فصل اول
مفاهیم و تعاریف

اندازه‌گیری (Measurment)

عبارت است از مقایسه اندازه داده شده به وسیله یک آزمایش فیزیکی با مقداری که به عنوان واحد تعیین شده است، که نتیجه اندازه‌گیری به کمک عددی بیان می‌شود و نمایانگر نسبت کمیت مجهول به واحد اندازه‌گیری انتخاب شده است که به کمک وسیله اندازه‌گیری یا دستگاه اندازه‌گیری (Measurment Instrument) این مقایسه انجام می‌شود.

★به چند تعریف زیر توجه نمایید:

ـ مترولوژی (Metrology)

مترولوژی یا علم اندازه‌گیری، دانشی است که راجع به اندازه‌گیری و کنترل ابعاد، زوایا و کیفیت صنعتی بحث می‌کند.

ـ کنترل

به عمل بررسی و مقایسه ابعاد یک قطعه بر مبنای انحراف اندازه‌گیری مجاز آن (که طراح روی نقشه مشخص کرده است) به وسیله ابزارهای مربوطه، کنترل گویند.

ـ وسیله مرجع

وسیله و ابزاری است که در آزمایشگاه مترولوژی برای کنترل و کالیبره کردن وسایل اندازه‌گیری به آن مراجعه می‌شود.

ـ دقت وسیله اندازه‌گیری

حداقل اندازه‌ای را که وسیله اندازه‌گیری می‌تواند اندازه بگیرد، دقت وسیله اندازه‌گیری گویند.

ـ دامنه اندازه‌گیری (Scuteranye)

دامنه اندازه‌گیری یک دستگاه برابر است با تفاضل بیشترین و کمترین مقدار که توسط وسیله اندازه‌گیری می‌توان مورد تشخیص قرار داد.

★ ویژگی‌های دستگاه‌های اندازه‌گیری عبارتند از:

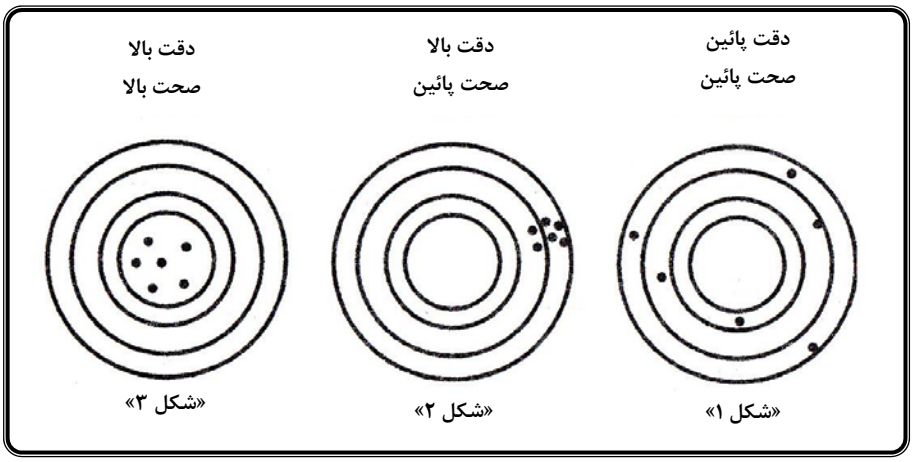
ـ صحت (Accuracy)

بنا به تعریف به میزان نزدیک بودن نتیجه اندازه‌گیری انجام شده توسط یک وسیله اندازه‌گیری خاص به اندازه واقعی جسم اندازه‌گیری شده را صحت اندازه‌گیری با آن وسیله می‌گویند. به عبارت دیگر صحت تفاوت بین میانگین یک سری اندازه‌گیری‌ها و مقدار واقعی می‌باشد.

ـ دقت (Precision)

انطباق یا نزدیکی مقادیر اندازه‌گیری شده به هم را دقت گویند. به عبارت دیگر مقدار پراکنش در اطراف میانگین می‌باشد.

صحت و دقت اغلب مترادف به حساب می‌آیند، در حالی که آنها مفاهیم کاملاً متفاوتی دارند. برای درک بهتر تفاوت بین صحت و دقت به شکل‌های زیر توجه کنید.



مثال۱: دامنهٔ اندازه‌گیری Scuteranye عبارت است از:

۱) تفاضل بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار که توسط وسیلهٔ اندازه‌گیری می‌توان مورد تشخیص قرار داد.

