

خطای نوع اول و دوم (Type I and type II errors)

مرتضی بیکی، تابستان ۱۳۹۵
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قم

در آزمون‌های فرض آماری، خطای نوع اول به معنی رد نادرست فرض صفر درست (مثبت دروغین یا قبول یک فرضیه غلط بعنوان فرض درست) می‌باشد در حالی که خطای نوع دوم آن است که نتوانیم فرض نول غلط را رد کنیم (منفی دروغین یا رد فرضیه درست بعنوان فرض غلط). خطای نوع اول تشخیص اثری است که وجود ندارد و خطای نوع دوم عدم تشخیص اثری است که وجود دارد. در دسته‌بندی‌های دوتایی از جمله در آزمایشات پزشکی عبارات «خطای نوع اول» و «خطای نوع دوم» اغلب با عبارات «مثبت دروغین» و «منفی دروغین» بکار برده می‌شود ولی در مفهوم دقیق‌تر آن به فرض‌های آماری گفته می‌شود که در قالب «مدل نیومان-پیرسون» آزمون می‌شوند.

تعریف

فرض صفر (H_0)		جدول انواع خطا	
نادرست	درست		
استنباط درست (مثبت حقیقی)	خطای نوع اول (مثبت دروغین)	رد	قضاوت درباره فرض صفر (H_0)
خطای نوع دوم (منفی دروغین)	استنباط درست (مثبت حقیقی)	عدم رد	

در آمار «فرض صفر» جمله‌ای است که محقق سعی می‌کند با استفاده از شواهد و در برابر فرض مخالف، آن را اثبات کند. در اغلب موارد این اظهار یا جمله بر آن است که پدیده مورد مطالعه اثر و تفاوتی ایجاد نمی‌کند.

مثلاً فرض صفر با چنین جمله‌ای نوشته می‌شود: «این جیره اثری بر وزن افراد ندارد». معمولاً آزمایشگر فرض صفر را پیکربندی می‌کند با این هدف که آن را رد کند یعنی آزمایش را اجرا می‌کند تا اطلاعاتی بدست آورد که نشان دهد پدیده تحت مطالعه تفاوتی ایجاد نمی‌کند. در برخی موارد یک فرض آلترناتیو خاص نیز وجود دارد که مخالف فرض صفر است و گاه فرض آلترناتیو بیان نمی‌شود و یا به این صورت گفته می‌شود: «فرض صفر غلط است». در هر حالت این یک قضاوت دوتایی است ولی تفسیر آنها متفاوت است و لازم است برای درک آن مقداری آمار بدانیم.

«خطای نوع اول» (type I error, or error of the first kind) به معنی رد نادرست فرض صفر درست است. معمولاً خطای نوع اول منجر به این می‌شود که نتیجه‌گیری کنیم که یک اثر فرضی یا رابطه فرضی وجود دارد در حالی که چنین اثری وجود ندارد. مثال‌های خطای نوع اول شامل مواردی است که می‌خواهیم بدانیم یک بیمار دارای بیماری است در حالی که در واقع بیماری ندارد. بوق خطاری می‌نوازد تا نشان دهد جایی آتش گرفته در حالی که آتشی وجود ندارد و یا یک آزمایش تجربی که نشان می‌دهد یک نسخه بیماری را شفا می‌دهد در حالی که این اثر را ندارد.

«خطای نوع دوم» (type II error, or error of the second kind) به این معنی است که نتوانیم یک فرض صفر را رد کنیم. مثالی از خطای نوع دوم آزمایش خونی است که قادر نباشد بیماری فرد را تشخیص دهد در

حالی که فرد واقعاً بیمار است. یک آتش‌سوزی رخ داده ولی بوق اخطار نمی‌نوازد یا در یک آزمایش کلینیکی نشان داده شده که یک نسخه قادر به درمان یک بیماری نیست در حالی که واقعاً آن بیمار را درمان می‌کند. در مقایسه دو میانگین، اگر نتیجه بگیریم که میانگین‌ها متفاوت هستند ولی در واقع متفاوت نباشند، خطای نوع اول رخ داده است و اگر نتیجه بگیریم که میانگین‌ها تفاوتی ندارند در حالی که واقعاً متفاوت باشند، خطای نوع دوم رخ داده است. گاه استنباط‌هایی در قالب خطای نوع سوم استدلال می‌شود ولی این گونه استدلال‌ها در عمل کاربردی ندارد.

