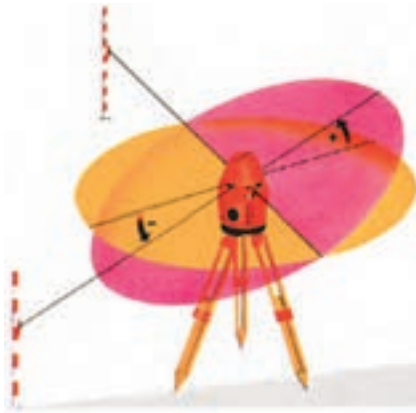


## ۶-۲- تراز یاب های لیزری (Automatic Laser Level)

نوع به خصوصی از تراز یاب های الکترونیکی جدید تراز یاب های لیزری است. در این دستگاه ها یک دسته شعاع لیزر نقش محور نشانه روی را ایفا می کند؛ به این ترتیب که پس از تراز شدن پایه و روشن شدن دستگاه که با باتری نیکل کادمیوم تغذیه می شود با چرخش کامل قادر است یک صفحه ی روشن را در ارتفاع مشخص، در فضا، نشان دهد.



شکل ۲-۳۲



شکل ۲-۳۱ - آشکارساز

در نوعی از این دستگاه ها که دارای نور لیزری نامرئی است به کمک وسیله ای به نام آشکارساز (Detector) (شکل ۲-۳۱) عمل تراز یابی انجام می شود. به این ترتیب که پس از استقرار تراز یاب و آشکارساز، با پیدایش علائمی بر روی آشکارساز مشخص می گردد که آیا این وسیله هم ارتفاع تراز یاب است و یا بالاتر و پایین تر از آن قرار گرفته و به این ترتیب صفحه ی افقی تا فاصله ی حدود ۴۵۰ متر با دقت  $\pm 8$  میلی متر قابل کنترل است.



شکل ۲-۳۳

ترازیاب لیزری بخصوص برای عملیات بتن‌ریزی و کنترل تغییرات ارتفاعی سطح زمین در موقع خاکریزی یا خاک‌برداری بسیار مناسب است. دستگاه مذکور همچنین قادر است با تغییر وضعیت امتدادهای قائم را کنترل نماید.



شکل ۲-۳۵



شکل ۲-۳۴



## ۷-۲ زاویه‌یاب‌ها (Theodolites)

زاویه‌یاب‌ها (تئودولیت‌ها) وسایلی هستند که به کمک آن‌ها می‌توان زوایای بین امتدادهایی در صفحات قائم یا افقی را اندازه‌گیری نمود. در مقایسه با دستگاه‌های ترازیب در این دستگاه‌ها آلیداد به منظور ایجاد محوری جهت حرکت دوربین در صفحه‌ی قائم اضافه شده است و از این نظر دوربین آن، هم در صفحه‌ی افقی (مانند ترازیب) و هم در صفحه‌ی قائم حرکت می‌کند. این دستگاه نیز در دو نوع اپتیکی و الکترونیکی وجود دارد.

زاویه‌یاب‌های اپتیکی: یک زاویه‌یاب اپتیکی به‌طور کلی از سه قسمت اساسی پایه، آلیداد و دوربین تشکیل شده است و هر قسمت خود ضمایمی دارد که در شکل ۲-۴۲ دیده می‌شود. اکثر اجزای زاویه‌یاب همان اجزای ترازیب است؛ از این نظر با خودداری از تکرار مطالب درخصوص اجزایی که شناخته‌اید به ذکر جزئیات دیگر می‌پردازیم.

### اجزای متشکله‌ی زاویه‌یاب اپتیکی

الف - دوربین (Telescope): لوله‌ای است استوانه‌ای شکل به طول ۲۵-۲۰ سانتی‌متر که

مرکب از عدسی شیئی و چشمی و دیافراگم عدسی میزان و صفحه‌ی رتیکول و پیچ تنظیم تصویر می‌باشد.

