

فصل چهارم

انواع خطاها در مترکشی



هدف های رفتاری :

پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می رود بتواند:

- ۱- مفهوم خطا را بیان کند.
- ۲- انواع خطاها را نام ببرد و هر یک را شرح دهد.
- ۳- منابع ایجاد خطاها را نام ببرد.
- ۴- رایج ترین خطاهای بزرگ در مترکشی را شرح دهد.
- ۵- خطاهای تدریجی در مترکشی را شرح دهد.
- ۶- خطاهای اتفاقی در مترکشی را شرح دهد.

نکته ها:

اگرچه راه خطا رفتی،
از برگشتن واهمه نداشته باش.

«کنفوسیوس»

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

- ۱- آشنایی با فشار هوا و نیروی جاذبه
- ۲- آشنایی با اصول مترکشی

: مطالب پیش نیاز

مقدمه - اندازه‌گیری و خطا

مساحتی علم اندازه‌گیری ابعاد و موقعیت نسبی عوارض مستقر بر روی سطح زمین است. از آنجایی که تصور اندازه‌گیری بدون خطا امکان‌پذیر نیست، نقشه‌ها همیشه با مقداری خطا همراه است. از این رو برای به‌کارگیری نقشه‌ها در پروژه‌های عمرانی، باید بر اساس یک استاندارد مشخص، خطای مجاز در آن‌ها را از قبل تعیین نمود. وجود اشتباه در نقشه‌ها یا مجاز نبودن دقت آن‌ها نسبت به استانداردهای لحاظ شده برای پروژه‌ی مورد نظر، علاوه بر افزایش احتمال بروز خسارات مالی، موجب به تعویق افتادن کار و دوباره‌کاری نیز می‌شود. لذا نقشه‌بردار باید در اندازه‌گیری‌ها با منابع ایجاد خطاها، نحوه‌ی حذف یا به حداقل رساندن خطاها و بررسی درجه‌ی تأثیر خطاهای غیر قابل حذف آشنا شود تا بتواند از درستی و دقت نتایج به‌دست آمده اطمینان حاصل کند. این موارد موضوع درس تئوری خطاهاست که در این فصل به صورت مختصر شرح داده می‌شود.



هر که با آرای گوناگون روبه‌رو شود، جایگاه‌های خطا را بشناسد.

امام علی - علیه السلام - غررالحکم جلد ۵ صفحه‌ی ۳۷۵

۱-۴ مفهوم خطا (Error)

نظر به این که پایه‌ی همه اندازه‌گیری‌ها به حواس انسان منتهی می‌شود و به دلیل این که ساختمان وسایل اندازه‌گیری به علت محدودیت دقت ساخت، کامل نیست و شرایط محیطی در اندازه‌گیری به طور کامل قابل کنترل نیست، لذا نتایج اندازه‌گیری‌ها هیچ‌گاه به مقدار واقعی خود نمی‌رسند. علاوه بر این، حتی اگر همه‌ی موارد فوق در نظر گرفته نشود، اندازه‌گیری به طور ذاتی همیشه همراه با خطاست، زیرا هر چه قدر هم دقت اندازه‌گیری افزایش یابد، اصولاً نمی‌توان به اندازه‌ی واقعی دست یافت.

اگر اندازه‌ی واقعی کمیتی برابر x و مقدار اندازه‌گیری شده x' باشد آن‌گاه
($e = x' - x$) را خطای اندازه‌گیری آن کمیت گویند. به عبارت دیگر:

خطا عبارت است از میزان تفاوت بین مقدار واقعی و مقدار اندازه‌گیری شده

۲-۴ انواع خطاها

اصولاً خطاها به سه دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند: خطاهای بزرگ، خطاهای تدریجی و خطاهای اتفاقی. در زیر علت بروز هر یک از این خطاها همراه با مثال و راهکار کلی برطرف کردن آن‌ها تشریح می‌شود.

