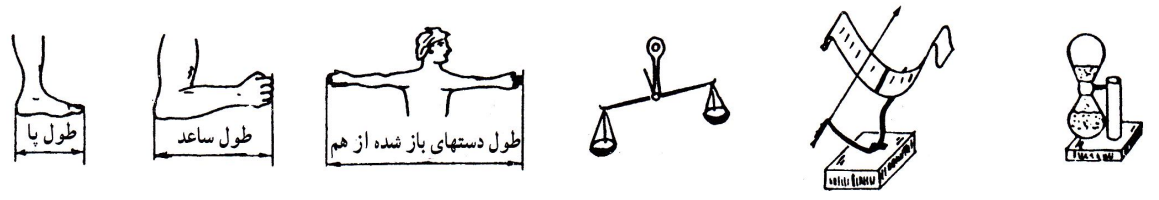
پیشگفتار

تاریخچه

« هرگاه شما بتوانید آنچه را که درباره‌اش صحبت می‌کنید اندازه بگیرید و به عدد نشان دهید در اینصورت می‌توان گفت شما به آن آگاهید. ولی اگر نتوانید آن را اندازه گرفته و به عدد نشان دهید در این صورت دانش شما ضعیف و ناچیز است.» لُرد کلوین (1824-1907)

فرایند سنجش و اندازه‌گیری عوامل مختلف در زندگی بشر از بدو خلقت اهمیت زیادی داشته است و هر فرد راغب بوده که نتیجهٔ کار و یا اهمیت آن را با معیاری اندازه بگیرد.

سابقهٔ اندازه‌گیری به عهد باستان برمی‌گردد و می‌توان آن را به عنوان یکی از قدیمی‌ترین علوم به حساب آورد. به طوری که از حدود ۷۰۰۰ سال پیش بشر از مقادیر شناخته شده‌ای همچون طول اعضای بدن (طول انگشت، دست، بازو، پا و ...) به منظور اندازه‌گیری و مبادلات تجارتی استفاده می‌کرده است.



ساعت ماسه‌ای — ساعت خورشیدی — ترازوی شاهین‌دار (ترازوی قدیمی) — اندازه‌گیرهای طول قدیمی

مقادیر مبنا در اندازه‌گیری و ابزارهای اندازه‌گیر قدیمی

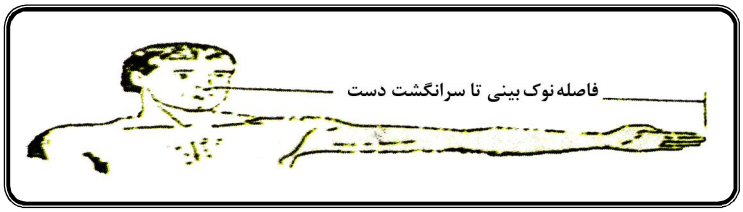
در گذشته‌های دور از طول رودخانه‌های مهم (مانند نیل، گنگ، یانگ تسه، هوانگ هوو) به عنوان الگوهای اندازه استفاده می‌شده است. در طیف بسیار گسترده اثبات شده که مصری‌ها از دیرباز دارای یک سیستم کامل اندازه‌گیری بوده‌اند. اثبات این موضوع را می‌توان در قدرت مصری‌ها در ساخت اهرام ثلاثه قرن‌ها سال قبل از میلاد مسیح جستجو کرد. آثار و شواهد نشان می‌دهد که هر یک از یال‌های هرمی به طول ۷۷۵ فوت (۲۳۶/۵۲ متر) خطایی معادل ۰/۶ اینچ (۱۵ میلی‌متر) دارد و میزان خطا در زوایای آن ۱۲ ثانیه است و این امر اهمیت دقت اندازه‌گیری را در آن زمان نشان می‌دهد.

در ۲۹۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، فاروق خوفا (PHRAGH KHUFA) فرعون مصر تصمیم به ساختن یک هرم (PYRAMID) برای آرامگاهش گرفت و برای حصول اطمینان از صحت ساخت آن از مقیاسی بنام کیوبیت (CUBIT) استفاده کرد که طول آن برابر با مقدار فاصله نوک انگشت وسطی تا آرنج بوده است. از واحد کیوبیت (ارش) نمونه‌های استانداردی تهیه شده و در موزه‌ها نگهداری می‌شود.

ابتدایی‌ترین استاندارد طولی که از نظر تاریخی می‌توان به آن مراجعه کرد به نام اولنا (ULNA) معروف است. اولنا توسط ادوارد اول در انگلستان و در حدود سال ۱۳۵۰ میلادی وضع گردیده و عبارت است از اندازهٔ استخوان زیرین ساعد انسان. و طول اولنای ادوارد اول مبنای استاندارد بوده است. واحد بزرگ‌تر اولنا، پرچ (PERCH) می‌باشد که هر پرچ معادل ۵/۵ اولنا در نظر گرفته شده است.

★ در استاندارد اولیهٔ انگلستان واحد کوچکتر طول، اینچ (INCH) انتخاب شده است و هر اینچ طول سه دانه‌جو خشک شده است که کنار هم قرار گرفته باشند.

در قرن سیزدهم میلادی، هِنری اول (HENRY) پادشاه انگلستان طول پای خود را به عنوان یک فوت (FOOT) برای اندازه‌گیری طول معرفی نمود و هم‌چنین فاصلهٔ نوک بینی تا سرانگشت دست خود را به عنوان یارد استاندارد (YARD) اعلام کرد.



این استاندارد در سال ۱۵۸۸ میلادی بوسیلهٔ الیزابت اول کنار گذاشته شد. هر دو استاندارد امروزه در موزهٔ کینزیگتون (Kensingten) نگهداری می‌شوند؛ یارد هنری حدود ۰/۰۴ اینچ و یارد الیزابت اول حدود ۰/۰۱ اینچ از یارد امروزه کوتاه‌تر است.