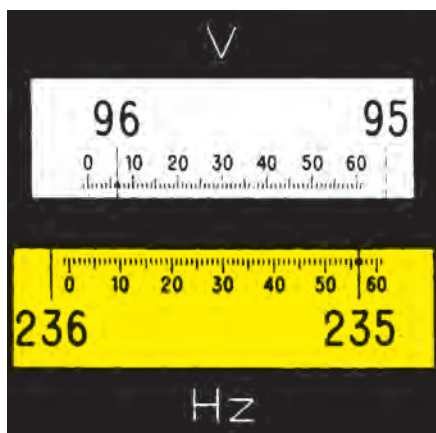
ب — آلیداد (Alidad): یک دو شاخه‌ی فلزی عمودی است که حامل محوری است که دوربین حول آن می‌چرخد، به همین جهت به آن محور چرخش دوربین می‌گویند. خود آلیداد نیز می‌تواند حول محور قائم دستگاه (محور اصلی) دوران نماید.

ج — لمب‌ها (Limb): دو صفحه‌ی مدرج هستند که یکی به‌طور افقی و دیگری به‌طور قائم قرار گرفته است و درجات آن‌ها به کمک ورنیه<sup>۱</sup> و میکرومتر قرائت می‌شود. برای آشنایی با طرز قرائت تقسیمات صفحه‌های مدرج به کمک میکرومتر اپتیکی به شکل‌های ۲-۳۶ تا ۲-۴۰ توجه کنید.

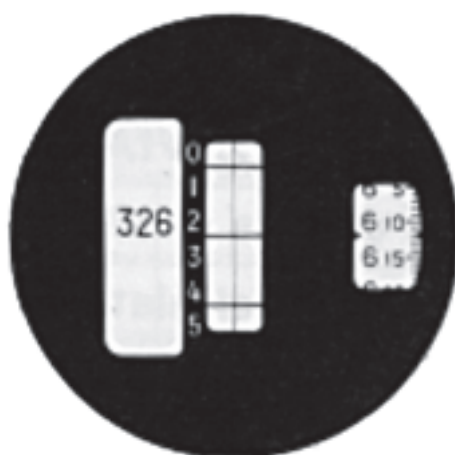
د — ترازها: برای این که بتوان محور اصلی دستگاه را بر امتداد قائم منطبق کرد بین دو شاخه‌ی آلیداد یک تراز نصب شده است و در بالای لمب قائم نیز تراز دیگری کار گذارده شده که با پیچ مخصوصی که در زیر آن است تنظیم می‌گردد.

ه — پایه: زاویه‌یاب به وسیله‌ی پایه که دارای سه یا چهار پیچ آج‌دار است در وضعیت افقی قرار می‌گیرد.

و — پیچ‌های کنترل حرکت: برای آن که حرکت دوربین و آلیداد و لمب افقی قابل کنترل باشد از دو نوع پیچ، یک نوع برای حرکت‌های کلی و نوع دیگر برای حرکت‌های جزئی، استفاده شده است.



شکل ۲-۳۷ — زاویه‌ی افقی ۵۶/۳ و ۲۳۵ و زاویه‌ی قائم ۰۶/۵ و ۹۶° (۳۶۰ درجه)

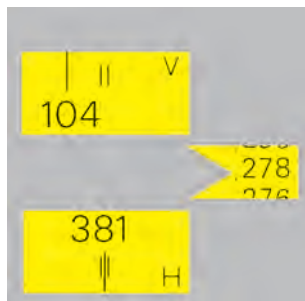


شکل ۲-۳۶

۱ — ورنیه وسیله‌ای است که می‌توان با آن دقت قرائت لمب را تا حد زیادی بالا برد.