۱- خطای بزرگ (Gross error / Mistake / Blunder)

خطای بزرگ یا اشتباه در اثر بی‌دقتی عامل یا خرابی دستگاه صورت می‌گیرد و در نقشه برداری به هیچ وجه مجاز نیست. برای مثال اگر قرائت طول $۲۳/۱۸$ متر به صورت $۳۲/۱۸$ متر ثبت شود، اشتباه رخ داده است و خطای بزرگی به اندازه‌ی ۹ متر ایجاد شده است.
خطای بزرگ قابل تصحیح نیست و برای دوری از وقوع اشتباه، باید اندازه‌گیری متکی بر کنترل باشد. به منظور تشخیص و حذف اشتباه در هنگام اندازه‌گیری و بعد از آن، دو روش کلی کنترل مستقیم و غیر مستقیم به کار برده می‌شود که در ادامه شرح داده شده است:

الف) کنترل مستقیم اندازه گیری ها
در این روش، عمل اندازه گیری مجدداً تکرار می شود.

ب) کنترل غیر مستقیم اندازه گیری ها

در این روش، اندازه گیری ها با محاسبات کنترل می شود. به طور مثال می دانیم که مجموع زوایای داخلی یک مثلث ۱۸۰ درجه است، حال چنانچه زوایای داخلی یک مثلث را اندازه گیری کرده و مجموع آن ها را با عدد ۱۸۰ درجه مقایسه کنیم، اندازه گیری ها قابل کنترل می شوند. در صورتی که مقادیر به دست آمده دارای اختلاف فاحشی باشند، مقدار اشتباه به این وسیله مشخص می شود.

۲- خطای تدریجی (Systematic error)

خطای تدریجی (سیستماتیک یا جمع شونده) معمولاً در اثر به هم خوردن تنظیم دستگاه های اندازه گیری و دقیق نبودن آن ها و هم چنین لحاظ نکردن اثرات محیطی در اندازه گیری به وجود می آید. برای مثال اگر طول واقعی خط کش ۲۰ سانتی متری، ۲۰ سانتی متر و ۱ میلی متر باشد، به ازای هر قرائت ۲۰ سانتی متری به میزان ۱ میلی متر خطای سیستماتیک وجود خواهد داشت که باید به آن قرائت اضافه شود تا طول واقعی به دست آید. مثلاً به یک قرائت ۴۰ سانتی متری باید ۲ میلی متر اضافه شود تا طول واقعی ۴۰/۲ سانتی متر به دست آید.

از آن جاکه خطای تدریجی در شرایط اندازه گیری یک سان همواره دارای یک مقدار و علامت (مثبت یا منفی) ثابت است، قابل تصحیح بوده و می توان اثر آن را بر اندازه گیری ها به کمک روابط ریاضی یا فیزیکی محاسبه و برطرف نمود.

بیش تر بدانیم . . .



چرا دو طرف پل به هم
نرسیده اند؟
دلایل خود را در چند خط
توضیح دهید.

۳- خطای اتفاقی (Random error)

خطایی است که پس از حذف اشتباه و خطای تدریجی باز هم در اندازه‌گیری‌ها وجود دارد. این خطا برخلاف خطای تدریجی دارای جهت مشخصی نیست و در عمل ممکن است مجموع چند خطای اتفاقی برابر صفر گردد و یا مقدار زیادی شود. این خطا را با روابط ریاضی نمی‌توان حذف کرد و روش مشخصی برای تعیین مقدار مطلق و حذف این خطا وجود ندارد. زیرا مقدار و جهت آن به صورت اتفاقی تغییر می‌کند و به طور ناشناخته در اندازه‌گیری‌ها وارد می‌شود. برای مثال اگر طولی ۱۵ سانتی‌متری را با خط‌کش ۲۰ سانتی‌متری در شرایط کاملاً یک‌سان چهار بار با دقتی در حد دهم میلی‌متر اندازه‌گیری نماییم، چهار عدد مختلف $۱۵/۰۲$ ، $۱۵/۰۴$ ، $۱۴/۹۹$ و $۱۴/۹۷$ به دست می‌آید که هیچ‌یک اندازه‌ی واقعی نیست. اما می‌توان گفت که متوسط این مقادیر یعنی $۱۵/۰۰۵$ با احتمال بیش‌تری به مقدار واقعی نزدیک‌تر خواهد بود.

