مهندس احسان درخشان نیا

اصول کلی کنترل کیفیت در آزمایشگاه– (بخش دوم)

آمار درآزمایشگاه

امروزه نقش و جایگاه آزمایشگاه نه تنها به عنوان مرکزی جهت تشخیص بیماری ها بلکه محلی جهت پایش سلامت جامعه و به عنوان یکی از حساس ترین نقاط درمانی که نقش به سزایی را در تشخیص بیماری و درمان آن به عهده دارد و به پزشکان محترم کمک می کند که با تفسیر نتایج حاصل از آزمایشات بیمار، به تشخیص نهایی و درمان قطعی نزدیک و نزدیک تر شوند بر همگان واضح و مبرهن است و امید است که با وجود به نوعی می توان گفت نوپا بودن مبحث و فرهنگ کنترل کیفی در کشور عزیزمان ایران، با همت و یاری عزیزان و مسوولان امر، به هرچه نهادینه کردن، تثبیت و جا انداختن این مهم کمک شود.

در ادامه سری مقالات اصول کلی کنترل کیفیت در آزمایشگاه، در این قسمت و قسمت های بعد به موضوع آمار در آزمایشگاه می پردازیم. آمار، علمی که با جمع آوری، آنالیز، تحلیل و تشریح داده های عددی سروکار دارد.

کنترل کیفیت محصولات، قرن ها پیش به صنایع دستی و سپس به کارخانجات وارد شده و سازندگان مجبور بودند هر فرآورده ای را جداگانه مورد کنترل و بازرسی قرار دهند تا محصول خود را با کیفیتی قابل قبول به مشتری تحویل دهند. امروزه با پیشرفت سریع فناوری و پیدایش دستگاه های پیچیده سعی می شود که با آزمایش تعدادی از محصولات، کیفیت و دستگاه ها را کنترل نمایند. برای این کار از آمار استفاده نموده و به همین جهت SQC یا Statistical Quality Control وارد کارخانجات سازنده لوازم شد. تعریفی که از SQC شده است به قرار زیر است: SQC پروسه ایست با تمرکز بر افشای هرگونه انحرافات از استانداردهای تعریف شده.

شناخت اولیه و پایه از آمار برای تمامی پرسنل آزمایشگاه لازم است و این امر برای متخصصین آزمایشگاه که وظیفه ارزیابی نهایی پاسخ ها را به عهده دارند، ضرورت بیشتری خواهد داشت. در حقیقت در آزمایشگاه تشخیص طبی، دانش پزشکی به فناوری مواد، ابزار و تجهیزات گره میخورد و این وظیفه متخصص آزمایشگاه است که با بهره گیری از زبان گویای ریاضی و آمار به کنترل و تفسیر پاسخ های آزمایشگاه پرداخته و تخصص های دیگر پزشکی را در استفاده بهینه از نتایج آزمایشگاهی یاری رساند.

آمار می تواند برحسب نوع داده هایی که تجزیه و تحلیل می کند (برای مثال، توصیفی، استنباطی یا مقایسه ای، همبستگی– correlation، تغییر روند تغییرات –Trend) و یا بر اساس ویژگی های ریاضیاتی روش بررسی (به عنوان مثال، آمار پارامتریک و غیرپارامتریک) تقسیم بندی شود. آمار توصیفی شامل اندازه گیری شاخص های مرکزی (میانه، میانگین و مد) و توزیع و پراکندگی داده ها بوده و به توصیف مجموعه واحدی از داده ها، به صورت تبدیل داده های خام به تعدادی مقادیر عددی می پردازد. آمار استنباطی به بررسی میزان نزدیکی دو دسته از داده ها که متغیرهای مشابهی را توصیف می کنند، می پردازد. آمار بررسی روند تغییرات، خصوصیات و روند تغییرات را در مجموعه ای از داده ها توصیف می کند و برای پیش بینی اثراتی که هنوز مشاهده نشده اند استفاده می شود. آمار همبستگی هم ارتباط و همبستگی بین دستجات مختلف داده ها را توصیف می کند. آمار آنالیز واریانس می تواند دستجات مختلفی از داده ها را مورد مقایسه قرار دهد. آمار پارامتریک از پارامترهای تعریف شده ریاضیات مانند میانگین، واریانس و انحراف معیار استفاده می کند. آمار غیرپارامتریک نمی تواند از پارامترهای اشاره شده استفاده کند ولی در عوض متکی به درجه بندی و تنظیم داده ها بوده و از توصیف کننده های ساده تر داده ها مانند میانه، مد و ... استفاده می کند.

