیک و α زاویه افقی دو سر شاخص پارالاکتیک می‌باشد.

خودآزمایی

سؤالات تشریحی

۱ــ روش استادیمتری برای تعیین فاصله افقی را توضیح دهید.

۲ــ اندازه‌گیری فاصله از روش پارالاکتیک را توضیح دهید.

۳ــ در روش پارالاکتیک با شاخص۴متری زاویه افقی بین دو طرف شاخص ۵درجه و۱۵ دقیقه قرائت شده. فاصله افقی دوربین تا شاخص چقدراست؟

سؤالات چهارگزینه‌ای

۴ــ برای محاسبه فاصلهٔ افقی بین ایستگاه استقرار و نقطه‌ای مشاهدات بدین ترتیب می‌باشد : تار بالا ۱۷۴۰ ، تار وسط ۱۶۰۰ ، ارتفاع دستگاه ۱/۵ متر ، زاویه افقی ۱۲۷ درجه و زاویه قائم ۹۰

درجه. فاصله افقی کدام گزینه است؟

۱) ۲۸ ۲) ۱۰ ۳) ۱/۴ ۴) اطلاعات مسأله کافی نیست

۵ــ در روش پارالاکتیک قرائت زاویه افقی به یک طرف شاخص ۲۵درجه و ۱۲ دقیقه و ۱۰ ثانیه و طرف دیگر ۳۹ درجه و ۱۰ دقیقه و ۱۱ ثانیه می باشد، فاصلهٔ افقی چند متر است؟

۱) ۷/۴۵ ۲) ۸/۴۵ ۳) ۷/۱۶ ۴) ۸/۱۶

مسائل عددی

۶ــ در یک برداشت استادیمتری قرائت‌ها به شرح زیر است :

قرائت تار بالا $\rightarrow$ ۲۵۷۹ mm

قرائت تار وسط $\rightarrow$ ۲۳۷۹ mm

قرائت تار پایین $\rightarrow$ ۲۱۷۹ mm

در صورتی‌که قرائت لمب قائم ۳۰۷/۴۱ گراد و ارتفاع دستگاه ۱/۳۸ متر باشد، شیب امتداد AB را برحسب درصد به دست آورید.

۷ــ در اندازه‌گیری یک فاصله به روش استادیمتری از ایستگاه S قرائت‌ها روی نقاط A و B به شرح زیر است. هرگاه ارتفاع نقطه A برابر ۱۵۴۷/۰۰ متر فرض شود، ارتفاع نقطهٔ B چقدر است؟

زاویه شیب	تار بالا	تار وسط	تار پایین	ایستگاه شاخص	ایستگاه دوربین
$-4^{\circ}10'20''$	۳/۳۵۸	۲/۷۵۰	۲/۱۴۲	A	S
$+3^{\circ}8'15''$	۳/۴۳۵	۳/۱۱۵	۲/۷۹۵	B	

۸ــ یک دستگاه استادیمتری بین دو نقطه P و Q و در راستای خط واصل بین آنها مستقر شده و مشاهدات زیر روی یک شاخص قائم انجام شده است.

قرائت تار وسط	فاصله استادیمتری	زاویه شیب خط قراولروی	ایستگاه شاخص
۲/۱۰۵	۲/۲۵۰	$9^{\circ}30'$	P
۱/۸۷۵	۲/۰۵۵	$6^{\circ}00'$	Q

طول PQ و ارتفاع نقطه Q را تعیین کنید. ارتفاع نقطهٔ P ۳۵۰/۵۰ متر است.

۹ــ فاصله افقی دوربین تاکئومتری برابر ۱۵۰ متر و زاویه قائم امتداد شبانه‌روزی ۱۰۰ گراد است. ارتفاع دوربین ۱۵۰۰ میلی‌متر و ارتفاع نقطه نشانه روی ۲/۵ متر است.

اختلاف ارتفاع محل مسیر نسبت به محل دوربین کدام است؟

۱۰ــ یک دستگاه تاکئومتری در ایستگاه A مستقر شده و با آن به شاخص قائمی که در نقطه B قرار دارد، نشانه‌روی شده است. اگر شیب خط AB برابر ۸٪ و زاویه شیب قراولروی $+5^{\circ}$، قرائت تار وسط ۱/۹۱ متر و ارتفاع دستگاه ۱/۵۱ متر باشد، فاصله افقی خط AB چقدر است؟

۱۱ــ در یک عملیات استادیمتری، از یک تئودولیت مستقر در ایستگاه A به شاخص مدرجی که در نقطه B به طور قائم نگه‌داشته شده است، نشانه‌روی شده است و قرائت‌های زیر انجام گرفته است. در صورتی‌که ارتفاع دوربین در نقطه A برابر ۱/۵۲ متر باشد اختلاف قرائت تارهای رتیکول بالا و پایین روی شاخص چقدر خواهد بود؟

اختلاف ارتفاع	زاویه قائم	تار پایین	تار وسط	تار بالا	نشانه‌روی
-۴/۰۰	$95^{\circ}30'$	؟	۲۱۲۰	؟	B

۱۲ــ جهت محاسبه فاصله افقی MN به روش پارالاکتیک زاویه‌یاب را بر روی نقطه M مستقر کرده و شاخص مخصوص که طول آن ۲ متر است را به صورت افقی روی نقطه N قرار می‌دهیم. زاویه $\alpha = 2^{\circ}\ 19'\ 20''$ قرائت شده است فاصله MN را بر حسب متر به‌دست آورید.