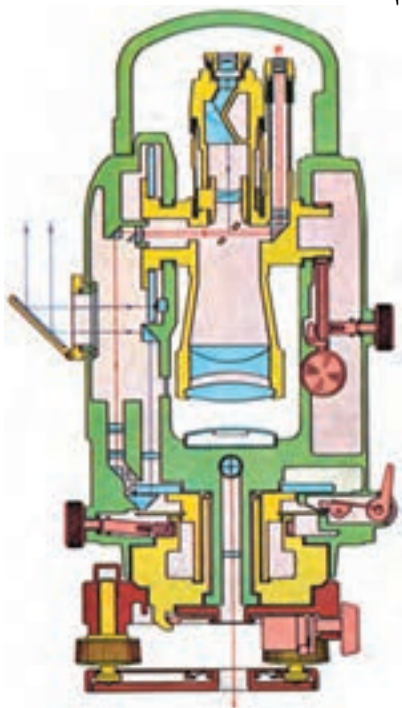
شکل ۳۹-۲ دایره‌ی قائم (۳۶۰ درجه)  
۸۷°, ۳۵'



شکل ۳۸-۲ دایره‌ی افقی (۴۰۰ گراد)  
۳۸۱/۲۷۸



شکل ۴۰-۲ دایره‌ی افقی (۳۶۰ درجه)  
۱۳۵°, ۱۳', ۱۰"