۲) سرعتی که دستگاه اندازه‌گیری نسبت به تغییر در ورودی از خود عکس‌العمل نشان می‌دهد.

۳) حداکثر انحراف یک قطعهٔ ساخته شده.

۴) نسبت بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار قابل خواندن توسط یک وسیلهٔ اندازه‌گیری.

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» دامنهٔ اندازه‌گیری Scuteranye یک دستگاه برابر است با تفاضل بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار که توسط وسیلهٔ اندازه‌گیری می‌توان مورد تشخیص قرار داد، به عنوان مثال دامنهٔ اندازه‌گیری میکرومتری که بین (۷۵– ۵۰) میلیمتر درجه‌بندی شده است، برابر است با:

$$۷۵ - ۵۰ = ۲۵\,\text{mm}$$

خطا (Error)

خطا برابر است با اندازه خوانده شده منهای اندازه واقعی

E: اندازه خطا

I: اندازه خوانده شده توسط وسیله اندازه‌گیری

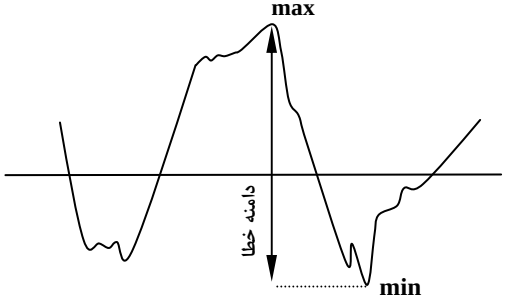
T: مقدار حقیقی کمیت مورد اندازه‌گیری

$$E = I - T$$

در بعضی موارد به جای خطا از معیار دیگری به نام ضریب تصحیح استفاده می‌گردد. **ضریب تصحیح** (Correction Factor) برابر است با اندازه حقیقی منهای اندازه خوانده شده.

$$C = T - I$$

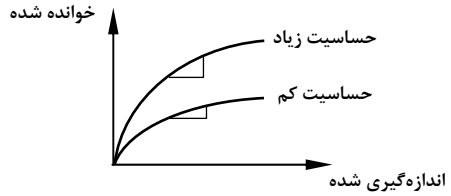
تمام وسایل اندازه‌گیری را باید پس از یک دوره زمانی استفاده کردن، تست کرد و منحنی خطای آن‌ها را رسم نمود که طبق دستورات ISO (International Standard Organization) می‌باشد.



$$\text{دامنه خطا} = \text{Pic}_{max} - \text{Pic}_{min}$$

ـ حساسیت (Sensitivity)

شیب تغییرات خروجی به تغییرات ورودی را حساسیت گویند. به بیان دیگر حساسیت عبارت است از ضریب زاویه مماس بر منحنی خوانده شده در مقابل اندازه‌گیری شده.



$$\text{حساسیت} = \frac{\text{دامنه خروجی دستگاه}}{\text{دامنه ورودی دستگاه}} \Rightarrow S = \frac{\partial q_o}{\partial q_i}$$

هر چه حساسیت یک دستگاه بیشتر باشد، دقت آن بهتر می‌شود.

بهترین حالت، زاویه 45° می‌باشد که در این حالت هم واریانس و هم خطا برابر صفر هستند و حساسیت بهتر می‌باشد (۱۰۰٪).

ـ قدرت تشخیص (Resolution)

قدرت تشخیص یک وسیله اندازه‌گیری برابر است با کمترین تغییر مقدار کمیت مورد اندازه‌گیری (ورودی دستگاه) که توسط وسیله اندازه‌گیری، با اطمینان قابل تشخیص و تفکیک می‌باشد.

مثال۲: صفحه ساعت اندازه‌گیری دارای ۱۰ قسمت بوده و حداکثر می‌تواند تا یک میلی‌متر را اندازه‌گیری نماید. اگر درجه‌بندی این ساعت به نحوی باشد که تا $\frac{1}{10}$ هر قسمت قابل تشخیص باشد، قدرت تشخیص آن چقدر است؟

۱) ۰/۱ میلی‌متر ۲) ۰/۰۱ میلی‌متر ۳) ۰/۰۰۱ میلی‌متر ۴) اطلاعات کافی نیست.

