آشنایی با

MSA

تحلیل سیستم اندازه گیری

تهیه کنندگان:

ابوالفضل کاظمی

سجاد احمدوند

اهداف **MSA** :

در تولید محصول وارائه خدمات ابزارهای اندازه گیری نقش بسیار مهمی را دارند .در واقع خروجی ابزارهای اندازه گیری شامل اعداد و ارقامی است .این اعداد ارقام باید به سوالات زیر پاسخ دهد :

آیا فرایند تحت کنترل است ؟

آیا توانایی ماشین وفرایند تولید مورد پذیرش است؟

آمار وارقام حاصل از بازرسی فرایند و مقایسه با محدوده نقشه مشتری بیانگر این مطلب است که فرایند نیاز به تنظیم دارد یا خیر و بنابراین تصمیم در مورد کیفیت محصول به امار و ارقام حاصل از ابزار اندازه گیری بستگی دارد .در واقع کیفیت این امار و ارقام تکلیف کیفیت محصول را مشخص می کند .

حال این سوالات مطرح می شود :

- کیفیت ابزار اندازه گیری به چه چیزی بستگی دارد ؟
- کیفیت ابزار اندازه گیری چگونه مشخص می شود و معیارها و ارزش های آن چیست؟
- ابزار اندازه گیری را چگونه باید مورد قضاوت قرار داد؟

در روی خروجی های یک ابزار اندازه گیری عوامل مانند : محیط ،اپراتورها ،قطعه و همچنین روش کار تأثیر میگذارد و باعث می شوند خروجی عمل اندازه گیری نوسان داشته باشد.

مجموعه عوامل بالا در اندازه گیری ابزار سیستم اندازه گیری نامیده می شود.

دیدگاه اندازه گیری در امروز فرآیندی است یعنی اندازه گیری نیز یک فرآیند نامیده می شود.

در گذشته جهت تعیین کیفیت سیستم اندازه گیری از کالیبراسیون استفاده می شد. این روش جهت تعیین توانایی فقط ابزار آلات اندازه گیری استفاده شد.

کالیبراسیون توانایی ابزار را در شرایط واقعی تعیین نمی کند.

کالیبراسیون تأثیر عوامل مختلف (محیط ، انسان ، روش ، محصولات) را بروی نتایج اندازه گیری در نظر نمی- گیرد. کالبراسون فقط ابزار را بررسی می کند و با سیستم اندازه گیری ارتباط برقرار نمی کند.

تجزیه و تحلیل سیستم های اندازه گیری:

MSA[1] ، جهت کنترل صحت و میزان تغییرات خروجی وسایل اندازه گیری تحت شرایط واقعی استفاده می شود.

ابزار یا گیج را وقتی توسط چند اپراتور استفاده می شود بررسی کند.

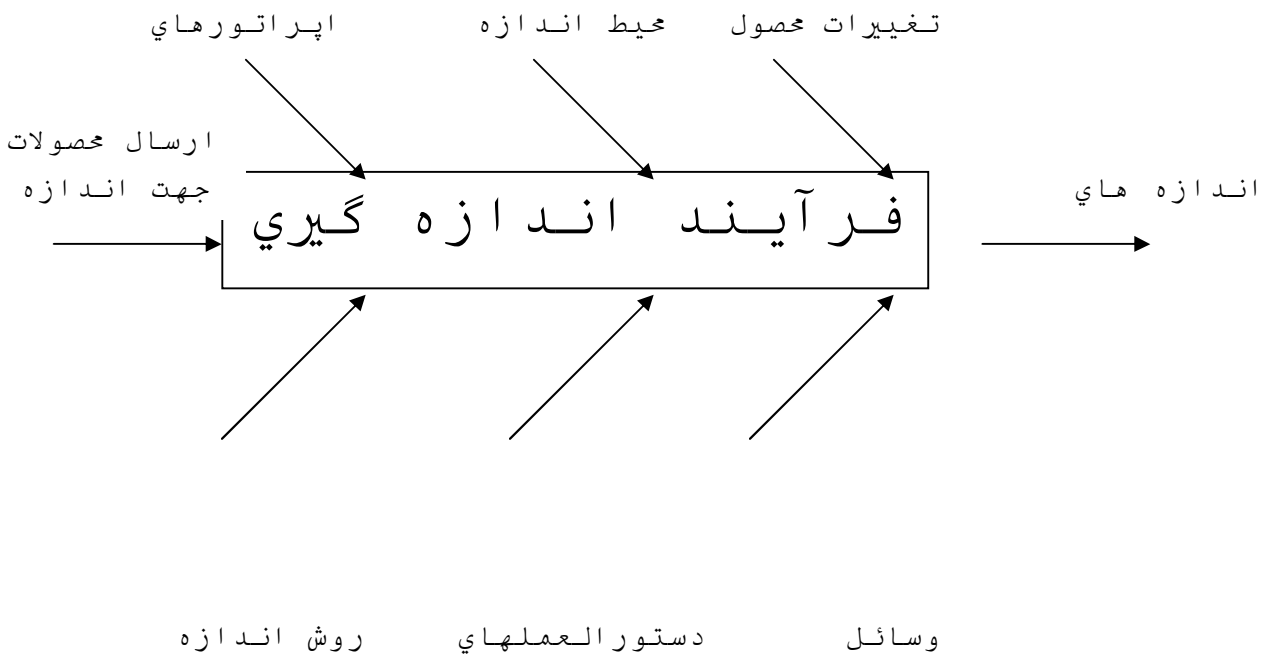
تأثیر قطعات تولیدی واقعی را در جواب خروجی وسایل اندازه گیری بررسی می کند.