با آن‌که یارد الیزابت اول شکسته شد، اما بعد به وسیله یک تخته شکسته‌بندی تعمیر گردید و تا مدت‌ها به عنوان استاندارد قانونی در انگلستان باقی ماند.

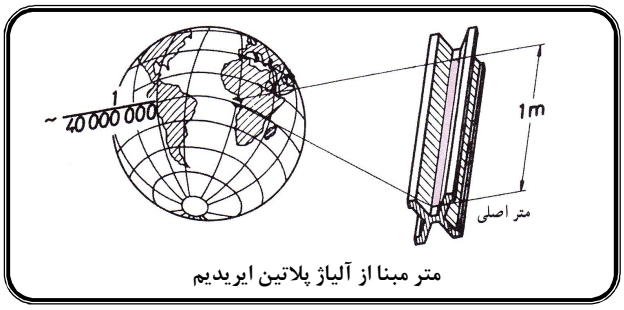
درسال ۱۷۶۰میلادی استاندارد جدیدتری بوسیلهٔ جان برد (JHONBIRD) تهیه شد. این استاندارد از یک میلهٔ برنزی که در روی آن دو عدد پین طلایی جاسازی شده بود، ساخته شد. در این استاندارد فاصله میان علامت‌های ظریفی که در روی هر یک از دو پین حک شده است، اندازهٔ یارد استاندارد را نشان می‌دهد. تهیهٔ یارد استاندارد فوق گام مثبتی در تهیه استاندارد یارد به شمار می‌رفت اما از اشکالاتی مانند دقت خطوط، سطوح، تغییرات فیزیکی و از بین رفتن آن در اثر جنگ‌ها برخوردار بود.

لایحهٔ قانونی مربوط به این استاندارد تا سال ۱۸۲۴ بدلیل مرگ جورج دوم از مجلس نگذشت و تا سال ۱۹۶۰میلادی یاردهای استانداردی به وسیلهٔ کاپیتان کاتر (CAPTANKATER)، بای لی (BAILEY) و منجم سلطنتی سرجورج ایری (SIR GEORGE AIRY) در انگلستان مورد استفاده قرار گرفت.

بدیهی است کشورهای مختلف نیز برحسب سلیقه‌ی خود، واحدهای گوناگونی را به عنوان مبنا انتخاب می‌کرده‌اند. به عنوان مثال در سال ۱۷۹۰ میلادی دولت وقت فرانسه کمیته‌ای را تشکیل داد تا یک سیستم آسانتر اندازه‌گیری برای طول بیابد. یک سال بعد واحدی بنام متر (METER) برای طول به شرح زیر پیشنهاد شد:

یک متر عبارت است از $\frac{1}{10000000}$ ربع طول نصف‌النهار کرهٔ زمین که از شهر پاریس می‌گذرد.

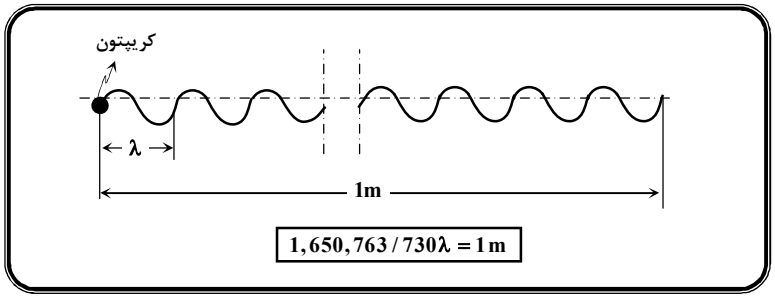
★ در سال ۱۷۹۹ میلادی منشور پلاتین با مقطع مستطیل $(25mm \times 4mm)$ و در سال ۱۸۹۹ میلادی منشوری از جنس آلیاژ پلاتین ایریدیم به نام متر مبنا ساخته شد.



متر مبنا از آلیاژ پلاتین ایریدیم

در اکتبرسال ۱۹۶۰ میلادی و در یازدهمین جلسهٔ اوزان و مقادیر تعریف جدیدی برای متر به شرح زیر ارائه شد:

یک متر برابر است با: ۱۶۵۰۷۶۳/۷۳ برابر طول موج نور نارنجی تشعشع شده در خلاء از گاز کریپتون ۸۶ .



★ در اکتبر ۱۹۸۳ میلادی و در هفدهمین کنفرانس اوزان و مقادیر در شهر پاریس آخرین تعریف متر به شرح زیر ارائه شد:

یک متر عبارت است از مسافتی که نور در $\frac{1}{299792458}$ ثانیه در خلاء می‌پیماید.

همان‌طور که ذکر شد در تاریخ بشر سیستم‌های اندازه‌گیری متعددی وجود داشته است. این سیستم‌ها مبتنی بر تمدن، فرهنگ، موقعیت جغرافیایی و... بوده است. با پیشرفت تکنولوژی لزوم یکسان‌سازی آحاد احساس شد و سرانجام دوسیستم عمدهٔ **متریک** و **اینچی** تدوین گردید که اکثر کشورهای جهان یکی از آنها را پذیرفته و مورد استفاده قرار می‌دهند.

سیستم متریک

از جمله متداول‌ترین سیستم‌های اندازه‌گیری می‌باشد که ویژگی بارز آن، ده دهی بودن رقم‌های اعشاری این سیستم است. براین اساس امروزه اکثر کشورهای جهان سیستم خود را به متریک سوق می‌دهند و دراین راستا سیستم بین‌المللی SI (System International) تدوین شده است.