سؤالی که در این‌جا مطرح می‌شود این است که اگر نمی‌توان خطای اتفاقی را از اندازه‌گیری حذف کرد، تا چه حد می‌توان آن را پذیرفت؟ به بیان دیگر با آگاهی از وجود خطای اتفاقی در یک اندازه‌گیری، آیا می‌توان آن را اندازه‌گیری درست در نظر گرفت؟ خطاهای اتفاقی قابل محاسبه نیستند. آن‌ها را نمی‌توان حذف کرد. اما با روش‌های آماری مانند تکرار اندازه‌گیری‌ها در چند نوبت و میانگین‌گیری از آن‌ها، می‌توان مقدار این خطا را تا حد دقت مورد نیاز کاهش داد.

در مورد دقت، صحت و حد مجاز خطاهای اتفاقی و محاسبه‌ی خطای حداکثر در کتاب کارگاه محاسبه و ترسیم (۱) بحث خواهد شد.

۳-۴ منابع ایجاد خطا

به طور کلی منابع ایجاد خطاها در نقشه‌برداری به سه دسته‌ی «انسان»، «دستگاه» و «طبیعت» تقسیم می‌شوند که در این قسمت آن‌ها را شرح می‌دهیم.

۱- انسان (عامل اندازه گیری) (Person)

محدودیت‌های حواس پنج‌گانه‌ی انسان، مانند محدودیت در قابلیت بزرگنمایی چشم و نیز محدود بودن بعضی توانایی‌ها، مانند محدودیت حافظه، دقت انجام محاسبات و تمرکز فرد در اجرای کارها، منشأ انواع خطاها، به خصوص خطاهای بزرگ و غیر قابل اجتناب در اندازه‌گیری است. البته یکی از منابع مهم خطاهای اتفاقی نیز عامل انسانی است.

۲- وسایل و دستگاه‌های اندازه‌گیری (Instrument)

دقت اندازه‌گیری دستگاه‌های مختلف متفاوت است. واضح است هرچه ساخت دستگاه دقیق‌تر باشد، خطای ناشی از آن کم‌تر است.

۳- شرایط محیطی (Nature)

شرایط محیط اندازه‌گیری، در نتایج اندازه‌گیری‌ها تأثیر می‌گذارند. به خطای ناشی از این شرایط خطای طبیعی می‌گویند. عواملی از قبیل درجه‌ی حرارت محیط، فشار هوا، شکست نور، وزش باد و نظایر آن‌ها خطاهای طبیعی را ایجاد می‌نمایند. اگر بتوان این خطاها را شناخت و رفتار آن‌ها را مدل‌سازی نمود، در مجموعه‌ی خطاهای تدریجی طبقه‌بندی می‌شوند. خطاهای طبیعی ناشناخته نیز در اندازه‌گیری‌ها خود را به صورت خطاهای اتفاقی ظاهر می‌نمایند.

بیش‌تر بدانیم . . .



بدیهی است خطاهایی که افراد عمداً انجام می‌دهند علاوه بر این که باعث اشتباه در کار گروه نقشه‌برداری می‌شود، ممکن است موجب خطراتی گردد. آیا می‌توانید چند نمونه از این خطاها را نام ببرید؟

در مترکشی نیز مشابه اندازه‌گیری‌های دیگر، انواع مختلف خطاها شامل خطاهای بزرگ، تدریجی و اتفاقی رخ می‌دهد که منبع ایجاد آن‌ها، عامل انسانی، دستگاهی و شرایط محیطی است. در ادامه انواع مختلف خطاها در مترکشی با ذکر منبع ایجاد آن‌ها بیان می‌گردد.