تأثیر شرایط محیطی مختلف را روی جواب خروجی اندازه گیری بیان می کند .

یک ابزار اندازه گیری را بصورت مداوم استفاده می شود بررسی می کند .

نگرش فرآیندی به اندازه گیری دارد یعنی اندازه گیری فرآیندی است که محصول آن تولید است .

منشأ و علل خطاهای اندازه گیری:



در صورتیکه در فرآیند اندازه گیری خطا و نوسان زیاد باشد، اندازه های حاصله از فرآیند اندازه گیری برابر ابعاد واقعی نیست و این خطا مشکلات بزرگی ایجاد می کند .

مشکلاتی همچون:

1 – Measurement System Analysis

- قضاوت اشتباه برروی محصول .
- نارضایتی مشتری (امکان دارد ضایعات به جای سالم ارسال شود).
- هزینه های اضافی (امکان دارد قطعات سالم به جای ضایعات قرار گیرد).

خطاهای سیستم اندازه گیری:

یک فرآیند تولیدی همیشه دارای پراکندگی است.

این پراکندگی از دو منبع ناشی می شود .

1. فرآیند تولید بخاطر تغییرات ذاتی
2. سیستم اندازه گیری – عواملی که روی فرآیند اندازه گیری تأثیر می گذارد.

پراکندگی ناشی از سیستم اندازه گیری + پراکندگی ناشی از فرآیند تولید = کل پراکندگی

اگر پراکندگی ناشی از سیستم اندازه گیری به سمت صفر میل کند، به پراکندگی واقعی فرآیند نزدیکتر می شویم .

قبل از انجام مواردی چون بازرسی محصول SPC[2] وDOE[3] و ... باید مطمئن شد قسمت اعظم پراکندگی ناشی از فرآیند تولید است .

فرآیند اندازه گیری مانند دیگر فرآیندها دارای توزیع نرمال است.

خطاهای ناشی از سیستم اندازه گیری را می توان با شاخصهای میانگین و پراکندگی بیان کرد.