★ در سیستم بین‌المللی SI برای کمیت اصلی طول واحد **متر** پیشنهاد شده است و برای نمایش اجزا و اضعاف متر از پیشوندهایی استفاده می‌شود:

واحدهای اندازه‌گیری طول در دستگاه یکاهای متریک				
ردیف	یکا (واحد)	علامت اختصاری	شرح انگلیسی	مقدار (m)
۱	اگزامتر	Em	Egxa meter	$۱۰^{۱۸}$
۲	پتامتر	Pm	Peta meter	$۱۰^{۱۵}$
۳	ترامتر	Tm	Tera meter	$۱۰^{۱۲}$
۴	گیگامتر	Gm	Giga meter	$۱۰^{۹}$
۵	مگامتر	Mm	Mega meter	$۱۰^{۶}$
۶	کیلومتر	Km	Kilo meter	$۱۰^{۳}$
۷	هکتومتر	hm	Hecto meter	$۱۰^{۲}$
۸	دکامتر	dam	Deca meter	۱۰
۹	متر	m	meter	۱
۱۰	دسی‌متر	dm	Deci meter	$۱۰^{-۱}$
۱۱	سانتی‌متر	cm	Canti meter	$۱۰^{-۲}$
۱۲	میلی‌متر	mm	Mili meter	$۱۰^{-۳}$
۱۳	میکرومتر	μm	Micro meter	$۱۰^{-۶}$
۱۴	نانومتر	nm	Nano meter	$۱۰^{-۹}$
۱۵	آنگسترم	A	Angstrom	$۱۰^{-۱۰}$
۱۶	پیکومتر	pm	Pico meter	$۱۰^{-۱۲}$
۱۷	فمتومتر	fm	Femto meter	$۱۰^{-۱۵}$
۱۸	آتومتر	am	Ato meter	$۱۰^{-۱۸}$

سیستم اینچی

این سیستم که بنام سیستم انگلیسی نیز معروف است در کشورهای انگلستان، آمریکا و دیگر کشورهای انگلیسی زبان مورد استفاده قرار می‌گیرد. واحد طول در این سیستم **فوت** می‌باشد و واحدهای دیگر آن عبارتند از:

واحدهای اندازه‌گیری طول در دستگاه یکاهای انگلیسی (اینچی)				
ردیف	یکا (واحد)	علامت اختصاری	شرح انگلیسی	مقدار (Yard)
۱	اینچ	in	Inch	$\frac{۱}{۳۶}$ Yard
۲	فوت	Ft	Foot	$\frac{۱}{۳}$ Yard
۳	یارد	Yd	Yard	۱ Yard
۴	مایل	Ml	Mile	۱۷۶۰ Yard

ضرایب تبدیل واحدهای سیستم انگلیسی به سیستم متریک

$۱in = ۲/۵۴cm = ۲۵/۴mm$

$۱ft = ۱۲'' = ۳۰/۴۸cm = ۳۰۴/۸mm$

$۱yd = ۳ft = ۳۶'' = ۹۱/۴۴cm$

★ در سال ۱۹۶۰میلادی در آمریکا هریارد معادل $\frac{۳۶۰۰}{۳۹۳۷}$ متر استاندارد تعریف شد.

$۱YARD \cong ۰/۹۱۴۴m$

فصل اول

« اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه‌گیری »

استاندارد (Standard)

استاندارد نظمی است مبتنی بر نتایج استقرار علوم فنون و تجارب بشری در رشته‌ای از فعالیت‌های عمومی که به صورت مقررات، نظامنامه و قواعد به منظور ایجاد هماهنگی و وحدت، توسعهٔ تفاهم، تسهیل ارتباطات، صرفه‌جویی کلی در اقتصاد ملی، حفظ سلامت و ایمنی عمومی و گسترش مبادلات بازرگانی داخلی و خارجی به کار می‌رود. به طور خلاصه استاندارد را می‌توان چنین تعریف کرد:

" استاندارد یعنی پیدا کردن مشخصه‌هایی برای همگن کردن نوع تولید "

کیفیت (Quality)

سازمان بین‌المللی استاندارد ISO (International Standard Organization) ، کیفیت را به صورت زیر تعریف کرده است:

" توانایی مجوعه‌ای از ویژگی‌های ذاتی یک محصول، سیستم یا فرآیند در برآورده کردن نیازمندی‌ها "

کمیت

خصیصهٔ ذاتی یک پدیده؛ جسم یا ماده که بتوان بطور کیفی تشخیص داد و بطور کمّی تعیین کرد. مانند: طول، زمان، جرم، جریان الکتریکی، دما، مقدار ماده و شدت روشنایی.

مترولوژی (Metrology)

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

اندازه‌گیری (Measurment)

اندازه‌گیری عبارت است از مقایسه کمیتی با واحد مقرر قانونی توسط ابزار مربوطه (وسیله اندازه‌گیری). به عبارت دیگر اندازه‌گیری به مجموعه اعمالی گفته می‌شود که به منظور تعیین اندازهٔ یک کمیت فیزیکی بکار می‌رود و ممکن است به صورت خودکار یا نیمه خودکار صورت گیرند.

★ در استفاده از وسایل اندازه‌گیری بایستی تعاریف زیر مورد ارزیابی قرار گیرد:

ویژگی‌های دستگاه‌های اندازه‌گیری

صحت (Accuracy)

صحت تفاوت یکسری اندازه‌گیری‌ها و مقدار واقعی می‌باشد. در حقیقت، صحت (درستی) به نزدیکی خروجی‌های یک وسیلهٔ اندازه‌گیری نسبت به مبدأ مورد نظر (مقدار واقعی) اطلاق می‌گردد.

دقت (Precision)

دقت مقدار پراکنش در اطراف میانگین می‌باشد. به عبارت دیگر، دقت نزدیکی خروجی‌های یک سیستم نسبت به یکدیگر است. لازم به توضیح است که دقت زیاد به مفهوم درستی بالای اندازه‌گیری نیست.