با این مقدمه می پردازیم به تعریف و کاربرد برخی شاخص ها و پارامترهای آماری در آزمایشگاه.

➤ شاخص های مرکزی

تمایل مرکزی عبارت است از توزیع داده ها یا ارزش ها در اطراف یک داده یا ارزش مرکزی. سه شاخصه مهم آماری در این رابطه عبارتند از: میانگین، میانه و مد که تنها شاخص آماری پارامتریک در این گروه میانگین بوده و بقیه شاخصه ها غیرپارامتریک است. اینکه در ارزیابی های کیفی یک اندازه گیری کدامیک از این شاخصه ها کاربرد دارند به چگونگی توزیع یا پراکندگی پاسخ های حاصل از اندازه گیری بستگی دارد.

میانگین ($\bar{X}$): متداول ترین شاخص آماری است. در مواقعی که داده ها پراکندگی نرمال یا گوسی نشان می دهند، میانگین

شاخص آماری پارامتریک واقعی است. میانگین به تعریف ساده عبارت است از : مجموع داده ها (∑Xi) تقسیم بر تعداد آنها (n).

$$\overline{X}=\frac{\sum Xi}{n}$$

میانه (M –Median): نقطه ای از معیار است که تعداد سنجش ها در بالا و پایین آن برابر باشد. به بیان دیگر مقداریست که مجموعه را به دو قسمت مساوی تقسیم میکند بطوریکه نیمی از اعداد بیشتر از آن و نیمی دیگر کمتر از آن باشد. هنگامیکه نتایج حاصل از اندازه گیری های یک متغیر دارای پراکندگی زیاد بوده و یا توزیع آنها نامتقارن باشد یا به بیان دیگر انحراف از میانگینِ اعداد زیاد باشد، پارامتر میانگین نمیتواند اطلاع درستی به دست دهد و به جای آن از میانه استفاده میگردد چراکه در این وضعیت میانه تصویر واقعی تری را فراهم می کند. برای محاسبه میانه به ترتیب زیر عمل می کنند: نخست پاسخ ها را به صورت صعودی و یا نزولی مرتب می کنیم. اگر تعداد پاسخ ها زوج باشد، متوسط دو عدد وسط میانه است. اگر تعداد پاسخ ها فرد باشد :

$$M=\frac{n+1}{2}$$

برای مثال: اگر تعداد ۲۰ نتیجه آزمایش داشته باشیم میانه عبارت است از: M= ۲۰/۲=۱۰. یعنی میانگین دهمین و یازدهمین عدد میانه است. همچنین اگر برای تعداد داده های فرد مثالی بزنیم داریم:

میانه هموگلوبین اندازه گیری شده در ۱۱ فرد با نتایج زیر به روش زیر محاسبه می شود:

۱۱۵ , ۱۱۵ , ۱۱۸ , ۱۲۰ , ۱۲۰ , ۱۲۲ , ۱۲٤ , ۱۲٦ , ۱۱۵ , ۱۱۲ , ۱۱۰

n=۱۱ , M=(n+۱)/۲ = ٦

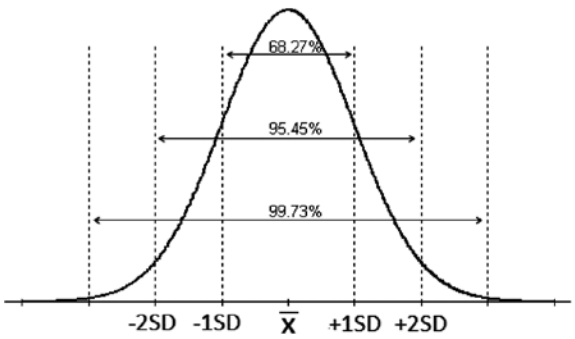
بنابراین عدد ششم که غلظت ۱۱۸ gr/Lit دارد میانه است.