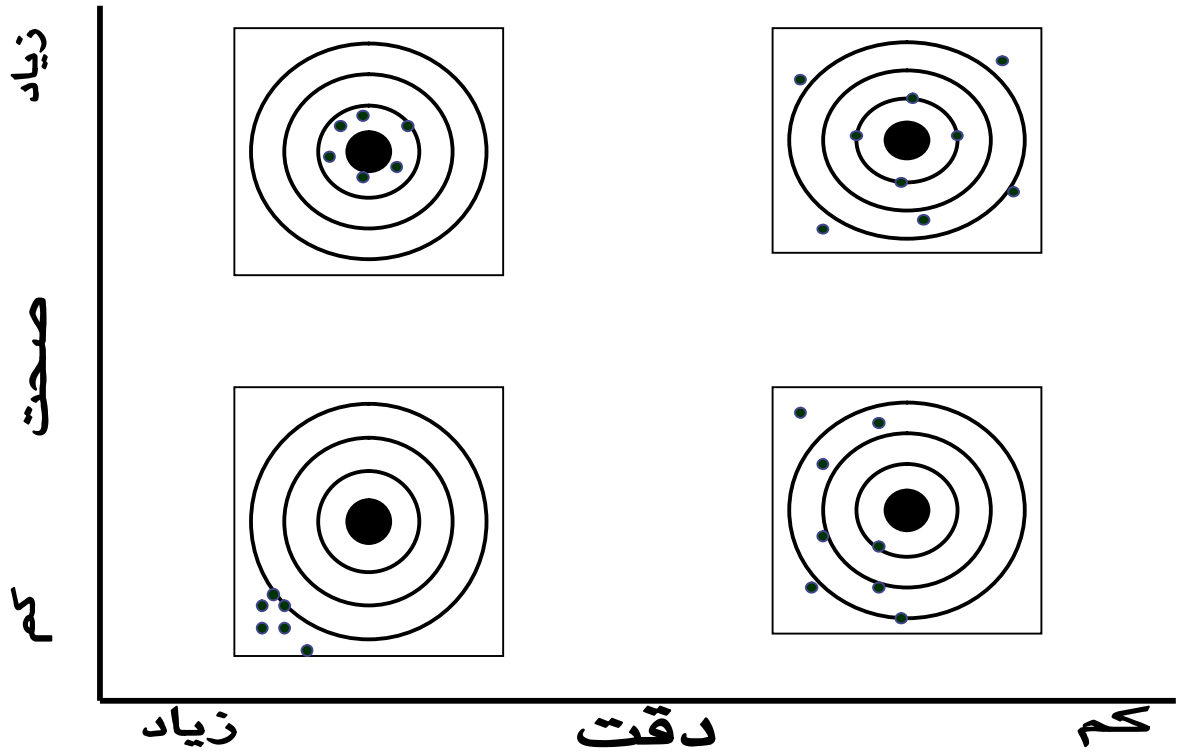
خطاهای ناشی از میانگین فرآیند اندازه گیری را می توان با شاخص های میانگین و پراکندگی بیان کرد.

خطاهای ناشی از میانگین فرآیند اندازه گیری، صحت نامیده می شود.

خطاهای ناشی از پراکندگی فرآیند اندازه گیری دقت نامیده می شود. در سیستم اندازه گیری خطایی ناشی از عدم صحت و دقت در صورتی که صفر شود، سیستم اندازه گیری ایده آل است.

1 – Statistical process control

2 – Design Of Experience



صحت :

صحت یک سیستم اندازه گیری معمولاً با شاخص تمایل سنجیده می شود .

تغییرات در تمایل روی پراکندگی اعداد تأثیر نمی گذارد تمایل میزان کوچکتر یا بزرگتر بودن میانگین اعداد اندازه گیری شده نسبت به عدد واقعی را نشان می دهد. .

دقت :

دقت وضعیت پراکندگی در سیستم اندازه گیری را نشان می دهد و به دو جزء تقسیم می شود :

1- تکرارپذیری 2- تکثیرپذیری

تکرار پذیری[4] :

برابر است باپراکندگی ناشی از سیستم اندازه گیری ، هنگامی که یک اپراتور یک قطعه را مکرراً با استفاده از یک ابـزار انـدازه گیری می کند .