☑ **پاسخ:** گزینه «۲»

$$R = \frac{1}{10 \times 10} = 0/01\text{mm}$$

مثال۳: در خواندن میکرومتری با قابلیت تفکیک (Resolution)، ۰/۰۰۵ میلی‌متر، صحیح‌ترین مورد کدام است؟

۱) ۱۵/۸۵۵, ۱۴/۴۱۰ ۲) ۱۷/۲۸۰, ۱۶/۳۵۴
۳) ۱۸/۲۵۰, ۲۰/۱۴۲ ۴) ۲۰/۵۵۲, ۱۷/۱۲۸

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» با توجه به آن که قدرت تشخیص میکرومتر ۰/۰۰۵mm می‌باشد. لذا تنها در گزینه (۱) اندازه‌هایی با این ریزنگری قرائت شده است.

ـ تکرارپذیری (Repeatability)

یکی از ویژگی‌های مهم هر دستگاه اندازه‌گیری، تکرار پذیری نتایج اندازه‌گیری آن است، به این معنا که اگر یک آزمایش در زمانهای مختلف با ورودی‌های یکسان تکرار شود، نتایج یکسان بدست آید. در حقیقت تکرارپذیری معیاری است برای سنجش پراکندگی مقادیر اندازه‌گیری شده به ازای یک ورودی ثابت.

ـ پرش اضافه (Over shoot)

با توجه به اینکه عقربه ساعت اندازه‌گیری دارای جرم می‌باشد، بنابراین پس از حرکت و سرعت گرفتن از حاصلضرب جرم در ساعت ، ممانی ایجاد می‌گردد که باعث می‌شود عقربه به نقاط دورتر از نقطه پایدار خود کشانده شود. پرش اضافه یک دستگاه اندازه‌گیری برابر است با بیشترین مقداری که عقربه از محل نقطه پایدار خود دور می‌شود. بدیهی است که دستگاه‌های دیجیتالی پرش اضافه ندارند.

ـ راندمان (Efficiency)

راندمان دستگاه اندازه‌گیری عبارت است از نسبت بیشترین مقدار قابل خواندن توسط دستگاه به توان گرفته شده از کمیت مورد اندازه‌گیری هنگامی که دستگاه بیشترین مقدار را نشان می‌دهد.

$$\eta = \frac{\text{بیشترین مقدار قابل خواندن}}{\text{توان گرفته شده به ازای بیشترین اندازه خوانده شده}} = \frac{V_{max}}{P_{max}}$$

ـ عدم قطعیت

عدم قطعیت در اندازه‌گیری علاوه بر وسیله و روش اندازه‌گیری، به خطای خواندن نیز مربوط می‌شود، به طوری که خواندن نشانه مقابل تقسیمات مقیاس با دقتی برابر $\pm\%10$ تقسیمات مقیاس انجام می‌شود و در حالتی که شاخص بین خطوط مقیاس قرار دارد، دقت در حدود $\pm\%20$ تقسیمات مقیاس است.

ـ تلرانس (Tolerance)

حداکثر انحراف یک قطعه ساخته شده از اندازه خاص خودش را گویند. یا به عبارت دیگر، میزان خطای مجاز مشخص شده بوسیله طراح را تلرانس یا رواداری می‌گویند.

ـ واریانس (Variation)

فاصله بین مقدار خوانده شده در مقابل مقدار اندازه‌گیری شده در وضعیت‌های رفت و برگشت را واریانس گویند. به عبارت دیگر فاصله عمودی بین دو منحنی را واریانس گویند و وسیله‌ای ایده‌آل‌تر است که واریانس آن صفر باشد.

وجود واریانس باعث عدم اطمینان در اندازه‌گیری می‌شود. واریانس برای هر قطعه و وسیله‌ای یکسان نیست.

اگر وسیله‌ای واریانس نداشته باشد، منحنی رفت و برگشت آن بر هم منطبق خواهد شد. وسیله‌ای که دارای واریانس است، براحتی نمی‌توان خطای آن را جبران نمود. وسیله‌ای که واریانس نداشته باشد، براحتی می‌توان خطای آن را بوسیله منحنی خطا جبران کرد.

مثال۴: اگر اندازه واقعی قطعه‌ای برابر ۲۵/۵۵ میلی‌متر باشد ولی پس از اندازه‌گیری توسط اپراتور، مقدار ۲۵/۶۳ میلی‌متر خوانده شود، مقدار خطا برابر است با:

۱) $60\mu m$ ۲) $80\mu m$ ۳) $160\mu m$ ۴) $0/08\mu m$

☑ **پاسخ:** گزینه «۲»

$$E = I - T \Rightarrow E = 25/63 - 25/55 = 0/08mm = 80\mu m$$

مثال۵: مفهوم ریزنگری (Resolution) کدام است؟

۱) دقت ابعاد قطعات
۲) کمترین اندازه قابل رؤیت در وسیله اندازه‌گیری
۳) میزان پراکندگی اندازه‌ها
۴) میزان نزدیکی اندازه‌ها به یکدیگر

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» قدرت تشخیص (Resolution) یک وسیله اندازه‌گیری برابر است با کمترین تغییر مقدار کمیت مورد اندازه‌گیری (ورودی دستگاه) که توسط وسیله اندازه‌گیری با اطمینان قابل تشخیص و تفکیک می‌باشد.