مد یا نما (Mode): عددی است که در یک مجموعه بیش از همه تکرار می شود. در مثال بالا با توجه به نتایج، نما عبارت است از ۱۱۵ gr/Lit . در آزمایشگاه های هماتولوژی در مواقعی که فراوانی پارامترها را نسبت به سن بررسی می کنند، نما یا مد مورد استفاده قرار می گیرد. مثلا پایین ترین مقدار هموگلوبین در سن یک سالگی است (یعنی داده مورد نظر در این سن یشترین فراوانی را دارد) که به آن آنمی فیزیولوژیک می گویند.

➤ نمودارهای توزیع

تمامی پاسخ های بدست آمده در آزمایشگاه دارای مقداری پراکندگی هستند. این پراکندگی ها به صورت های مختلف بوده و میتوان آنها را با قرار دادن مقدار اندازه گیری شده در مقابل فراوانی آن به شکل نمودارهای توزیعی نشان داد. بطورکلی توزیع داده های آزمایشگاهی به چهار شکل مختلف یعنی توزیع طبیعی (گوسی)، توزیع انحراف یافته، توزیع خطی و توزیع لگاریتمی طبیعی دیده می شوند.

توزیع طبیعی یا گوسین: در این الگو پاسخ های بدست آمده حالت قرینه ای داشته و نمودار توزیع انها به شکل زنگوله ای است (شکل۱). نمودار توزیع شمارش گلبول های قرمز (هیستوگرام اریتروسیتی) در آزمایشگاه هماتولوژی که توسط سل کانترها بدست می آید مثالی از این نوع توزیع است.



شکل۱: نمودار توزیع طبیعی

Percentile: یا محاسبه شده برحسب درصد، از نظر آماری نشان دهنده مقدار درصد داده ها از مجموعه داده ها است. مثلا ۲۰Th Percentile بیانگر آن است که داده های مورد نظر جزو بیست درصد کل داده ها است. ۲۵Th Percentile را First Quartile و ۵۰Th Percentile را Median Quartile و ۷۵Th Percentile را Third Quartile می نامند. با نگاهی به منحنی گوسین دیده میشود که میزان Percentile از چپ به راست افزایش می یابد و هرجزء این منحنی بخشی از Percentile کل منحنی میباشد. مثلا مقدار۳SD– ، ۰.۱۳Th Percentile،۲SD– در حدود ۲.۳۸Th Percentile ، مقدار ۱SD– معادل ۱۵.۸۷Th Percentile و مقدار صفر برابر ۵۰Th Percentile است.

برای محاسبه Percentile فرمول های متعددی پیشنهاد شده که متداولترین آنها فرمول زیر است.

$$N=\frac{P}{100}\times n+\frac{1}{2}$$

P – Percentile ، ۰≤ P ≤۱۰۰

n – تعداد داده ها. داده ها از کوچک به بزرگ زیر هم نوشته می شوند.

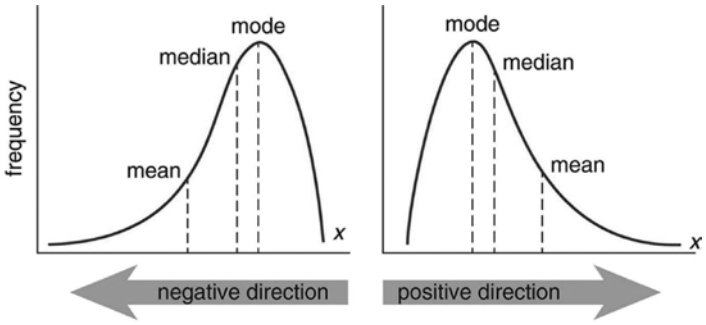
N – عدد مورد نظر

برای مثال اگر تعداد داده ها ۵ و به ترتیب ۵۰ ، ٤۰ ، ۳۵ ، ۲۰ ، ۱۵ باشند و P یا Percentile مورد نظر ۳۰ باشد، داریم :

$$N=\frac{30}{100}\times 5+\frac{1}{2}=2$$

بنابر این با توجه به اینکه اعداد یا داده ها از کوچک به بزرگ نوشته شده اند، دومین عدد یعنی ۲۰ نماینده 30^{Th} Percentile است.