تمام آزمون‌های فرض آماری یک احتمالی را برای خطای نوع اول و دوم در نظر می‌گیرند. برای مثال تمام آزمایشات خون برای تشخیص یک بیماری در تعدادی از افراد آنها را بیمار تشخیص می‌دهند در حالی که واقعاً بیمار نیستند و قادر نیست در برخی افراد بیماری را تشخیص دهد در حالی که آنها بیمار هستند. احتمال آزمایشی ایجاد خطای نوع اول را بصورت α نشان می‌دهند و احتمال آزمایشی ایجاد خطای نوع دوم را با β نشان می‌دهند. این خطاها در برابر هم قرار دارند و بده‌بستان می‌کنند: در یک آزمون خاص، کوشش برای کاهش یک نوع خطا معمولاً منجر به افزایش نوع دیگر خطا می‌شود. در یک آزمایش مشخص تنها راه کاهش هر دو نوع خطا این است که اندازه نمونه را افزایش دهیم و البته این کار در مواردی شدنی نیست. این عبارات همچنین توسط دانشمندان علوم اجتماعی و دیگران به روش عام‌تری استفاده می‌شود تا به نقایص موجود در شیوه استدلال اشاره شود.

تئوری آزمون آماری

در تئوری آزمون آماری، عبارت خطای آماری بخش تکمیل‌کننده آزمون فرض است. آزمون مستلزم آن است که یک عبارت یا جمله کاملاً روشن و بدون ابهام در مورد فرض صفر ارائه شود که معمولاً ارتباط مستقیمی با «حالت طبیعی» پیش‌فرض دارد. مثلاً «این فرد سالم است»، «این متهم بیگناه است»، «این فرآورده سالم است». فرض آلترناتیو جمله‌ای است که معمولاً فرض صفر را نفی می‌کند: «این فرد سالم نیست»، «این متهم گناهکار است» یا «این فرآورده سالم نیست». نتیجه آزمون ممکن است در رابطه با فرض صفر منفی باشد (بیمار، مقصر، ناسالم) یا مثبت (سالم، بیگناه و بی‌نقص) باشد. در صورتی که نتیجه آزمون با واقعیت بخواند، تصمیم درستی گرفته شده است. اما اگر نتیجه آزمون با واقعیت نخواند خطایی رخ داده است. به دلیل طبیعت آماری یک آزمون نتیجه بدست‌آمده هرگز، مگر در موارد نادر عاری از خطا نیست. دو نوع خطا تشخیص‌داده می‌شود که همان خطای نوع اول و دوم می‌باشند.

خطای نوع اول

خطای نوع اول زمانی است که فرض صفر (H_0) درست است ولی رد می‌شود. خطای نوع اول در واقع چیزی را بیان می‌کند که وجود ندارد، یک حادثه غلط. در آزمون‌هایی که یک شرط مشخص در حال آزمون است، خطای نوع اول را می‌توان با یک «مثبت غلط» (False positive) مقایسه کرد. مثبت غلط نتیجه‌ای است که نشان می‌دهد یک وضعیت یا شرایط مشخص وجود دارد در حالی که واقعاً وجود ندارد.

میزان خطای نوع اول یا سطح معنی‌داری احتمال رد فرض صفر است در حالی که درست باشد. این احتمال را با α نشان می‌دهند و در مقالات با سطح α بیان می‌گردد. اغلب سطح معنی‌داری را در سطح 0.05 (۵ درصد) تعیین می‌کنند که نشان می‌دهد ۵ درصد احتمال آن هست که بتوان فرض صفر را بصورت نادرستی رد کرد. خطای نوع اول از نظر فلسفی بر شک‌گرایی و «اصل اوکام» (Occam's razor) متمرکز دارد. خطای نوع اول زمانی رخ می‌دهد که ما یک دروغ یا کذب را باور داریم. در داستان‌های فولکلوریک ممکن است صدای گرگ سر دهیم بدون اینکه گرگی در دیدرس باشد. این در واقع ایجاد یک اخطار دروغین است (گرگ نیست: H_0).

خطای نوع دوم

خطای نوع دوم زمانی رخ می‌دهد که فرض صفر غلط باشد ولی ما به اشتباه آن را نتوانیم رد کنیم. در واقع چیزی را که وجود دارد نمی‌توانیم اثبات کنیم. در آزمون یک وضعیت مشخص با نتیجه «درست» یا «غلط»، خطای نوع دوم را می‌توان با آرگومان منفی غلط (*false negative*) مقایسه کرد. منفی غلط زمانی است که وجود یک چیز در نظر گرفته می‌شود و آن را عدم وجود در نظر می‌گیرند. در داستان‌های فولکلور ممکن است قادر نباشیم گرگ را ببینیم (نتوانیم صدای اخطار را بلند کنیم). در اینجا نیز نتیجه همان است (گرگ نیست: H_0)
میزان خطای نوع دوم را با β نشان می‌دهند و آن را «قدرت آزمون» می‌نامند. قدرت آزمون در واقع همان $1 - \beta$ است.