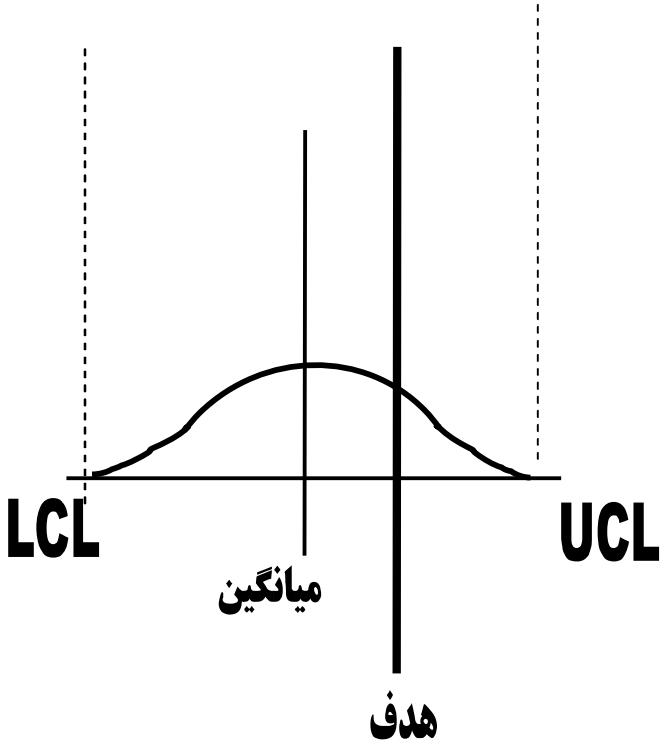
1 - Repeatability

تکرار پذیری توانایی یا ناتوانی سیستم اندازه گیری را برای دستیابی به یک نتیجه یکسان در اندازه گیرهای مکرر نشان می دهد .

اگر سیستم اندازه گیری قابلیت تکرار داشته باشد. در اندازه های بدست آمده از یک قطعه تغییرات مهمی وجود ندارد. اصطحکاک ، روش اندازه گیری غلط ، ناتوانی فرد بازرسی کننده در اجرای عملیات بازرسی ، عدم خواندن صحیح ابـزار در هر بار اندازه گیری ، عواملی است که باعث تغییر در سیستم اندازه گیری می شود.

پراکندگی حاصل از اندازه گیری باید در مقایسه با حدود خطای مجاز (Usl – Lsl) کوجک باشد .

تکرار پذیری با اندازه گیری مکرر یک قطعه بدست می آید.



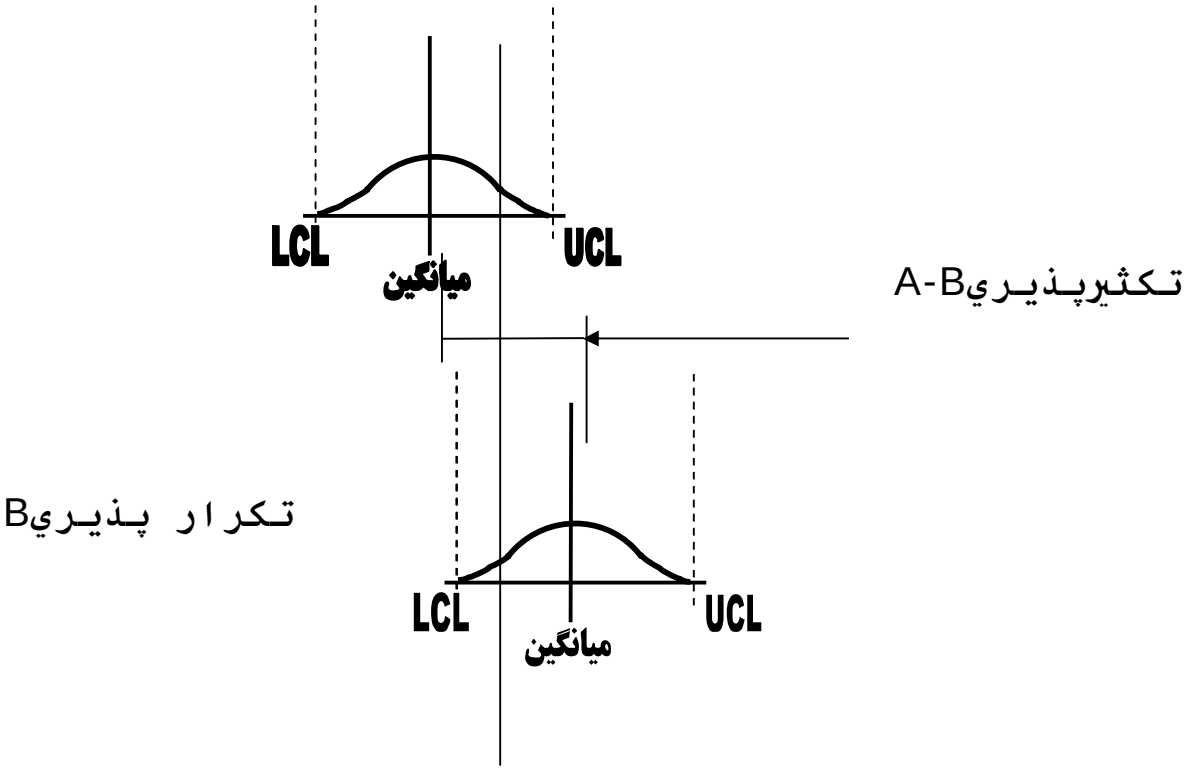
تکثیرپذیری[5] :

تکثیر پذیری برابر است با پراکندگی ناشی از تغییر هر کدام از عوامل مؤثر بر سیستم اندازه گیری، مانند : اپراتـور ، روش ، ابزار و ... که در اندازه گیری مکرر بدست می آیند.