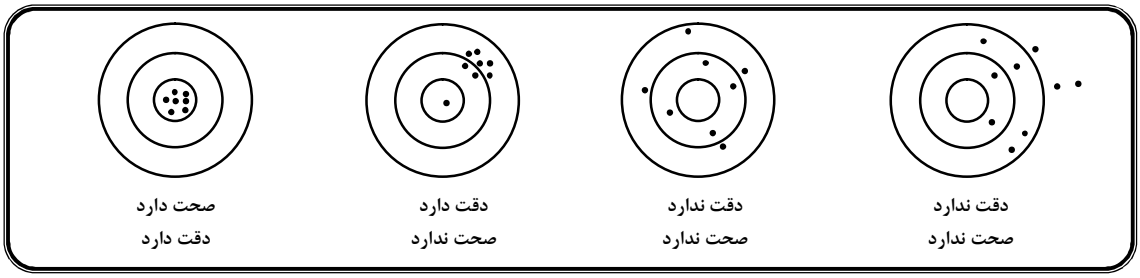
مثال۱: نزدیکی خروجی‌های یک وسیله اندازه‌گیری نسبت به یکدیگر، چه نام دارد؟

۱) صحت ۲) دقت ۳) خطا ۴) حساسیت

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» به نزدیکی خروجی‌های یک وسیلهٔ اندازه‌گیری نسبت به یکدیگر، دقت (Precision) گویند.

گرایش (Biad)

گرایش معرف خطای ثابتی است که در کل گسترهٔ اندازه‌گیری وسیلهٔ اندازه‌گیری وجود دارد. این خطا معمولاً از طریق تنظیم قابل رفع است. مفهوم دقت و صحت را می‌توان در عمل تیراندازی بهتر درک نمود. در اشکال زیر چنانچه همهٔ تیرها در محدودهٔ خال وسط قرار گیرند تیرانداز از دقت و صحت لازم در عمل تیراندازی برخوردار است و اگر تیرها به یک محل به غیر از خال وسط اصابت نمایند، تیرانداز دقت داشته ولی فاقد صحت بوده و در صورتی که تیرها به صورت پراکنده در محل‌های مختلف قرار گیرند، تیرانداز از دقت و درستی برخوردار نمی‌باشد.



خطا (Error)

هرگاه T اندازهٔ واقعی و I اندازهٔ خوانده شده توسط وسیله اندازه‌گیری باشد انواع خطاها را می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی نمود:

خطای مطلق ABSOUTE ERROR

$$e_a = I - T$$

خطای نسبی RELATIVE ERROR

$$e_r = \frac{I-T}{T}$$

درصد خطای نسبی % RELATIVE ERROR

$$\% e_r = \frac{I-T}{T} \times ۱۰۰$$

مثال۲: اگر وزنه‌ای به مقدار ۱۰ کیلوگرم علامت‌گذاری شده باشد اما مقدار اندازه گرفته شدهٔ آن ۱۰/۰۸ کیلوگرم باشد؛ خطای مطلق، خطای نسبی و درصد خطای نسبی آن چقدر است؟

پاسخ:

خطای مطلق $e_a = I - T = ۱۰/۰۸ - ۱۰ = ۰/۰۸ kg$

خطای نسبی $e_r = \frac{I-T}{T} = \frac{۱۰/۰۸-۱۰}{۱۰} = ۰/۰۰۸$ (واحد ندارد)

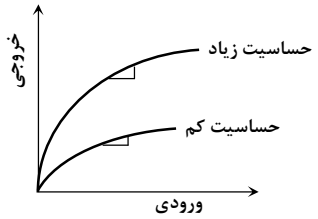
درصد خطای نسبی $\% e_r = \left(\frac{۱۰/۰۸-۱۰}{۱۰}\right) \times ۱۰۰ = \% ۰/۸$

توجه : ضریب تصحیح (Correction Factor) برابر است با اندازهٔ واقعی منهای اندازهٔ خوانده شده:

$$C = T - I$$

حساسیت (Sensitivity)

شیب تغییرات خروجی به تغییرات ورودی را حساسیت گویند. به عبارت دیگر میزان تغییر در خروجی وسیله‌ی اندازه‌گیری را حساسیت دستگاه اندازه‌گیری می‌نامند و هنگامی به وجود می‌آید که کمیت مورد اندازه‌گیری به مقدار معلومی تغییر پیدا کند.



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

★ **حساسیت، دقت و قیمت یک وسیله اندازه‌گیری با یکدیگر رابطه مستقیم دارند.**

قدرت تشخیص (Resolution)

قدرت تشخیص (قابلیت تفکیک) یک وسیله اندازه‌گیری برابر است با کمترین تغییر مقدار کمیت مورد اندازه‌گیری (ورودی دستگاه) که توسط وسیله اندازه‌گیری با اطمینان قابل تشخیص و تفکیک باشد. به عنوان مثال هرگاه صفحه مدرج یک ساعت اندازه‌گیری ۱۰ قسمتی بوده و حداکثر بتوان توسط آن تا ۱ میلی‌متر را اندازه‌گیری نمود؛ بنابراین هر قسمت بیانگر $\frac{۱}{۱۰}$ میلی‌متر خواهد بود. چنانچه درجه‌بندی ساعت اندازه‌گیر به نحوی باشد که تا $\frac{۱}{۱۰}$ هر قسمت قابل تشخیص باشد قابلیت تفکیک (ریزنگری) آن $\left(R = \frac{۱}{۱۰} \times \frac{۱}{۱۰} = \frac{۱}{۱۰۰}\,mm\right)$ می‌باشد.