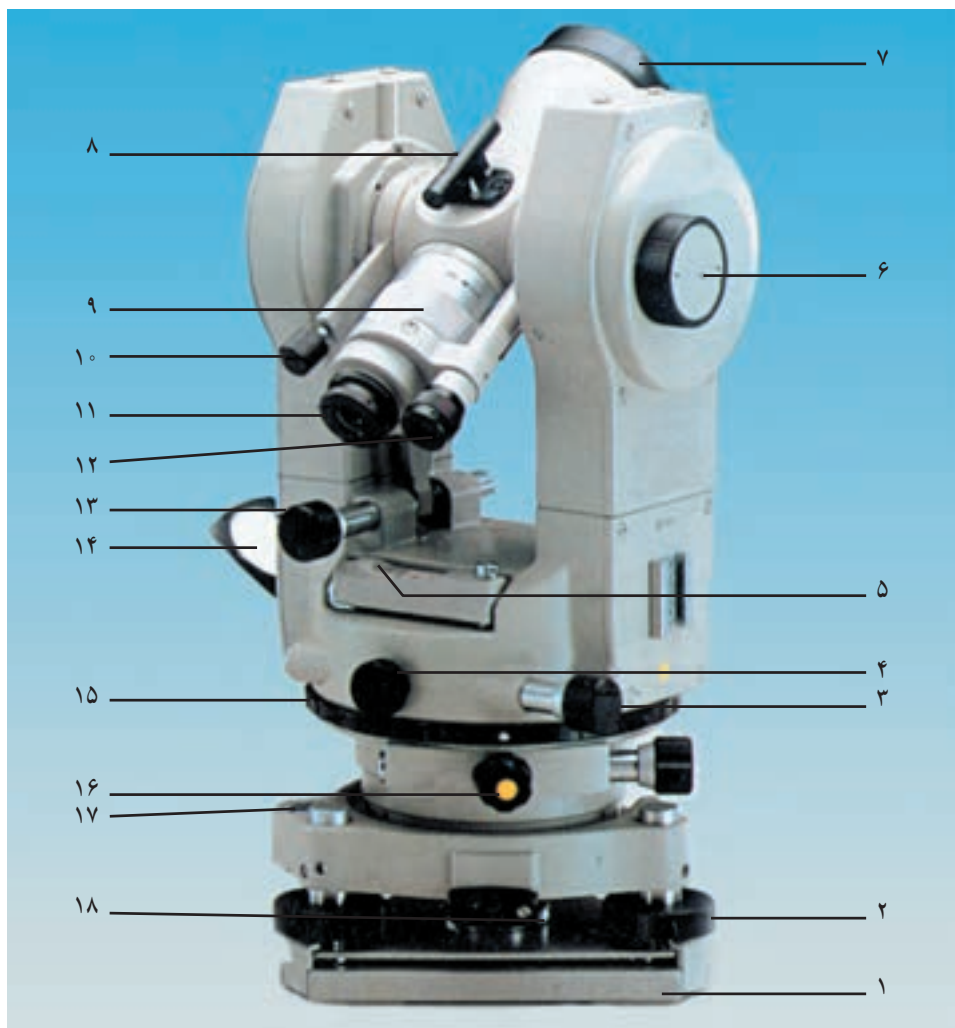


ز - آینه: در کنار دستگاه آینه‌ای تعبیه شده که نور را به طرف داخل دستگاه هدایت می‌کند. این نور به کمک سیستم‌های منشوری چند عدسی، از لمب‌ها عبور کرده و تصویر را در حالتی که باید قرائت شود به میکروسکوپ مخصوص قرائت که در کنار دوربین قرار گرفته است، می‌رساند (شکل ۴۱-۲).

قسمت‌های مختلف یک دستگاه زاویه‌یاب اپتیکی در شکل ۴۲-۲ نشان داده شده است.

شکل ۴۱-۲ مسیر نور در زاویه‌یاب اپتیکی

(T16 WILD)



- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| ۱- صفحه‌ی اتصال تئودولیت به سه‌پایه | ۱۰- پیچ حرکت تند قائم دوربین                       |
| ۲- پیچ‌های تراز کننده               | ۱۱- عدسی چشمی دوربین                               |
| ۳- پیچ حرکت کند افقی دوربین         | ۱۲- میکروسکوپ قرائت زاویه                          |
| ۴- پیچ حرکت تند افقی دوربین         | ۱۳- پیچ حرکت کند قائم دوربین                       |
| ۵- تراز استوانه‌ای                  | ۱۴- آینه‌ی نورگیر برای تأمین روشنایی داخل تئودولیت |
| ۶- پیچ میکرومتری تنظیم درجات ورنیه  | ۱۵- صفحه‌ی مدرج افقی                               |
| ۷- عدسی شیئی دوربین                 | ۱۶- پیچ نگه‌دارنده‌ی دایره‌ی مدرج افقی             |
| ۸- مگسک                             | ۱۷- تراز کروی                                      |
| ۹- پیچ تنظیم تصویر دوربین           | ۱۸- ضامن جداکننده‌ی دستگاه از پایه                 |

شکل ۴۲-۲ زاویه‌یاب اپتیکی و اجزای آن



زاویہ یاب (WILD) T2



زاویہ یاب (Nikon) NT-2D

شکل ۴۳-۲ نمونه های زاویہ یاب های اپتیکی



Topcon



Th2 zeiss



TH-20 Pentax



K1-RA Kern

شکل ۴۴-۲ نمونه های دیگر زاویہ یاب های اپتیکی



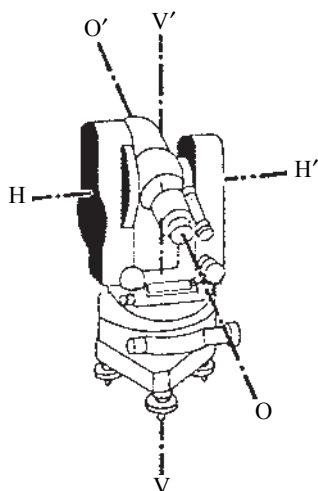
## ۸-۲- محورهاى يك دستگاه زاويه ياب (تئودوليت) اپتيكى

تئودوليت هاى اپتيكى، به جز محورهاى دو تراز كروى و استوانه اى داراى محورهاى زير است كه همدىگرا را در يك نقطه قطع مى كنند :

— محور اصلى دستگاه (محور اول): محور قائمى است كه از مركز دوربين مى گذرد و بر مركز صفحه ي مدرج عمود است. ( $vv'$ )

— محور نوري دوربين (محور دوم): محوري است كه محل تقاطع دو تار بلند رتيكول را به مركز عدسي چشمي متصل مى كند. ( $oo'$ )

— محور چرخش دوربين (محور سوم): محور افقى است كه دوربين حول آن در صفحه ي قائم مى چرخد. ( $hh'$ )