توزیع انحراف یافته: در این الگو پاسخ های بدست آمده حالت نامتقارن یا خمیده داشته و تعداد زیادی از پاسخ ها در یک طرف نمودار قرار میگیرند. چنانچه محل قرار گرفتن این پاسخ ها در سمت چپ نمودار باشد نمودار بصورت انحراف مثبت و در غیر این صورت انحراف منفی درمی آید(شکل۲). در حالت توزیع طبیعی میانگین ومیانه با هم برابرند ولی در توزیع انحراف یافته این دو باهم اختلاف دارند.



شکل۲: نمودار توزیع انحراف یافته

توزیع خطی: هنگامی که توزیع پاسخ ها بصورت مسطح بوده و نقطه غالبی در آن دیده نشود نمودار توزیع پاسخها به شکل خطی درمی آید. در این حالت معمولاً تعیین گرایش مرکزی و محاسبه میانه از محاسبه میانگین قابل اعتمادتر است.

توزیع لگاریتم طبیعی: این حالت زمانی رخ میدهد که توزیع انحراف یافته در یک نمودار، از طریق ترسیم داده ها در یک مقیاس لگاریتمی به یک توزیع گوسی تغییر یابد.نمودار توزیع حجمی پلاکت ها (هیستوگرام پلاکتی) در آزمایشگاه هماتولوژی که توسط آنالیزورهای این آزمایشگاه ترسیم میگردد به شکل توزیع لگاریتم طبیعی است.

➤ شاخص های پراکندگی

این شاخص ها شامل دامنه تغییرات، میانگین انحرافات، انحراف معیار و ضریب تغییرات است.

دامنه تغییرات: این پارامتر فاصله میان مقادیر حداقل و حداکثر را در پاسخ ها بیان می کند و بنابراین نمی تواند پراکندگی پاسخ ها را به شکل مناسب بیان نماید. از مشخصات دامنه تغییرات سهولت مقایسه آن است. چنانچه یکی از مقادیر دامنه بیش از حد بزرگ یا کوچک باشد ارزش آن از لحاظ مقدار پراکندگی از دست خواهد رفت. دامنه تغییرات از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$R = X_n - X_1$$

که X_n بزرگ ترین داده و X_1 کوچک ترین داده است.

میانگین انحرافات: از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$MD = \frac{\sum|X_i - \bar{X}|}{N}$$

به عبارتی می توان گفت میانگین انحرافات عبارت است از میانگین و قدرمطلق انحراف از میانگین. برای مثال میانگین انحراف اعداد ۱۶، ۱۰، ۸، ٦ عبارت است از :

$$MD = \frac{|10-6|+|10-8|+|10-10|+|10-16|}{4}$$

در نتیجه میانگین انحرافات برابر با ۳ می شود و این به آن معناست که هر چهار عدد یا داده فوق به طور متوسط از میانگین خود یعنی ۱۰ به اندازه عدد ۳ اختلاف دارد.