مثال ۳: قابلیت تفکیک در کدام گزینه درست تعریف شده است؟

۱) کوچک‌ترین قسمت‌بندی وسیله‌ی اندازه‌گیری است.
۲) شیب تغییرات خروجی به ورودی یک سیستم اندازه‌گیری می‌باشد.
۳) حداکثر اندازه‌ای که وسیله‌ی اندازه‌گیری می‌تواند اندازه‌گیری کند.
۴) تفاوت بین میانگین یک سری اندازه‌گیری‌ها و مقادیر واقعی می‌باشد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» کوچک‌ترین قسمت‌بندی وسیلهٔ اندازه‌گیری را « قابلیت تفکیک» گویند. این واژه با کلمات زینه‌بندی، ریزنگری، تفکیک‌پذیری، قابلیت تشخیص ، وضوح و ... نیز بیان می‌شود.

تکرارپذیری (Repeatability)

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های هر دستگاه اندازه‌گیری تکرارپذیری نتایج اندازه‌گیری آن است بدین معنی که اگر یک آزمایش در زمان‌های مختلف با ورودی‌های یکسان تکرار شود نتایج حاصلهٔ تمامی آنها مشابه یکدیگر باشند.

زمان پاسخ (Response time)

زمان پاسخ مدت زمانی است که طول می‌کشد تا بعد از تغییر ناگهانی ورودی یک دستگاه اندازه‌گیری، عقربهٔ آن به حالت جدید پایدار خود بازگشته و کاملاً بحالت سکون درآید.

سرعت پاسخ (Response speed)

سرعت پاسخ سرعتی است که دستگاه اندازه‌گیری نسبت به تغییر در ورودی از خود عکس‌العمل نشان می‌دهد.

پرش اضافه (Over Shot)

پرش اضافه مختص دستگاه‌های مکانیکی بوده و وسایل دیجیتالی پرش اضافه ندارند لذا می‌توان گفت پرش اضافه‌ی یک دستگاه اندازه‌گیری بیشترین مقداری است که عقربه از محل نقطه پایدار خود دور می‌شود.

فضای مرده (باند مرگ) (Dead Band)

فضای مرده به صورت محدوده مقادیر مختلف ورودی تعریف می‌شود که در آن تغییری در مقدار خروجی وجود ندارد.

شفافیت (Transparence)

توانایی دستگاه اندازه‌گیر در تغییر ندادن اندازه دِه.

بارگذاری (Loading)

تأثیر دستگاه اندازه‌گیر در اندازه دِه.

آستانهٔ اندازه‌گیری (Threshold)

اگر ورودی دستگاه اندازه‌گیری به تدریج از صفر شروع به اندازه‌گیری کند قبل از آن که تغییر مقدار خروجی آن به قدری بزرگ باشد که بتوان آن را تشخیص داد ورودی باید به حداقل سطح معینی برسد؛ این حداقل سطح ورودی را آستانهٔ دستگاه اندازه‌گیری می‌نامند.

قابلیت ردیابی

قابلیت مرتبط ساختن خصوصیات یک وسیله اندازه‌گیری با استانداردهای اندازه‌گیر ملی یا بین‌المللی را قابلیت ردیابی اندازه‌گیری گویند.

راندمان

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. بنابراین می‌توان گفت با افزایش راندمان یک دستگاه توان مصرفی وسیلهٔ اندازه‌گیری کاهش یافته و اندازه‌گیری دقیق‌تر خواهد بود.

دامنهٔ (گستره) اندازه‌گیری (Range)

دامنه (میدان) وسیله‌ی اندازه‌گیری حد فاصل حداقل و حداکثر اندازه‌ای است که توسط وسیلهٔ اندازه‌گیری می‌توان مورد تشخیص قرار داد. به عبارت دیگر منظور از گستره، محدودهٔ نشان‌دهی دستگاه است و بیانگر حداقل و حداکثر مقادیر کمیتی است که سیستم اندازه‌گیری برای آن طراحی شده است.

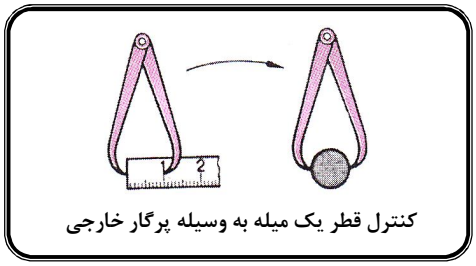
گستردگی (Span)

قدر مطلق تفاضل دو حد گستره است. به عنوان مثال گستردگی میکرومتری که میدان اندازه‌گیری آن (۷۵– ۵۰) میلی‌متر درجه‌بندی گردیده برابر است با:

$$۷۵ - ۵۰ = ۲۵\,mm$$

کنترل (Control)

عمل بررسی و مقایسه ابعاد یک قطعه بر مبنای انحراف اندازه‌های مجاز آن را که طراح روی نقشه مشخص کرده است به وسیله ابزار مربوطه را کنترل می‌نامند.



کنترل قطر یک میله به وسیله پرگار خارجی

پایداری (Stability)

توانایی یک وسیلهٔ اندازه‌گیری در حفظ خصوصیات اندازه شناختی آن دستگاه نسبت به زمان را پایداری گویند.

تولرانس (Tolerance)

میزان خطای مجاز مشخص شدهٔ قطعه بوسیله طراح را دقت ابعادی (رواداری ـ تولرانس) گویند. به عبارت دیگر حداکثر خطایی که انتظار می‌رود در مقدار مشخصی وجود داشته باشد را تولرانس می‌نامند.

بیراهی

حداقل و حداکثر انحراف از اندازهٔ اسمی (خط مبنا ـ خط صفر) بیراهی نام دارد.

عدم قطعیت (Uncertainty)

میزان خطای مجاز دستگاه یا ابزار را گویند که توسط شرکت سازنده مشخص می‌شود. عدم قطعیت یک عامل همراه با نتیجه اندازه‌گیری است که محدوده مقادیری را معین می‌کند که کمیت اندازه‌گیری منطقاً می‌تواند داشته باشد.