الف) خطاهای بزرگ در مترکشی

رایج‌ترین خطاهای بزرگ یا اشتباهاتی که ممکن است هنگام مترکشی اتفاق بیفتد، عبارت‌اند از:

- ۱ - اشتباه در انتخاب صفر متر: صفر متر متناسب با سلیقه و نظر کارخانه‌ی سازنده متفاوت است. بنابراین باید دقت شود که صفر متر یا مبدأ متر درست انتخاب گردد.
- ۲ - اشتباه در خواندن یا نوشتن اندازه‌ها: مثلاً عدد $۶/۹۰$ متر را بصورت $۹/۶۰$ متر بخوانیم یا یادداشت کنیم.
- ۳ - اشتباه گرفتن نقاط ابتدایی یا انتهایی دهنه‌های مترکشی: یعنی نسبت به نقطه‌ی دیگری مترکشی کنیم.
- ۴ - اضافه حساب کردن یا از قلم انداختن یک یا چنددهنه از مسیر اندازه‌گیری (در فواصل بلند).
- ۵ - اشتباه جمع زدن فاصله‌ها در اندازه‌گیری‌های چنددهنه.

ب) خطاهای تدریجی در مترکشی

در عملیات اندازه‌گیری فاصله که با متر صورت می‌گیرد ممکن است خطاهای سیستماتیک (تدریجی) مختلفی رخ دهد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

- ۱ - خطا در اثر استاندارد نبودن طول متر: یعنی طول واقعی متر برابر اعداد نوشته شده بر روی آن (طول اسمی) نباشد، بلکه کم‌تر یا بیش‌تر از آن باشد. مثلاً یک نوار اندازه‌گیری ۵۰ متری در واقعیت، مقدار $۴۹/۹۵$ متر را نشان می‌دهد. این خطا از نوع تدریجی (سیستماتیک) بوده و عامل ایجاد آن دستگاه (متر) است.

۲ - خطای درجه‌ی حرارت : معمولاً هر نوار اندازه‌گیری (متر) در کارخانه، تحت یک درجه‌ی حرارت استاندارد ساخته می‌شود. در هنگام کار با این متر در طبیعت، درجه‌ی حرارت محیط می‌تواند از درجه‌ی استاندارد کم‌تر یا بیش‌تر باشد در نتیجه طول واقعی متر به واسطه‌ی انقباض و یا انبساط کم و زیاد می‌شود و ایجاد خطا می‌کند. این خطا از نوع تدریجی (سیستماتیک) بوده و عامل ایجاد آن طبیعت است.

۳ - خطای شکم دادن متر (شنت) : اگر دو طرف متر با نیروی کم‌تر از حد لازم کشیده شود بر اثر نیروی جاذبه‌ی زمین و وزن متر، در وسط آن انحنا ایجاد می‌شود و به نظر می‌رسد که متر کمانه کرده است. در این حالت طول اندازه‌گیری شده از طول واقعی بیش‌تر می‌شود و خطایی در اثر کمانه کردن یا شکم دادن متر ایجاد می‌شود. این خطا از نوع تدریجی (سیستماتیک) بوده و عامل ایجاد آن طبیعت (نیروی جاذبه زمین) است.



شکل ۴- ۱. خطای شکم دادن متر (شنت)

بیش‌تر بدانیم . . .



خطای درجه حرارت: این خطا از نوع خطای سیستماتیک (تدریجی) است و گاهی زیاد شونده و گاه کم شونده است و در اثر تفاوت درجه حرارت محیط ساخت و محیطی که عملیات نقشه‌برداری در آن صورت می‌گیرد پیش می‌آید و مقدار آن از رابط زیر محاسبه می‌شود:

$$C_t = \alpha L(t-t_0)$$

در این فرمول t درجه حرارت محیط کار، t_0 درجه حرارت محیط ساخت، α ضریب انبساط طولی نوار می‌باشد.