معمولاً جهت بررسی تکثیرپذیری یک ابزار دو یا چند نفر یک قطعه یا قطعات مشابه را اندازه گیری میکنند .

1 - Reproducibility

اگر دو نفر با یک ابزار اندازه گیری کار کرده باشند، اختلاف میانگین های دو نفر بیانگر پراکندگی تکثیر پذیری است .



هدف

تجزیه تحلیل سیستم های اندازه گیری مشخصه کمی :

مشخصه کمی:

مشخصه های کمی مشخصه های عددی هستند که با وسایلی مثل کولیس ،میکرومتر و ... اندازه گیری میشوند .

ثبات :

توانایی پایدار ماندن فرآیند اندازه گیری که بر اساس دو مشخصه مهم صحت و دقت مورد بررسی قرار می- گیرد ثبات گویند، اگر صحت و دقت در طول زمان یکسان باشد و تغییر نکند ، سیستم اندازه گیری دارای ثبات است.

اگر طی زمان و در اثر گرم شدن ابزار اندازه گیری مقادیر به دست آمده روند افزایشی یا کاهشی داشته باشد ثبات فرآیند

از لحاظ صحت برقرار نبوده است.

اگر در اثر فرسودگی یا ابزار یا تجربه بیشتر اپراتور دقت فرایند اندازه گیری تغییر کند باید مورد بررسی قرار گیرد .

روش بررسی :

یک قطعه مرجع انتخاب می کنیم قطعه ای که مطمئن باشیم طی زمان خواص مورد اندازه گیری آن تغییر نمی کند.

(قطعه مرجع باید توسط یک وسیله اندازه گیری دقیق تر اندازه گیری شود و ثبت آن انجام شود).

توسط وسیله اندازه گیری 3 تا 5 بار پشت سرهم قطعه مرجع را اندازه گیری می کنیم. این عمل 25 تا 30 بار باید انجام شود.

تعداد دفعات اندازه گیری باید با توجه به آگاهی لازم از فرآیند و سیستم اندازه گیری انجام شود.

نمودار کنترلی $\overline{X}$ را رسم میکنیم .

نمودار R را رسم میکنیم .

نقاط خارج از کنترل را در نمودارهای $\overline{X}$ و R تعیین و علتها را بررسی کنید .

نمودار $\overline{X}$:

تغییرات در نمودار $\overline{X}$ ، نشاندهنده تغییر در صحت است .

تغییرات در این نمودار نشان میدهد که تمایل فرآیند اندازه گیری با گذست زمان تغییر میکند .

عدم کالیبراسیون به موقع ، سرد و گرم شدن ابزار در حین فرآیند اندازه گیری و ... منجر به تغییر تمایل میشود .

نمودار R:

تغییر در نمودار R ، نشاندهنده تغییر در دقت است.

کاهش یافتن متوسط دامنه نشان دهنده بهبود دقت است و در نتیجه بهبود فرآیند اندازه گیری است .

افزایش در نمودار R ، نشاندهنده کاهش دقت است .

نوسانات ناشی از فرسودگی ابزار مثال خوبی در این مورد است .

نمودار مبنا :

در صورت تحت کنترل بودن نمودار میانگین و دامنه می توان از آنها جهت بررسی ثبات ابزار و سیستم اندازه گیری در

طول زمان استفاده است.

فرآیند اندازه گیری ممکن است در اثر تغییرات ، خارج کنترل شود. فرآیند اندازه گیری ممکن است در اثر تغییر قطعه استاندارد (مدل فرسوده شده) خارج کنترل شود.

در صورت خارج از کنترل شدن باید فرآیند متوقف و پس از شناخت عامل و برقراری مجدد ثبات دوباره شروع به کار کرد.

اندازه نمونه باید به اندازه نمونه در حین ساخت نمودار مبنا باشد .

بهتر است نمونه گیری پس از هر بهر تولیدی انجام می گیرد .