آنچه را که ما واقعاً خطای نوع اول و دوم می‌نامیم مستقیماً بستگی به فرض صفر دارد. منفی کردن عبارت فرض صفر منجر به آن می‌شود که خطای نوع اول و دوم جایشان عوض شود. هدف از آزمون این است که معلوم شود آیا می‌توان فرض صفر را رد کرد. یک آزمون آماری قادر است فرض صفر را رد یا قبول کند ولی هیچگاه نمی‌تواند اثبات کند که آن مسئله واقعی است.

مثال ۱:

صفر آزمون: «افزودن آب به خمیر دندان موجب محافظت در برابر پوسیدگی دندان می‌شود»

فرض صفر: «افزودن آب به خمیر دندان اثری بر پوسدگی آن ندارد»

این فرض صفر در برابر داده‌های تجربی و با این دیدگاه آزمون می‌شود که بتوان با شواهد عکس آن را ثابت کرد. خطای نوع اول زمانی رخ می‌دهد که اثر را تشخیص دهیم (افزودن آب به خمیر دندان موجب محافظت از فساد دندان می‌شود) در حالی که آن اثر وجود ندارد. فرض صفر درست است (یعنی درست است که افزودن آب به خمیر دندان اثری بر فساد دندان ندارد)، ولی این فرض صفر بر اساس داده‌های آزمایشی نامناسب رد شده است.

مثال ۲:

فرض آزمون: «افزودن فلئوراید به خمیر دندان موجب محافظت در برابر فساد دندان می‌شود»

فرض صفر: «افزودن فلئوراید به خمیر دندان اثری بر فساد دندان ندارد»

این فرض صفر با استفاده از داده‌های تجربی آزمون می‌شود تا در صورت وجود شواهد عکس آن، این فرض را پوچ کرد.

خطای نوع دوم زمانی رخ می‌دهد که قادر به تشخیص یک اثر (افزودن فلوئوراید به خمیر دندان موجب محافظت دندان در برابر پوسیدگی می‌شود) نیستیم ولی وجود دارد. فرض صفر غلط است (یعنی افزودن فلوئوراید واقعاً بطور مؤثری پوسیدگی دندان را می‌کاهد) ولی داده‌های تجربی به گونه‌ای است که فرض صفر را نمی‌توان رد کرد.

مثال ۳:

نادرستی فرض صفر: تقصیر	درستی فرض صفر: بیگناهی	
نتیجه درست مثبت حقیقی محکوم شده!	خطای نوع اول مثبت دروغین محکوم شده!	رد فرض صفر: فکر کنم مقصر است
خطای نوع دوم منفی دروغین آزاد شده!	نتیجه درست منفی حقیقی آزاد شده!	عدم رد فرض صفر: فکر کنم بیگناه است

فرض آزمون: «شواهد قبل از دادگاه نشان می‌دهد که این مرد گناهکار است»
فرض صفر: «این مرد بیگناه است»
خطای نوع اول زمانی رخ می‌دهد که یک فرد بیگناه، مقصر شناخته می‌شود (بی‌عدالتی).
خطای نوع دوم زمانی است که فرد مقصری بی‌گناه تشخیص داده می‌شود و آزاد می‌گردد

(خطای عدم تنبیه مقصر). نتیجه درست مثبت زمانی است که یک فرد مقصر مجازت می‌شود. نتیجه درست منفی زمانی است که فرد بی‌گناه آزاد می‌شود.

مثال ۴:

فرض آزمون: «علایم بیماری بعد از مصرف دارو در مقایسه با شبه‌دارو (Placebo) سریع‌تر بهبود می‌یابد»
فرض صفر: «علایم بیماری بعد از مصرف دارو قابل تشخیص از مصرف شبه‌دارو نیست»
این نوع خطای فرض به این دلیل رخ می‌دهد که محققین بیماران را از نوع دارویی که مصرف می‌کنند آگاه نمی‌سازند تا بیمار از دارویی که مصرف می‌کند اطلاع نداشته باشد و وجود درد و علایم دیگر به دلیل دیگری بجز داروی مصرفی باشد.

خطای نوع اول به شیوه خطی نشان می‌دهد که داروی مصرفی بطور اساسی مؤثرتر از شبه‌دارو است در حالی که خطای نوع دوم این اشتباه رخ می‌دهد که معتقد باشیم داروی مصرفی اثر ندارد.

https://en.wikipedia.org/wiki/Type_I_and_type_II_errors