مثال۶: کولیسی با دقت ۰/۰۵ میلی‌متر در هر سه میلی‌متر ۰/۰۵ میلی‌متر اندازه‌ها را زیاد نشان می دهد در قرائت عدد ۳۵۴ میلی‌متر، اندازه صحیح کدام است؟

۱) ۳۵۳/۸۵ ۲) ۳۵۴/۰۵ ۳) ۳۵۹/۹۰ ۴) ۳۴۸/۱۰

☑ **پاسخ: گزینه «۴»**

$$354 - (\frac{354}{3} \times 0/05) = 348/10mm$$

مثال ۷: شیب تغییرات خروجی به تغییرات ورودی یک وسیله اندازه‌گیری را ..... گویند.

۱) تکرارپذیری (Repeatability)
۲) قدرت تشخیص (Resolution)
۳) حساسیت (Sensitivity)
۴) ضریب تصحیح (Correction Factor)

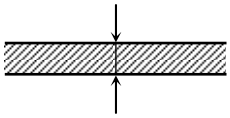
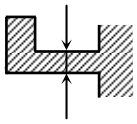
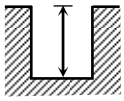
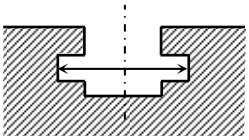
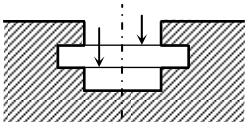
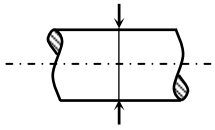
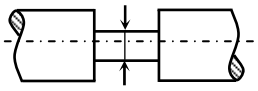
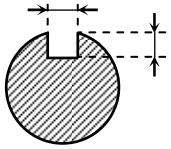
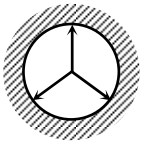
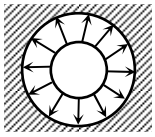
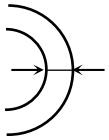
☑ **پاسخ:** گزینه «۳» حساسیت (Sensitivity) شیب تغییرات خروجی به تغییرات ورودی را حساسیت گویند.

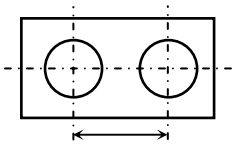
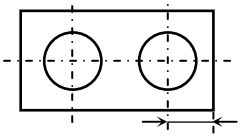
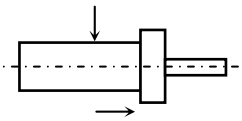
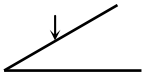
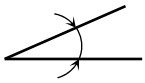
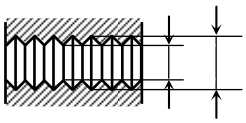
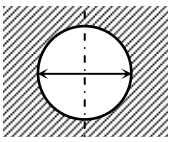
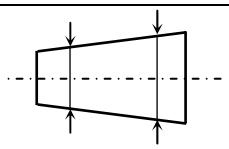
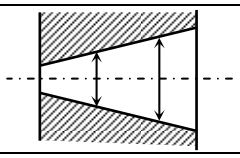
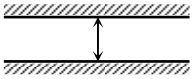
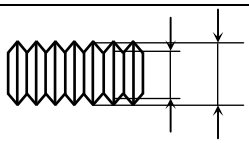
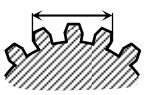
$$\text{حساسیت} = \frac{\text{دامنه خروجی دستگاه}}{\text{دامنه ورودی دستگاه}}$$

هر چه حساسیت یک دستگاه بیشتر شود، دقت آن بهتر می‌شود.

کاربردهای رایج اندازه‌گیری

در جدول زیر برخی از کاربردهای مهم و رایج در بحث اندازه‌گیری، بیان شده‌اند.