شكل ۴۵-۲

زاويه ياب هاى الكترونيكى: امروزه استفاده از زاويه ياب ها، بخصوص در امر پياده كردن پروژه هاى مختلف عمرانى و صنعتى رواج بسيار و اهميت زياد دارد. به همين دليل روز به روز در خودكارتر كردن اين دستگاه ها تلاش پيش تری مى شود. تا در حد امكان از بروز خطاهاى انساني مانند خطاهاى نشانه روى، قرائت و ثبت قرائت جلوگیری شود. لذا مكانيزم ساخت آنها در سال هاى اخير در جهت كاملاً اتوماتيك شدن بوده است.

پس از زاويه ياب هاى اپتيكى اولين زاويه ياب هاى الكترونيكى كه ساخته شد، زاويه ياب هاى ديجيتال بود كه در آنها احتياج به قرائت اعداد از داخل دوربين نبود، بلكه روى صفحه ي نمايشگر آنها زواياى قائم و افقى نسبت به امتداد مشخص به صورت ديجيتال نشان داده مى شد، علاوه بر اين با اضافه كردن مسافت سنج الكترونيكى Electronic Distance Meter (EDM) بر روى آنها اندازه گيرى فاصله نيز به صورت ديجيتال امكان پذير مى گشت. (كه البته به جاى شاخص كه همراه زاويه ياب هاى اپتيكى مورد استفاده قرار مى گرفت از منشورهاى (Prizm) مخصوص كه نور را



شکل ۴۶-۲. نمونه‌های مختلف زاویه‌یاب‌های دیجیتالی و توتال استیشن

منعکس می‌کند استفاده شد). نسل بعد زاویه‌یاب‌های الکترونیکی کاملاً اتوماتیک همه‌کاره (Total station) هستند که علاوه بر توانایی اندازه‌گیری زوایا و فاصله‌ها، قابلیت برنامه‌ریزی هم دارند و برای کارهای بزرگ قابلیت اتصال به دستگاه جمع‌آوری اطلاعات (Data collector) Field book – که خود نیز به رایانه متصل می‌شوند – را دارند و پس از پردازش اطلاعات در رایانه به کمک نرم‌افزارهای تخصصی با اتصال پلاتر (Platter) به رایانه‌ی نقشه به‌طور اتوماتیک ترسیم می‌شود.





شکل ۴۷-۲- نمونه‌های مختلف زاویه‌یاب‌های کاملاً اتوماتیک

## خودآزمایی

۱- عناصری را که برای تهیه‌ی نقشه یا پلان یک منطقه از زمین، اندازه‌گیری می‌شوند، نام

ببرید.

۲- وسایل ساده‌ی نقشه‌برداری را نام برده و خصوصیات هر کدام را بیان کنید.

۳- کدام یک از وسایل زیر از جمله‌ی وسایل ساده هستند؟

شیب‌سنج، ترازیاب، تراز، گونیا، قطب‌نما، زاویه‌یاب.

۴- مترهایی که از جنس فولاد انوار هستند چه خصوصیتی دارند؟

۵- موقع مترکشی افقی برای تصویر نمودن نقطه‌ی انتهایی هر دهنه‌ی مترکشی، از چه وسیله‌ای می‌توان استفاده نمود؟