۴ - خطای افقی نبودن متر : اگر مترکشی ما در راستای سطح افقی نباشد فاصله‌ی اندازه‌گیری شده توسط متر، فاصله‌ی مایل بین دو نقطه می‌شود. این خطا از نوع تدریجی بوده که عامل ایجاد آن انسان است.



شکل ۴ - ۲. خطای افقی نبودن متر

۵ - خطای کشش نامناسب متر : گاهی در اثر کشش زیاد متر از دو طرف، طول متر تغییر می‌کند و مقدار کم‌تری از مقدار واقعی را نشان می‌دهد. این خطا برعکس خطای شکم دادن متر است. خطای کشش نامناسب متر از خطاهای تدریجی بوده و عامل ایجاد آن انسان است.

۶ - خطای امتدادگذاری: همان‌طور که قبلاً در بحث امتدادگذاری گفته شد، معمولاً در اندازه‌گیری‌های نقشه‌برداری با وسایل ساده، فاصله‌ی مورد نظر را به قطعات کوچک تقسیم می‌کنیم. در یک امتداد نبودن میخ‌ها باعث ایجاد این خطاست و سبب افزایش طول اندازه‌گیری می‌گردد. اگر میزان خروج از امتداد را بدانیم این خطا از نوع تدریجی بوده و اگر آن را ندانیم این خطا از نوع اتفاقی بوده که عامل ایجاد آن انسان است.



شکل ۴ - ۳. خطای امتدادگذاری (دید از بالا)

ج) خطاهای اتفاقی در مترکشی

۱ - خطای مربوط به قرائت اجزای متر: اگر در موقع خواندن عدد روی متر به طور عمود بر آن نگاه نکنیم باعث می شود که عدد خوانده شده چند میلی متر کم تر یا بیش تر قرائت شود. این خطای اتفاقی بوده و عامل ایجاد آن انسان است.

۲ - خطا در اثر باد و تکان خوردن متر: این خطا بیش تر زمانی اتفاق می افتد که در اثر نیروی باد، متر از امتداد خود خارج شده یا پیچ می خورد. در مواقعی که اجباراً در شرایط نامساعد جوئی باید کار کرد سعی می شود فاصله‌ی دهنه‌ها کم تر انتخاب گردد. این خطا از خطاهای اتفاقی بوده و عامل ایجاد آن طبیعت است.



شکل ۴-۴. خطا در اثر باد و تکان خوردن متر

بیش تر بدانیم . . .



خطای شنت (خطای کمانه): این خطا که در اثر وزن نوار و نیروی جاذبه زمین حاصل می شود از خطاهای تدریجی کم شونده (منفی) است که نسبت عکس با نیروی کشش وارده بر متر هم دارد و مقدار آن از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$C_g = \frac{l^3 \times p^2}{24F^2}$$

در این فرمول p وزن یک متر نوار بر حسب کیلوگرم و F نیروی کشش عامل در دو سر متر و l طول نوار است.

خلاصه‌ی فصل

- خطا عبارت است از میزان تفاوت بین مقدار حقیقی و مقدار اندازه‌گیری شده
- منابع ایجاد خطا عبارت‌اند از: عامل انسانی، دستگاهی و محیطی
- خطاها به طور کلی به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند: ۱- خطاهای بزرگ (اشتباهات)، ۲- خطاهای تدریجی (سیستماتیک) و ۳- خطاهای اتفاقی
- اشتباه خطای بزرگی است که در اثر بی‌توجهی نقشه بردار یا خرابی دستگاه رخ می‌دهد.
- روش‌های تشخیص اشتباه عبارت‌اند از: ۱- کنترل مستقیم اندازه‌گیری‌ها ۲- کنترل غیر مستقیم اندازه‌گیری‌ها
- خطاهای تدریجی معمولاً بر اثر عدم تنظیم دستگاه‌ها و لحاظ نکردن شرایط محیطی به وجود می‌آیند. اندازه‌گیری در شرایط یک‌سان، همواره مقدار و جهت یک‌سان دارد.
- خطاهای اتفاقی خطاهایی هستند که پس از حذف اشتباهات و خطاهای تدریجی باز هم در اندازه‌گیری‌ها وجود دارند و مقدار و جهت آن‌ها به‌صورت اتفاقی تغییر می‌کند.
- انواع خطاها در متر کشی رخ می‌دهند که باید آن‌ها را مورد توجه قرار داد.