NO	توضیح	تصویر
۱	اندازه‌گیری ضخامت یا اندازه‌گیری فاصله خارجی صفحات موازی	
۲	اندازه‌گیری ضخامت پروفیل‌ها و فرورفتگی‌ها در گوشه‌ها	
۳	اندازه‌گیری در عمق و یا نقاط صفحه	
۴	اندازه‌گیری قطر داخل یک سوراخ یا شکاف	
۵	اندازه‌گیری در عمق شکاف‌ها و سوراخ‌ها	
۶	اندازه‌گیری قطرهای خارجی	
۷	اندازه‌گیری قطر خارجی بر روی شیار	
۸	اندازه‌گیری در عمق و پهنای یک شکاف روی محور	
۹	اندازه‌گیری در سه نقطه یک قطر داخلی	
۱۰	اندازه‌گیری در چندین نقطه قطر داخلی	
۱۱	اندازه‌گیری ضخامت جداره لوله و مناطق حاوی قوس	

NO	توضیح	تصویر
۱۲	اندازه‌گیری فاصله بین مراکز سوراخ‌ها	
۱۳	اندازه‌گیری مرکز سوراخ تا لبه قطعه‌کار	
۱۴	اندازه‌گیری نقایص یک شکل	
۱۵	اندازه‌گیری شیب	
۱۶	اندازه‌گیری زاویه	
۱۷	اندازه‌گیری یا تست مقدار تخت بودن سطوح	
۱۸	اندازه‌گیری قطر داخلی و قطر متوسط رزوه مهره‌ها	
۱۹	اندازه‌گیری در دو نقطه قطر داخلی	
۲۰	اندازه‌گیری سطح خارجی مخروط یا یک شیب	
۲۱	اندازه‌گیری سطح داخلی یک مخروط	
۲۲	اندازه‌گیری سایز یا سطح داخلی صفحات موازی	
۲۳	اندازه‌گیری قطر خارجی و قطر متوسط یک پیچ	
۲۴	اندازه‌گیری ضخامت دندانه‌های چرخدنده و کنترل آن	

خطاهای اندازه‌گیری

خطا در اثر عواملی مانند خطای وسیله اندازه‌گیر، اعمال نیروی نامناسب و درجه حرارت محیط بروز می‌کند. بدین ترتیب هیچ‌گاه نمی‌توان اندازه‌گیری مطلق و بدون اشتباه انجام داد. اگر خطاها ناشی از وسیله اندازه‌گیری باشد، خطای ابزار و چنانچه از طرف شخص اندازه‌گیر باشد، خطای اپراتور نامیده می‌شود. خطاها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱. خطاهای قابل حذف ۲. خطاهای غیر قابل حذف (ذاتی)

خطاهای قابل حذف (can be eliminated)

به خطاهایی که قابل پیش‌بینی و پیشگیری هستند، گفته می‌شود و عبارتند از:

۱. خطاهای محیطی: این خطاها مانند اثرات درجه حرارت، رطوبت، گرد و خاک، دود، فشار و دی اکسید کربن می‌باشد.

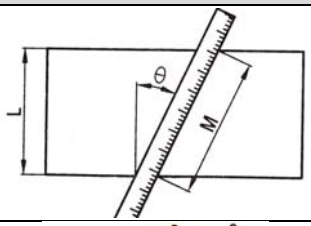
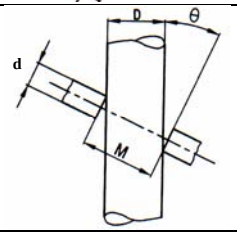
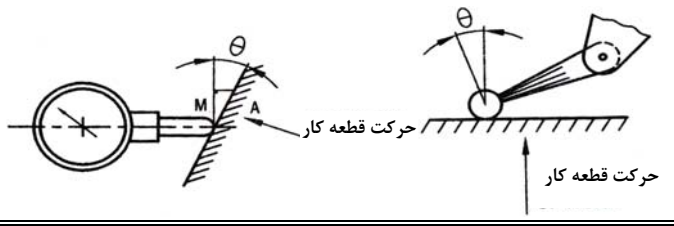
توجه : برای رفع مشکل خطاهای محیطی نظیر درجه حرارت می‌توان از روش‌های مقایسه‌ای استفاده کرد.

وسیله مقایسه کننده کمپراتور (Comparator) نام دارد. البته مقایسه را با گیج بلوک (Slip Gauge) هم می‌توان انجام داد.

به عنوان مثال، رطوبت، دود، گرد و غبار، دی‌اکسید کربن و فشار بر روی غلظت محیط و سرعت نور در محیط تأثیر می‌گذارند که در اندازه‌گیری‌هایی نظیر اندازه‌گیری توسط لیزر تأثیرگذار است.