- ۶- چرا و به چه فاصله ژالون‌ها را به رنگ سفید و قرمز رنگ آمیزی می‌کنند؟
- ۷- یک شیب‌سنج دستی از چند قسمت تشکیل گردیده است؟ این قسمت‌ها را نام ببرید.
- ۸- چه کمیتی را با شیب‌سنج می‌توان اندازه گرفت؟
- ۹- سه مورد از عملیاتی را که با گونیاه می‌توان انجام داد، ذکر کنید.
- ۱۰- تفاوت گونیای شکاف‌دار با دیگر انواع گونیاه در چیست؟
- ۱۱- از تراز دستی به چه منظور استفاده می‌شود؟
- ۱۲- تفاوت‌های تراز بنایی و تراز دستی با یکدیگر چیست؟
- ۱۳- قسمت‌های مختلف یک قطب‌نما را نام ببرید.
- ۱۴- خصوصیات یک دستگاه تراز یاب را بیان کنید.
- ۱۵- قسمت‌های اساسی یک تراز یاب را نام ببرید.
- ۱۶- با قطب‌نما چه کمیتی را می‌توان اندازه گرفت؟
- ۱۷- اجزای متشکله‌ی یک دستگاه تراز یاب را نام ببرید.
- ۱۸- زاویه یاب (تئودولیت) برای اندازه‌گیری چه کمیت‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد؟
- ۱۹- زاویه یاب (تئودولیت) چند محور دارد؟ آن‌ها را نام ببرید و هر کدام را تعریف نمایید.
- ۲۰- تراز یاب چند محور دارد؟ آن‌ها را نام ببرید و هر کدام را تعریف کنید.
- ۲۱- اجزای متشکله‌ی تراز یاب اپتیکی را بر روی شکل زیر نشان دهید.



شکل ۴۸-۲



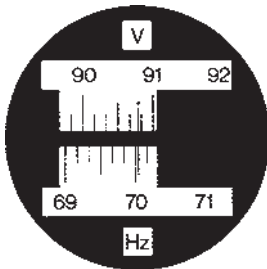
۲۲- اجزای متشکله‌ی زاویه‌یاب اپتیکی را بر روی شکل روبه‌رو نشان دهید.

شکل ۲-۴۹

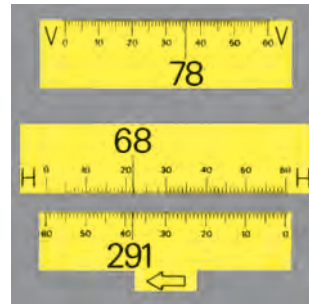
۲۳- تراز از نظر ظاهر به چند شکل در دستگاه‌های نقشه‌برداری مشاهده می‌شود؟ آن‌ها را نام ببرید و تفاوت آن‌ها را بیان کنید.

۲۴- ترازیاها به‌طور کلی به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ آن‌ها را نام ببرید.

۲۵- بر روی تصویر صفحات مدرج در زیر اندازه‌ی زوایای افقی و قائم را بخوانید.



شکل ۲-۵۱



شکل ۲-۵۰

۲۶- سیستمی که ترازیاها‌ی الکترونیکی به آن مجهز شده و باعث بالا رفتن سرعت و دقت در اندازه‌گیری می‌شود چه نام دارد؟

۲۷- نسل اول و دوم زاویه‌یاب‌های الکترونیکی با چه نام‌هایی معرفی شده‌اند و تفاوت آن‌ها در چیست و چه عملیاتی را به‌طور اتوماتیک انجام می‌دهند؟

۲۸- محاسن دستگاه‌های الکترونیکی کدام‌اند؟ به نظر شما معایب این دستگاه‌ها کدام‌اند؟

### خطا و اشتباه در نقشه برداری

هر چند دستگاه‌های الکترونیکی که در سالیان اخیر ساخته شده‌اند خطاهای اندازه‌گیری زوایا و طول‌ها را در عملیات نقشه‌برداری به مقدار زیاد حذف می‌کنند، اما هنوز نمی‌توان ادعا کرد که این دستگاه‌ها کاملاً عاری از خطا هستند. بدین دلیل و به ویژه از آن جهت که هنوز استفاده از دستگاه‌های اپتیکی نیز بسیار متداول است، شناخت مختصر خطاها و اشتباهات در نقشه‌برداری ضروری است. بدیهی است هر چه منطقه‌ی مورد نظر برای تهیه‌ی نقشه بزرگ‌تر باشد و هر چه دقت بیش‌تری در اندازه‌گیری مطرح باشد بحث خطاهای اندازه‌گیری اهمیت بیش‌تری پیدا می‌کند.<sup>۱</sup>