واریانس: واریانس روشی جهت محاسبه پراکندگی نتایج در اطراف میانگین است. میزان واریانس برابر است با انحراف معیار به توان دو $(SD)^2$. جهت محاسبه واریانس میتوان در فرمول میانگین انحراف (MD) به جای استفاده از قدر مطلق انحراف از میانگین ،عبارت $X_i - \bar{X}$ را به توان ۲ رساند. نتیجتاً مقدار واریانسی که آن را به صورت S^2 نشان می دهند از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$S^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N}$$

ضمن اینکه لازم به ذکر است اگر تعداد n-۱ انحراف (در بین n انحراف) معلوم باشد انحراف باقیمانده خودبخود معین میشود زیرا مجموع n انحراف صفر می گردد، یعنی از n انحراف فقط n-۱ آنها باهم مربوط نیستند. قاعده ای که برای تعریف واریانس نمونه بکار میرود عبارت است از مجموع انحراف های مربع شده تقسیم بر n-۱ یا همان تعداد انحراف هایی که بهم مربوط نیستند بنابر این :

$$S^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

انحراف معیار (SD): سنجشی از درجه پراکندگی در یک جمعیت با پراکندگی نرمال است. به بیان دیگر انحراف معیار همان میزان پراکندگی نتایج موجود در اطراف میانگین میباشد این پارامتر از جذر واریانس بدست می آید.

$$SD = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

لازم به ذکر است که واحد انحراف معیار همانند واحد اندازه گیری نمونه آزمایش است به این معنا که اگر واحد اندازه

گیری برای نمونه مورد آزمایش، میلی گرم در دسی لیتر باشد، واحد انحراف معیار آن نیز همان میلی گرم در دسی لیتر خواهد بود. انحراف معیار نماینده دقت یا عدم دقت در آزمایش و اندازه گیری نمونه است و هرچه مقدار آن کمتر باشد میزان پراکندگی داده ها در اطراف میانگین کمتر است. با در دست داشتن مقادیر انحراف معیار میتوان دو روش یا دو سیستم اندازه گیری را مقایسه کرد؛ در صورتی که، اندازه گیری ماده ای، مانند گلوکز سرم، با دو روش یا دو سیستم مختلف انجام شده باشد. اما اگر منظور، مقایسه خوبی و بدی اندازه گیری دو آزمایش مختلف مانند گلوکز و آنزیم AST باشد، از انحراف معیار برای این مقایسه نمیتوان استفاده کرد. زیرا اولاً واحد اندازه گیری آنها، ثانیاً مقدار عددی آنها با هم متفاوت است. در این شرایط میتوان از ضریب تغییرات استفاده کرد.

Standard deviation of Duplicate: وقتی نمونه ها به صورت دوپلیکت (دو مقدار یکسان از یک نمونه) آزمایش میشوند، میزان اختلاف آنها از طریق زیر محاسبه می شود:

$$Dup=\sqrt{SD}$$

هر نمونه ای که اختلاف آزمایش دوبل آن بیشتر از Standard deviation of Duplicate باشد باید مجددا آزمایش شود.

ضریب تغییرات یا ضریب انحراف (CV) : این روش بزرگی نسبی تغییرات را در داده های آماری نشان داده و درواقع نشان دهنده میزان دقت یک آزمون است. اگر بخواهیم تغییرات دو صفت و یا یک صفت با دو واحد مختلف را مقایسه کنیم می بایست از رابطه ضریب تغییرات (CV) استفاده کنیم. از آنجا که این دو صفت مختلف بوده و یا دارای واحدها متفاوتی هستند (به عنوان مثال اندازه گیری میزان هموگلوبین و شمارش WBC) انحراف معیار نمی تواند جهت مقایسه آنها کارامد باشد. یکی دیگر از معایب SD جهت ارزیابی دقت آزمون ها ، وابستگی آن به میانگین است. ضریب تغییرات یا انحراف که در واقع میزان درصد انحراف معیار از میانگین را نشان میدهد از رابطه زیر به دست می آید:

$$CV=\frac{SD}{\bar{X}}\times 100$$

ضریب انحراف مجاز برای آزمایش های گوناگون مشخص شده اند. این ضریب نسبت به روش ها و مواد مصرفی متفاوت است. هرچه میزان ضریب تغییرات کوچکتر باشد دقت آزمایش بالاتر خواهد بود. درواقع CV مناسب ترین پارامتر آماری جهت مقایسه دو صفت که میانگین های متفاوتی دارند به شمار می رود.