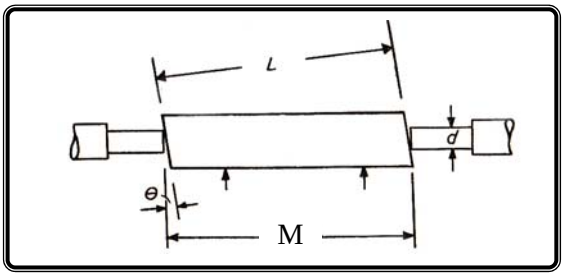
۲. خطای هم مسیر درآوردن: این خطاها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) خطاهای مثلثاتی: در اثر عدم انطباق صحیح محور کار با ابزار (عمود نبودن بُعد مورد اندازه‌گیری با فک‌های وسیله اندازه‌گیری) خطای مثلثاتی ایجاد می‌شود. به عنوان مثال:

NO	نوع وسیله اندازه‌گیری	رابطه	شکل
1	خطا در کولیس	$E = M - L$ $L = M\cos\theta$ $E = M - M\cos\theta$ $\Rightarrow E = M(1-\cos\theta)$	
2	خطا در میکرومتر	$E = M - D$ $D = M\cos\theta - d\sin\theta$	
3	خطا در ساعت	$M = A\cos\theta$ $A = \frac{M}{\cos\theta}$	

اگر زاویه θ خیلی کوچک باشد، خواهیم داشت: $D = M - d.\theta$

خطای مشابهی در شکل زیر اتفاق می‌افتد. اگر مقطع قطعه میله‌ای به صورت عمود بر محور طولی اندازه‌گیری نباشد، طول L برابر $M - d.\theta$ می‌گردد.



مثال۸: میکرومتری با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر و قطر فک ۱۰mm و با زاویه انحراف ۱۰۰ ثانیه ، اندازه قطعه‌ای را ۱۰۰ mm می‌خواند. اندازه واقعی و دقیق قطعه چقدر است؟

۱) ۹۹/۹۹۰ mm ۲) ۹۹/۹۹۹mm ۳) ۹۹/۹۹۵mm ۴) ۱۰۰mm

☑ **پاسخ:** گزینه «۳»

$$D = M\cos\theta - d\sin\theta \Rightarrow D = [۱۰۰\times\cos(\frac{۱}{۳۶})] - [۱۰\times\sin(\frac{۱}{۳۶})] = ۹۹/۹۹۵mm$$

مثال۹: کولیسی با دقت ۰/۱mm و زاویهٔ انحراف ۸ درجه، پهنای قطعه‌کاری را ۶۰ میلیمتر می‌خواند. اندازهٔ واقعی قطعه چندمیلیمتر است؟ ($\sin ۸^\circ = ۰/۱۳۹۲$, $\cos ۸^\circ = ۰/۹۹۰۳$)

۱) ۵۹/۸ ۲) ۵۹/۶ ۳) ۵۹/۴ ۴) ۵۹/۲

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» در اثر عدم انطباق صحیح محور کار با ابزار (عمود نبودن بُعد مورد نظر با فک‌های وسیلهٔ اندازه‌گیری) خطای مثلثاتی (کسینوسی) ایجاد می‌شود.

(M : اندازهٔ خوانده شده ، θ : زاویهٔ انحراف ، L : پهنای قطعه‌کار)

$$L = M\cdot\cos\theta = ۶۰\times ۰/۹۹۰۳ = ۵۹/۴mm$$

ب) خطای مسیر دید: این خطا مربوط به مسیر رویت اپراتور می‌باشد. برای خواندن درست اندازه باید به محل اندازه‌گیری به صورت عمود نگاه کرد.

۳. خطای ناشی از نیروهای غیر استاندارد وارده به قطعه کار تحت اندازه‌گیری

۴. خطاهای ناشی از سطح تکیه‌گاهی که بر روی آن اندازه‌گیری صورت می‌پذیرد.

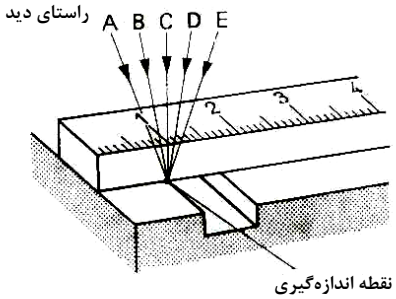
برای رفع خطای ناشی از سطوح تکیه‌گاهی، از **سطوح تختی (Surface Plate)** استفاده می‌شود.