کالیبراسیون (Calibration)

عمل تست و تنظیم وسایل اندازه‌گیری را کالیبراسیون گویند. هدف از کالیبراسیون تعیین خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری تحت آزمون نسبت به استاندارد مرجع است.

مثال۴: حصول اطمینان از دقت و صحت عملکرد تجهیزات اندازه‌گیری به چه نامی معروف است؟

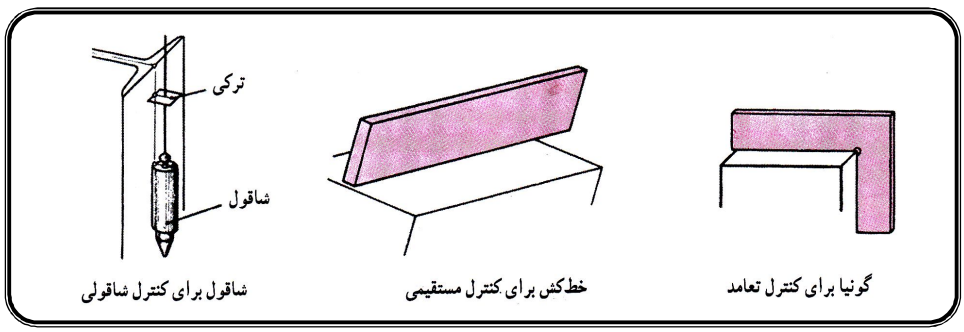
۱) رده‌بندی ۲) کالیبراسیون ۳) گستره نامی ۴) ریزنگری

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» به حصول اطمینان از دقت و صحت عملکرد تجهیزات اندازه‌گیری و سنجش تحت شرایط مشخص، واسنجی یا کالیبراسیون گویند.

وسایل آزمایشگاه اندازه‌گیری

وسایل کنترل

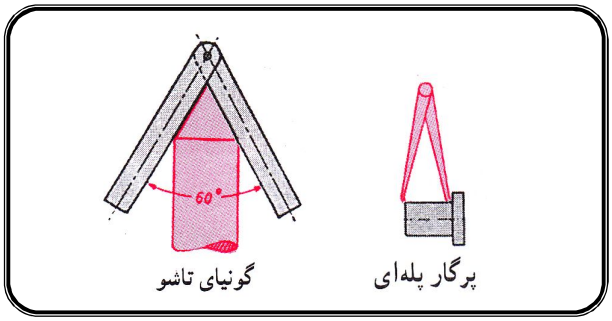
به وسایلی گفته می‌شود که بتوانند صحت در حد اندازه و یا فرم هندسی قطعه‌ای را به سرعت کنترل کنند. مانند خط‌کش برای کنترل مستقیمی یا گونیا برای کنترل تعامد سطوح.



شاقول برای کنترل شاقولی — خط‌کش برای کنترل مستقیمی — گونیا برای کنترل تعامد

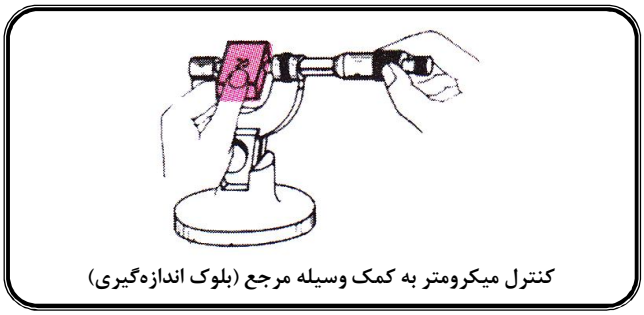
وسایل نقل اندازه

ابزارهایی هستند که اندازه را از روی قطعه‌کار، به وسیله اندازه‌گیری یا وسیله کنترل منتقل می‌کنند مانند پرگار و گونیا.



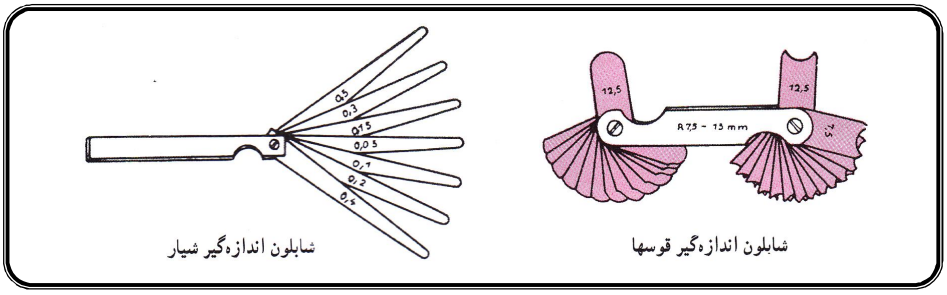
وسیله مرجع (Reference Material)

جسمی که مقادیر یک یا چند خصوصیت آن به اندازه کافی همگن و تثبیت شده است تا برای کالیبراسیون یک دستگاه، ارزیابی یک روش اندازه‌گیری یا تعیین مقدار برای مواد به کار رود. به عبارت دیگر وسیله (ماده) مرجع ابزاری است که در آزمایشگاه اندازه‌گیری برای کنترل وسایل اندازه‌گیری و وسایل کنترل به آن مراجعه می‌شود مانند پارچه‌های اندازه‌گیری (Gauge Block) که برای کنترل میکرومتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.