خطای استاندارد از میانگین (SEM): با وجود اینکه میانگین به صورت یک عدد منفرد محاسبه می شود، ولی ممکن است در اطراف آن مقداری پراکندگی وجود داشته باشد. میزان این پراکندگی از رابطه SEM محاسبه می شود: $SEM=\frac{SD}{\sqrt{n}}$

برای مثال، مقدار هموگلوبین یک نمونه خون ۲۰ بار توسط آنالیز هماتولوژی اندازه گیری شده و نتایج زیر حاصل شده است.

		X	$(X_i-\bar{X})^2$
۱	155	٤	۱۶
۲	۱٤۸	-۳	۹
۳	۱۵۲	۱	۱
٤	۱٤۷	-٤	۱۶
۵	۱۵۰	-۱	۱
۶	۱۵۶	۵	۲۵
۷	۱۵۶	۵	۲۵
۸	۱۵۷	۶	۳۶
۹	۱۵۳	۲	٤
۱۰	۱۵۰	-۱	۱
۱۱	۱۵۰	-۱	۱
۱۲	۱٤۷	-٤	۱۶
۱۳	۱٤٤	-۷	٤۹
۱٤	۱۵۲	۱	۱
۱۵	۱۵۷	۶	۳۶
۱۶	۱۵۲	۱	۱
۱۷	۱٤۷	٤	۱۶
۱۸	۱۵۲	۱	۱
۱۹	۱٤۵	-۶	۳۶
۲۰	۱۵۰	-۱	۱
	$\bar{X}$=151 $\sum X_i$=3020		$\sum(X_i-\bar{X})^2$= 292

در این صورت داریم :

$\sum X_i$=3020 $\quad$ $\sum X_i$=3020

$\bar{X}=\frac{3020}{20}$= 151 $\quad$ $\bar{X}=\frac{3020}{20}$= 151

$\sum(X_i-\bar{X})^2$= 292 $\quad$ $\sum(X_i-\bar{X})^2$= 292

یعنی میانگین واقعی این سری نتایج در محدوده ۱۵۱ ± ۰٫۸۷ است.

همان طور که پیشتر هم اشاره شد، وقتی در مجموعه ای از اعداد، میانگین و میانه و مد یک عدد باشند این مجموعه دارای پراکندگی طبیعی یا گوسین است. همه آزمایش های انجام شده در آزمایشگاه دارای مقداری نوسان میباشند. به بیان دیگر با انجام مکرر یک آزمایش نتایج متفاوتی از آن بدست می آید که اختلاف این نتایج با میانگین نشان دهنده میزان خطا و یا دقت در انجام آزمایش بوده و بصورت انحراف معیار و یا انحراف

از میانگین بیان میشود. اختلاف موجود در پاسخ های آزمایش در نتیجه عواملی نظیر تفاوت معرف ها و محلول های مصرفی، اختلافات فردی، تفاوت دستگاه ها و ... حاصل میشود. در تکرار آزمایش هر چه ارقام حاصل شده بهم نزدیکتر باشند دقت کاری بیشتر است. در آزمایشگاه فرض براین است که نتایج بدست آمده از تکرار یک آزمایش دارای توزیع نرمال یا گوسی است. نمودار توزیع نرمال از نظر شکل ظاهری همانطور که پیشتر هم اشاره شد متقارن بوده و دامنه تغییرات آن از منفی بینهایت تا مثبت بینهایت ادامه داشته و سطح زیر منحنی برابر با یک است. با در نظر گرفتن توزیع نرمال و قوانین احتمالات قسمت میانی سطح زیر منحنی در محدوده ±۱SD بوده و معادل ٦٨,٢٦ درصد کل سطح منحنی (یا ٦٨,٢٦ درصدِ نتایج بدست آمده) میباشد. محدوده ±۲SD حدود ٩٥,٤٦ درصد و محدوده ±۳SD حدود ٩٩,٧٣ درصد از سطح زیر منحنی را تشکیل میدهد (شکل۱). چنانچه نتایج بدست آمده از نظر آماری از حدود یاد شده تجاوز کند، نشانه وقوع خطا در آزمایش و پایین بودن دقت کار است. محدوده ±۲SD به عنوان محدوده قابل قبول در آزمون های آزمایشگاهی تعیین شده و از نظر بالینی اختلافات موجود در این محدوده در حد قابل اغماض است.