- در پایان این فصل، دانش‌آموز باید قادر باشد :
- چگونگی پیدایش خطا و اشتباه در اندازه‌گیری‌ها را بیان کند.
- تفاوت خطا و اشتباه را بداند.
- عوامل ایجاد خطا و اشتباه را نام ببرد.
- خطاها را به‌طور کلی دسته‌بندی نموده، تفاوت آن‌ها را ذکر کند.
- محتمل‌ترین مقدار یک کمیّت، خطای باقی‌مانده و خطای میانگین اندازه‌گیری‌ها را به‌دست آورد.

#### ۱-۳- خطا و اشتباه

وقتی کمیّتی را اندازه‌گیری می‌کنیم نتیجه‌ی به‌دست آمده به مقدار کمی با مقدار واقعی اختلاف دارد که به آن یا خطا می‌گوییم و یا اشتباه.

**فرق خطا و اشتباه:** مادام که اختلاف بین مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار واقعی از حد قابل قبول و مشخصی به نام خطای ماکزیمم<sup>۲</sup> تجاوز نکند خطای اندازه‌گیری، و اگر از آن حد گذشت

۱- خطاها در درس تئوری خطاها (Theory of Errors)، در رشته‌ی تخصصی نقشه‌برداری مفصلاً مورد مطالعه قرار می‌گیرند. برای مطالعه‌ی بیش‌تر می‌توان به کتبی که در خصوص درس فوق تهیه شده است مراجعه نمود.

۲- خطای ماکزیمم در اندازه‌گیری‌ها، مواقعی که مورد نیاز است در اختیار شما قرار می‌گیرد.

اشتباه اندازه‌گیری نامیده می‌شود.

## ۲-۳- انواع خطاها

خطاها به‌طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند.

۱- خطاهای دستگاهی یا سیستماتیک (Systematic Errors)

۲- خطاهای اتفاقی (Accidental Errors)

خطاهای دستگاهی ناشی از نقص وسایل اندازه‌گیری بوده و همواره در یک جهت (با یک علامت مثبت یا منفی) ایجاد می‌گردند؛ اما خطای اتفاقی ناشی از عمل اندازه‌گیری و نارسایی حواس هستند و به همین دلیل در جهت‌های مختلف (با علامت‌های مثبت و منفی) حاصل می‌شوند. مقدار خطای دستگاهی را می‌توان قبلاً تعیین کرد و از این نظر قابل تصحیح یا خنثی کردن می‌باشد و چنانچه اشتباه‌ها و خطاهای دستگاهی را حذف و یا تصحیح کنیم باز انحرافی در نتیجه‌ی اندازه‌گیری باقی می‌ماند که نه تنها علت بلکه مقدار و علامت آن نیز مشخص نیست. این خطاها را نمی‌توان تصحیح کرد لیکن شناختن خواص آن‌ها برای مشخص کردن دقت اندازه‌گیری‌ها لازم است.

## ۳-۳- منابع ایجاد خطا

خطاهای وارد در اندازه‌گیری‌ها از سه منبع ناشی می‌شوند که عبارتند از:

— طبیعت: تغییرات عوامل مختلف جوی و طبیعی از قبیل درجه‌ی حرارت، رطوبت، رنگ و نور، جاذبه‌ی زمین و انحراف مغناطیسی باعث ایجاد خطا می‌شوند؛ مثلاً اگر نوار اندازه‌گیری در درجه‌ی حرارت  $20^{\circ}$  سانتی‌گراد ساخته شده و دارای طول مشخصی باشد، در درجه‌ی حرارت  $8^{\circ}$  سانتی‌گراد طول کم‌تری خواهد داشت.