کنترل میکرومتر به کمک وسیله مرجع (بلوک اندازه‌گیری)

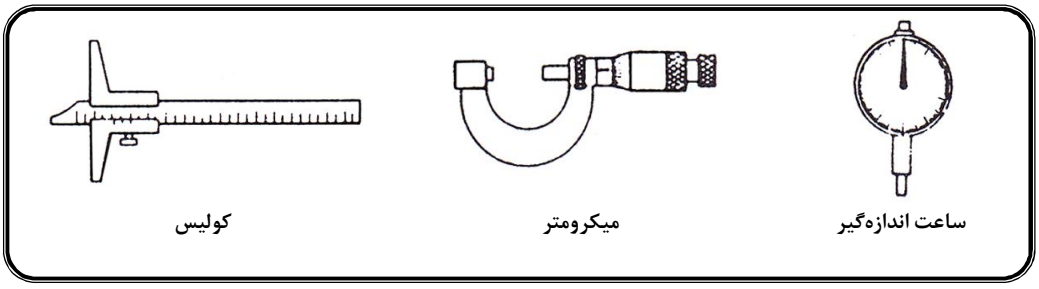
اندازه‌گیرهای ثابت

ابزارهایی هستند که بوسیله آنها می‌توان تنها یک بُعد یا یک اندازهٔ ثابت را اندازه‌گیری یا کنترل نمود مانند شابلون‌های اندازه‌گیری، بلوک‌های اندازه‌گیری.



اندازه‌گیرهای متغیر

به اندازه‌گیرهایی گفته می‌شود که به وسیله آنها می‌توان اندازه‌های مختلف را اندازه‌گیری کرد مانند کولیس، میکرومتر و ساعت اندازه‌گیر.



مثال۵: شابلون اندازه‌گیر قوس و میکرومتر به ترتیب جزء کدام اندازه‌گیرها هستند؟

۱) وسایل نقل اندازه، اندازه‌گیرهای متغیر
۲) اندازه‌گیرهای ثابت، اندازه‌گیرهای متغیر
۳) اندازه‌گیرهای ثابت، وسایل نقل اندازه
۴) اندازه‌گیرهای ثابت، اندازه‌گیرهای ثابت

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» شابلون اندازه‌گیر قوس جزو اندازه‌گیرهای ثابت و میکرومتر جزو اندازه‌گیرهای متغیر محسوب می‌شوند.

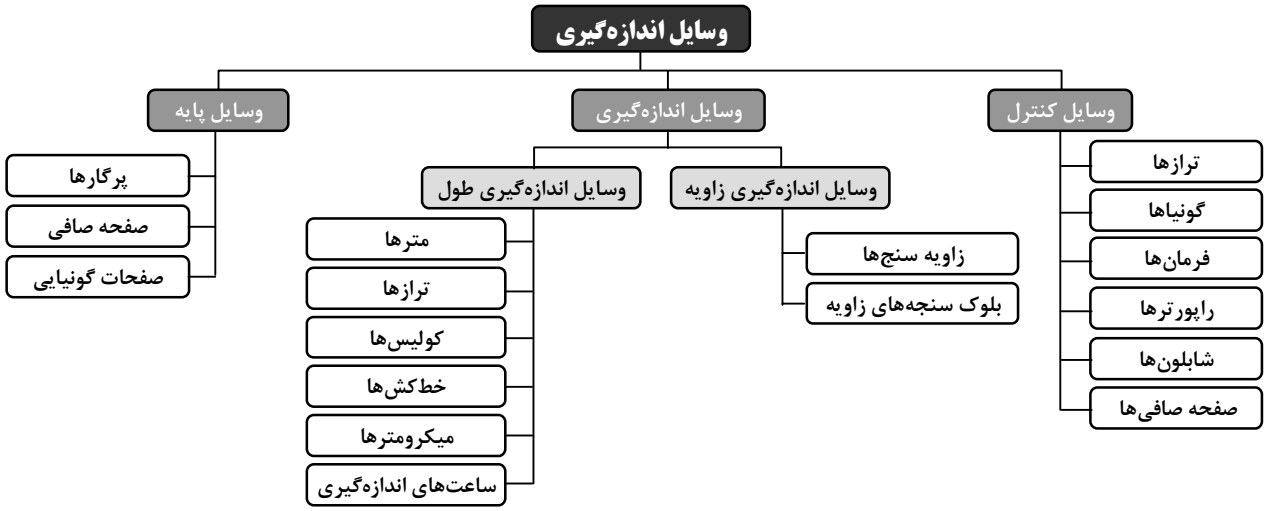
اندازه‌گیری مستقیم

در این روش اندازهٔ قطعه‌کار به طور مستقیم از روی وسیلهٔ اندازه‌گیری خوانده می‌شود.

اندازه‌گیری غیرمستقیم

در این روش با توجه به اندازهٔ قطعه‌کار، وسیلهٔ اندازه‌گیر با وسیله مرجع تنظیم می‌شود و سپس قطعه‌کار داخل وسیله اندازه‌گیر قرار می‌گیرد تا انحراف از اندازهٔ آن مشخص شود.

طبقه‌بندی وسایل اندازه‌گیری



مثال۶: در کدام گزینه فقط وسایل اندازه‌گیری معرفی شده است؟

۱) گونیای مویی، زاویه‌سنج ساده
۲) دهان اژدر، ساعت اندازه‌گیری
۳) میکرومتر خارجی، کولیس چاقویی
۴) تکه‌های اندازه‌گیری، شابلون میله

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» از جمله وسایل اندازه‌گیری می‌توان به میکرومتر خارجی و کولیس چاقویی اشاره نمود.