این سطوح باید صلبیت بالایی داشته و تحت تأثیر قطعه‌کار، در آنها تغییرشکل ایجاد نشود. همچنین باید در مقابل خراش و آسیب‌دیدگی مقاوم بوده و ارتعاشات را از بین برده و به محیط اندازه‌گیری منتقل نکند. این سطوح باید به راحتی با قطعه کار تبادل حرارتی کرده و همچنین خودشان تحت تأثیر حرارت، دچار تغییر شکل نشوند.

۵. خطای ناشی از ارتعاشات و سر و صدای محیط آزمایشگاه

۶. وجود خطا در سوار نمودن قطعات و اجزاء وسیله اندازه‌گیری

مثال۱۰: کدامیک از راستاهای دید جهت اندازه‌گیری درست است؟



۱) A

۲) B

۳) C

۴) D

☑ **پاسخ:** گزینه «۳»

خطاهای غیر قابل حذف (ذاتی) (Can not be eliminated)

به خطاهایی که قابل پیش‌بینی و پیش‌گیری نیستند گفته می‌شود و عبارتند از:

۱. وجود خطاهای ابعادی و کالیبراسیون و سایر خطاها در اجزاء وسیله‌اندازه‌گیری که ناشی از خطای اولیه ساخت، استهلاک آنها در حین کارکرد یا صدمه دیدن آنها به خاطر قرار گرفتن در شرایط محیطی نامناسب یا اعمال نیروهای غیرمجاز است.

۲. پیدایش خطا در اثر تغییر شکل اجزاء تحت تأثیر وزن

۳. پیدایش خطا در اثر تغییر شکل اجزاء به خاطر آزاد شدن تنش‌های پسماند به مرور زمان

۴. عیوب الکترونیکی بخاطر خرابی یا فرسوده شدن قطعات الکترونیکی مدار اصلی و سنسورهای اندازه‌گیری و نیز پیدایش اختلالات و پارازیت‌های مغناطیسی، الکتریکی و الکترومغناطیسی در سیستم

۵. خطای خواندن یا حس نمودن که هر چه خطوط نشانه وسیله اندازه‌گیری ریزتر و پررنگ‌تر باشد، خطا کمتر است.

خطاهای ساده و مرکب

خطای ساده، خطای اندازه‌گیری یک جزء ساده می‌باشد ولی هنگامی که تعیین اندازه مرکب باید به واسطه اندازه‌گیری مقادیر ساده انجام گیرد، خطای کل حاصل شده برابر با مجموع حاصل ضرب‌های خطای هر جزء در ضریب تأثیر آن بر خطای کل خواهد بود که به آن خطای مرکب گویند.