— انسان (عامل اندازه‌گیری): عدم مهارت، خستگی، بی‌حوصلگی و بی‌دقتی و حواس پنج‌گانه شخص در هنگام اندازه‌گیری ممکن است ایجاد خطا نمایند؛ مثلاً دقیق نبودن در قرائت اعداد و عدم تطبیق نشانه‌ی صفر در مقابل نقطه‌ی شروع نوار اندازه‌گیری شنیداری و گفتاری از جمله‌ی این نوع خطاها هستند.

— دستگاه یا وسیله‌ی اندازه‌گیری: هر دستگاه یا وسیله نقشه‌برداری دقت محدودی دارد که به علت مستعمل شدن معمولاً این دقت کم‌تر هم می‌شود و در نهایت اندازه‌گیری با آن موجب بروز خطا می‌گردد.

### ۴-۳- محتمل ترین مقدار یک کمیت

اگر کمیتی را  $n$  بار اندازه گیری کنیم و مقادیر به دست آمده را  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  و بنامیم محتمل ترین مقدار کمیت که  $\bar{X}$  فرض می شود از رابطه ی زیر به دست می آید :

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

چون اندازه ی واقعی دست نیافتنی است مقدار بالا به جای آن در نظر گرفته می شود.

### ۵-۳- خطای باقی مانده یا خطای ظاهری

اختلاف هر مقدار اندازه گیری شده و محتمل ترین مقدار را خطای باقی مانده می گویند. بنابراین در اندازه گیری فوق مقدار خطاها عبارت اند از :

$$e_1 = \bar{x} - x_1$$

$$e_2 = \bar{x} - x_2$$

$$e_3 = \bar{x} - x_3$$

$$e_n = \bar{x} - x_n$$

### ۶-۳- خطای میانگین اندازه گیری ها

وقتی مقدار یک کمیت را از طریق میانگین چند بار اندازه گیری به دست می آورید خطای میانگین کاهش پیدا می کند و از رابطه ی زیر می توان خطای میانگین اندازه گیری ها را حساب کرد.

$$e_x = \frac{e_1}{\sqrt{n}}$$

( $e_1$  خطای یک بار اندازه گیری و  $e_x$  خطای میانگین و  $n$  تعداد دفعات اندازه گیری)

### مطالعه آزاد

#### عواقب عدم احساس مسئولیت در نقشه برداری تونل

اصولاً از آن جایی که تونل از دو طرف حفاری شده و در نقطه ای به هم می رسند، چنانچه اشتباه یا خطایی در رابطه با زاویه امتداد حفاری و پیاده کردن شیب طولی تونل، توسط نقشه بردار اتفاق بیافتد، باعث می شود که تونل در نقطه مورد نظر به هم نرسد و یا این که به موازات قسمت دیگر ادامه مسیر داده و در حالت نادر محور مورد نظر از زیر یا روی محور مقابل عبور می کند.



## خودآزمایی

- ۱- خطا چیست و اشتباه کدام است؟
- ۲- تفاوت خطا و اشتباه را شرح دهید.
- ۳- چه عواملی باعث ایجاد خطا و اشتباه می‌شوند؟ آن‌ها را نام ببرید.
- ۴- به‌طور کلی خطاها را چگونه دسته‌بندی می‌کنند و تفاوت هر دسته با دسته‌ی دیگر چیست؟
- ۵- کمیت‌های زیر چگونه به‌دست می‌آیند؟ رابطه‌ی محاسبه‌ی آن‌ها را بنویسید.  
محتمل‌ترین مقدار کمیت، خطای باقی‌مانده، خطای میانگین اندازه‌گیری‌ها
- ۶- پس از پنج بار اندازه‌گیری یک طول اندازه‌های زیر بر حسب متر به‌دست آمده است.  
محتمل‌ترین مقدار این طول کدام است؟  
 $۶۷/۸۸, ۶۷/۰۹, ۶۷/۹۱, ۶۷/۹۵, ۶۷/۹۳$
- ۷- خطای اندازه‌گیری یک زاویه توسط زاویه‌یاب  $\pm 3^\circ$  می‌باشد. خطای مجاز برای چهار بار اندازه‌گیری این زاویه چند ثانیه است؟