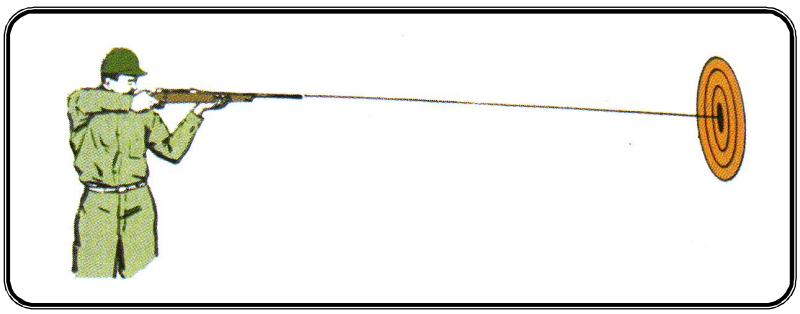
خطاهای اندازه‌گیری (Systematics Error)

خطاهای اندازه‌گیری را می‌توان به دو دستهٔ خطاهای دائمی (قابل حذف) و خطاهای اتفاقی (غیرقابل حذف) تقسیم‌بندی کرد.

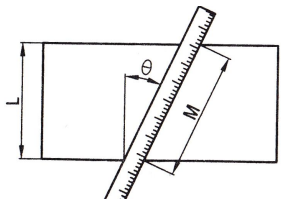
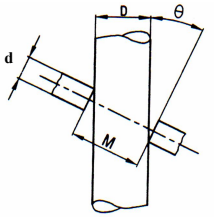
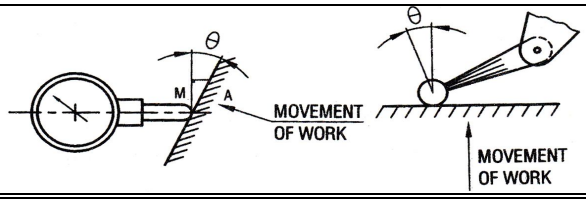
۱) خطاهای قابل حذف

خطاهایی هستند که قابلیت پیش‌بینی و پیشگیری دارند و مربوط به شرایط محیط و یا اپراتور می‌باشند. از قبیل: آلودگی، رطوبت، فشار درگیری، ارتعاش، خطای کسینوسی، خطای روش اندازه‌گیری، خطای چشمی، خطای کالیبراسیون وسیله اندازه‌گیری، خطای کمانشی، خطای اپراتوری و... (این گونه خطاها به خطاهای روشمند نیز معروفند).

★ خطای چشمی (مسیر دید) مربوط به مسیر رویت اپراتور می‌باشد بدین معنی که برای خواندن اندازه باید به محل اندازه‌گیری به طور عمود نگاه کرد در غیر این صورت اندازهٔ خوانده شده از اندازهٔ واقعی بیشتر یا کمتر خواهد بود.



★ **خطای مثلثاتی (کسینوسی) در اثر عدم انطباق صحیح محور کار با ابزار (عمود نبودن بُعد موردنظر با فکهای وسیله اندازه‌گیری) ایجاد می‌شود.**

	نوع وسیله اندازه‌گیری	رابطه	شکل
۱	خطا در کولیس	$E = M - L$ $E = M - M \cdot \cos\theta$ $\Rightarrow E = M(1 - \cos\theta)$	
۲	خطا در میکرومتر	$E = M - D$ $D = M \cdot \cos\theta - d \cdot \sin\theta$	
۳	خطا در ساعت	$M = A \cdot \cos\theta$ $A = \frac{M}{\cos\theta}$	

مثال۷: در اثر عدم انطباق صحیح محور کار با ابزار کدام خطا ایجاد می‌شود؟

۱) اپراتوری ۲) چشمی ۳) کسینوسی ۴) کمانشی

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» در اثر عدم انطباق صحیح محور کار با ابزار خطای کسینوسی ایجاد می‌شود.

مثال۸: میکرومتری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ میلی‌متر و قطر فک‌های ۱۰ میلی‌متر و با زاویه انحراف ۱۰۰ ثانیه اندازه قطعه‌ای را ۱۰۰ میلی‌متر می‌خواند. اندازه واقعی قطعه چند میلی‌متر است؟

۱) ۹۹/۸۸۵ ۲) ۹۹/۹۹۵ ۳) ۹۸/۹۸۵ ۴) ۹۸/۸۹۵

☑ **پاسخ:** گزینه «۲»

$$D = M \cdot \cos\theta - d \cdot \sin\theta = \left(100 \times \cos\left(\frac{1}{36}\right)\right) - \left(10 \times \sin\left(\frac{1}{36}\right)\right) = 99/995\,mm$$

۲) خطاهای غیرقابل حذف (ذاتی)

این خطاها به طور ناگهانی و اتفاقی ایجاد می‌شوند. به عبارت دیگر خطاهایی که قابل پیش‌بینی هستند ولی قابل پیشگیری نیستند خطاهای غیرقابل حذف (Can not Be Eliminated) نام می‌گیرند و عبارتند از:

- پیدایش خطا در اثر تغییر شکل اجزاء تحت تأثیر وزن
- پیدایش خطا در اثر تغییر شکل اجزاء به خاطر آزاد شدن تنش‌های پسماند به مرور زمان
- 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
- 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.

مثال۹: خطاهایی که به صورت دائمی در هر اندازه‌گیری ممکن است وجود داشته باشند، به چه نامی معروف‌اند؟

۱) خطای مثلثاتی ۲) خطای رندوم ۳) خطای چشمی ۴) خطای روشمند

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» خطاهای روشمند به صورت دائمی در هر اندازه‌گیری ممکن است وجود داشته باشد که البته قابل کاهش‌اند وامکان رساندن آنها به حداقل مقدار وجود دارد.

مثال۱۰: چنانچه ارتعاش ناگهانی باعث لرزش در سیستم اندازه‌گیری شود،خطای به وجود آمده کدام است؟

۱) خطای اتفاقی ۲) خطای ریاضی ۳) خطای دایمی ۴) خطای اندازه‌گیری

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» هر نوع خطایی را که به صورت ناگهانی رخ بدهد، خطای اتفاقی گویند که در حقیقت قابل پیش‌بینی هستند؛ ولی قابل پیش‌گیری نیستند.