➤ اختلاف بین میانگین ها

ساده ترین روش جهت ارزیابی دو مجموعه از داده ها از نظر همخوانی و یا عدم همخوانی، محاسبه میانگین و انحراف معیار (DS) آنهاست. بدین صورت که اگر دامنه های"میانگین ± انحراف معیار" یا همان $\bar{X} \pm SD$ آنها روی هم قرار نگیرند، یعنی همپوشانی نداشته باشند، این دو مجموعه دارای اختلاف معنی دار هستند.

برای مثال ، اگر میانگین و انحراف معیار دو مجموعه به ترتیب برابر باشد با 3 ± 40 و3± 50، دامنه به ازای ±1SD این مجموعه ها عبارت است از ٧٣-٣٤ و ٧٤-٣٥. بنابراین هر دو مجموعه مذکور جدا از هم بوده و اختلاف بین آنها معنی دار است چراکه $\bar{X} \pm SD$ آنها روی هم قرار نمیگیرد، یعنی همپوشانی وجود ندارد. برعکس اگر مقادیر دو مجموعه 10 ± 40 و 10 ± 50 باشد، دامنه ±1SD آنها به ترتیب عبارت است از ٥٠-٣٠ و ٦٠-٤٠ . بنابراین دو مجموعه باهم همپوشانی دارند و نمیتوان آنها را مجموعه هایی جدا از هم تلقی نمود.

چنانچه دو مجموعه باهم تفاوت داشته باشند، میزان آن بستگی دارد به آنکه در±3SD از هم جدا باشند (با احتمال ٧,٩٩ درصد) و یا در ±2SD (با احتمال ٥٩ درصد) و یا در ±1SD (با احتمال ٨٦ درصد). به بیان بهتر اگر دو مجموعه در محدوده ±1SD جدا از هم باشند ضرورتی ندارد که در ±2SD و یا ±3SD جدا از هم باشند. در این روش میانگین عدد ثابتی است که پراکندگی اطراف آن اهمیت زیادی ندارد.

روش مطمئن تر جهت اینکه تفاوت دو مجموعه از نظر معنی دار بودن با یکدیگر مقایسه گردد استفاده از پارامتریست بنام خطای استاندارد از اختلاف بین میانگین ها (Standard Error of difference in Mean) با نماد SEdiff. در این روش اختلاف بین دو مجموعه زمانی اهمیت دارد که اختلاف میانگین این دو مجموعه از یکدیگر بیشتر از SEdiff باشد. SEdiff از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$SE_{diff} = \sqrt{\frac{(SD1)^2}{n1} + \frac{(SD2)^2}{n2}}$$

که در رابطه فوق 1SD و 2SD به ترتیب انحراف معیار مجموعه های ۱ و ۲ بوده و n1 و n2 تعداد داده های این مجموعه ها است.

در پایان لازم به ذکر است که در قسمت های بعد بیشتر به بحث کاربرد آمار، روش ها و تکنیک های آماری در آزمایشگاه پرداخته خواهد شد.

برخی از منابع

کتاب بیوشیمی بالینی و عملی ، حسین پیری

کتاب کنترل کیفیت در آزمایشگاه هماتولوژی، علی ملکی دکتر سعید کاویانی

کتاب تجهیزات آزمایشگاهی، اصول فنی و نگهداری و روش های کنترل کیفی مهندس سید بهزاد سیدعلیخانی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

کتاب مقدمات، آشنایی و اصول کلی آزمایشگاه تشخیص طبی- سعید طهماسبی

کتاب کنترل کیفی مواد و تجهیزات آزمایشگاهی دکتر امیر سیدعلی مهبد

دستورالعمل برخی استانداردهای ملی و بین المللی

کتاب مدیریت کنترل کیفیت متعادل برای آزمایشگاه تشخیص تشخیص پزشکی دکتر ملک پور و دکتر یوسفی