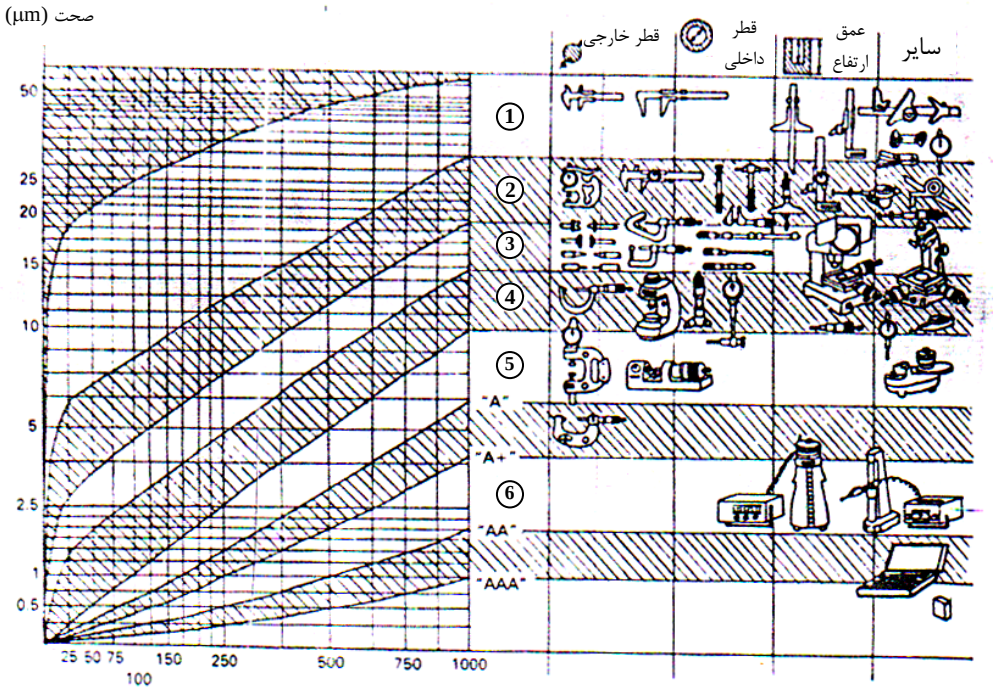
احتمال خطا

احتمال خطا به درجه دقت اندازه گرفته شده بر می‌گردد. در یک اندازه‌گیری، وقتی مقدار انحراف از مقدار اسمی تعیین می‌شود، باید احتمال خطا در تعیین انحراف نیز ذکر گردد. احتمال خطا، ریشه دوم مجموع مجذورهای احتمال خطاهای اندازه‌گیری در تعیین اندازه نهایی می‌باشد.

$$\text{احتمال خطا} = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \dots}$$

نیازمندیهای آزمایشگاه اندازه‌گیری دقیق

۱. **روشنایی:** مقدار نور مورد نیاز یک آزمایشگاه بین ۵۰ تا ۱۵۰ فوت شمع است.
۲. **دما:** میزان دمای آزمایشگاه مکانیک ۲۰±۱ درجه سانتی‌گراد (۶۸°F) است.
۳. **رطوبت:** مقدار رطوبت نسبی آزمایشگاه بین ۳۵ تا ۵۵ درصد است.
۴. **صدا:** مقدار صدا بایستی کمتر از ۷۵Db (دسی بل) باشد.
۵. **فشار هوا:** ۷۶۰ میلی‌متر جیوه، بخار آب در فشار ۷ میلی‌متر جیوه و شامل ۰/۰۳% حجم دی‌اکسید کربن.
اگر شرایط اندازه‌گیری با این مقادیر متفاوت باشد، باید ضرایب تصحیح به کاربرده شوند.
از نظر دقت و صحت انواع وسایل اندازه‌گیری، می‌توان شکل و نمودار زیر را در نظر گرفت.



۱. کولیس‌های ورنیه‌دار ـ گیج ارتفاع
۲. قطر سنج ـ ارتفاع سنج ـ ساعت اندازه‌گیری
۳. میکرومتر داخلی ـ میکرومتر خارجی
۴. گیج استوانه‌ای ـ میکرومتر خارجی با مقیاس ورنیه ـ ساعت اندازه‌گیری
۵. گیج بلوک
۶. ارتفاع سنج دیجیتالی

مثال۱۱: کدامیک از خطاهای زیر در گروه خطاهای قابل حذف (دائمی) قرار ندارد؟

۱) فشار درگیری ۲) خطای مسیر دید ۳) خطای کمانشی ۴) تغییر ناگهانی دما

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» خطاهای اتفاقی (غیرقابل حذف) به طور ناگهانی رخ می‌دهد؛ لذا قابل پیش بینی و پیشگیری نیستند. مانند: تغییر ناگهانی فشار، دما، رطوبت، جریان هوا، ایجاد جریان مغناطیسی و ... .

مثال۱۲: دمای آزمایشگاه اندازه‌گیری چند درجه است؟

۱) ۲۰ ۲) ۲۵ ۳) ۲۸ ۴) ۴۰

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» میزان دمای آزمایشگاه بایستی به طور دائم تحت کنترل باشد. دمای آزمایشگاه بخش مکانیک ($۲۰^\circ \pm ۱^\circ$) است.

مثال۱۳: عمل تست و تنظیم وسایل اندازه‌گیری را ... گویند.

۱) دامنهٔ اندازه‌گیری ۲) کالیبراسیون ۳) دقت اندازه‌گیری ۴) کنترل

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» عمل تست و تنظیم وسایل اندازه‌گیری را «کالیبراسیون» گویند.

مثال۱۴: کدام گزینه مفهوم دقت (Precision) در اندازه‌گیری را بیان می‌کند؟

۱) قابلیت ردیابی اندازه‌ها نسبت به یکدیگر ۲) نزدیکی خروجی‌های یک سیستم اندازه‌گیری نسبت به یکدیگر
۳) نزدیکی خروجی‌های یک سیستم اندازه‌گیری نسبت به مقدار مرجع ۴) پراکندگی خروجی‌های یک سیستم اندازه‌گیری نسبت به مقدار مرجع

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» دقت Precision نزدیکی خروجی‌های یک سیستم اندازه‌گیری نسبت به یکدیگر می‌باشد.