رایج‌ترین خطاها در مترکشی عبارت‌اند از:		
خطا	منبع ایجاد خطا	نوع خطا
خطا در اثر استاندارد نبودن طول متر	دستگاه	تدریجی
خطای درجه‌ی حرارت	طبیعت	تدریجی
خطای شکم دادن متر (شِنت)	طبیعت	تدریجی
خطای افقی نبودن متر	انسان	تدریجی
خطای کشش نامناسب متر	انسان	تدریجی
خطای امتدادگذاری	انسان	تدریجی
خطای مربوط به قرائت اجزای متر	انسان	اتفاقی
خطا در اثر باد و تکان خوردن متر	طبیعت	اتفاقی
خطای انتخاب نقطه‌ی صفر متر	انسان	اشتباه
خطای خواندن یا نوشتن اندازه‌ها	انسان	اشتباه
خطای انتخاب نقاط دهنه‌های مترکشی	انسان	اشتباه
خطاهای محاسباتی	انسان	اشتباه



سؤالات تشریحی

- ۱ - خطای تدریجی و اشتباه را با یکدیگر مقایسه کنید.
- ۲ - دو روش تشخیص اشتباه را توضیح دهید.
- ۳ - منابع ایجاد خطا را نام ببرید.
- ۴ - انواع خطاها را نام ببرید و آن‌ها را شرح دهید.
- ۵ - رایج‌ترین اشتباهات در متر کشی را شرح دهید و عامل ایجاد آن را بنویسید.
- ۶ - رایج‌ترین خطاهای تدریجی در متر کشی را شرح دهید و عامل ایجاد آن را بنویسید.
- ۷ - رایج‌ترین خطاهای اتفاقی در متر کشی را شرح دهید و عامل ایجاد آن را بنویسید.

سؤالات جورکردنی

۸ - خطاهای ستون «الف» را با منابع ستون «ب» تکمیل نمایید.

<u>ب</u>	<u>الف</u>
انسان	خطا در اثر استاندارد نبودن طول متر
دستگاه	خطای درجه‌ی حرارت
طبیعت	خطای شکم دادن متر
	خطای افقی نبودن متر

۹ - خطای ستون «الف» را با نوع آن در ستون «ب» تکمیل نمایید.

<u>ب</u>	<u>الف</u>
تدریجی	خطای کشش نامناسب متر
اتفاقی	خطای امتداد گذاری
	خطای قرائت اجزای متر
	خطا در اثر باد و تکان خوردن متر



سؤالات چهار گزینه ای

۱۰ - کدام یک از خطاهای زیر اتفاقی است؟

- ۱ (خطای قرائت اجزای متر
- ۲ (خطای امتداد گذاری
- ۳ (خطای افقی نبودن متر
- ۴ (خطای درجه‌ی حرارت

۱۱ - عامل کدام یک از گزینه‌های زیر انسان است ؟

- ۱ (خطای درجه‌ی حرارت
- ۲ (خطای شکم دادن متر
- ۳ (خطای کشش نامناسب متر
- ۴ (خطا در اثر استاندارد نبودن طول متر

نکته‌ها:

حضرت علی علیه السلام :
ارزش هر انسانی به قدر همت اوست،
و شجاعت و توان هر شخصی به مقدار گذشت و احسان اوست،
و درستکاری و صداقت او به قدر جوانمردی اوست،
و پاکدامنی و عفت هر فرد به اندازه غیرت او خواهد بود.