در صورتیکه ثبات در طول زمان سابقه خوبی داشته باشد می توان زمان نمونه گیری را کم کنیم.

وقتی ابزار اندازه گیری جدید است باید تعداد دفعات اندازه گیری زیاد شود بهتر است زمان اندازه گیری بصورت تصادفی انتخاب شود .

تمایل

تمایل عبارت است تفاوت بین میانگین ارقام جمع آوری شده و ارزش واقعی آنچه که مورد اندازه گیری قرار می گیرد .

روش بررسی اول :

یک قطعه خاص از فرآیند بعنوان مبنا انتخاب می کنیم .

قطعه را با یک وسیله اندازه گیری دقیق چند بار اندازه گیری می کنیم و میانگین اعداد را بعنوان اندازه مبنا انتخاب می کنیم .

قطعه را توسط اپراتور 10 مرتبه بصورت متوالی اندازه گیری می کنیم و ارقام حاصله ثبت می شود.

میانگین اندازه گیری را بدست می آوریم.

مقدار میانگین را از اندازه مبنا کم می کنیم این مقدار **تمایل** را نشان می دهد .

روش بررسی دوم :

در صورت بررسی ثبات فرآیند اندازه گیری اختلاف خط مرکزی نمودار میانگین و اندازه واقعی مقدار تمایل را نمایش می دهد.

محاسبهٔ تکرار پذیری و تکثیر پذیری:

روش نمونه برداری:

1- بطور تصادفی از تولید قطعه بر می داریم. بهتر است از کل محدوده فرآیند نمونه گیری می شود. مقدار واقعی قطعه تأثیری برتکرارپذیری و تکثیرپذیری ندارد .

2-قطعات،کدگذاری و علامت گذاری شود .

3- روش و تجهیزات بازرسی بازنگری شود .

4- اپراتورها را از اهداف خود آگاه کنید .

5- در هر بار اندازه گیری، نتایج را طوری بنویسید که اپراتور نتواند در دفعه دیگر این مورد را ببیند .

6- انتخاب قطعات باید تصادفی باشد .

7- براساس جدول ذیل نمونه گیری شود .

حداقل تعداد اندازه گیری	حداقل تعداد قطعه	ابزار اندازه گیری	بازرس/ اپراتور
5	10	1	1
3	15	2 1	1 2
2	10	2 بیشتر از یک 1 یا 2 بیشتر از3	2 1 یا 2 بیشتر از 3 بیشتر از 3

محاسبه تکرار پذیری :

1- بر اساس جدول نمونه گیری می کنیم و اعداد را ثبت می کنیم.

2- دامنه هر دوره را محاسبه می کنیم.

3 – نمودار R را برای نمونه ها میکشیم .

4 – در نمودار R هیچ نقطه ای نباید خارج از حدود باشد .

5- در صورت خارج بودن یک نقطه ، یکبار دیگر اندازه گیری می کنید تا مطمئن شوید خطا در ثبت

اطاعات بوده است یا خیر.

6- در صورت اشتباه در ثبت اطلاعات، محاسبات را مجدداً تکرار و نمودار رسم شود. اگر بیش از یک داده اشتباه در ثبت اطلاعات صورت گرفت آزمایش را دوباره از ابتدا تکرار می کنیم .

7- اگر بیش از یک نقطه بدلیل خطای اندازه گیری بیرون از حدود بود باید اقدام اصلاحی جهت بهبود سیستم اندازه گیری انجام شود .

8- اگر تنها یک نقطه خارج از حدود قرار دارد،این نقطه را حذف و دوباره نمودار را رسم میکنیم.

9 – تکرار پذیری =

در بعضی کتب ، $\frac{5.15\overline{R}}{d_2}$ محاسبه و بصورت K1 بیان میشود.

در واقع با محاسبه تکرارپذیری محدود ، 99 درصد توزیع نمودار نرمال با پراکندگی حدود را $6s$ بدست آورده ایم .

محاسبه تکثیرپذیری :

H: تعداد قطعات مورد استفاده.

V : نشان دهنده تعداد دفعات اندازه گیری است.

$$\overline{X}_{Dif} = Max\overline{X} - Min\overline{X}$$

در هنگام محاسبه تکثرپذیری نمودار R را میکشیم و از تحت کنترل بودن آن اطمینان حاصل میکنیم. با نقاط خارج از کنترل ، مانند تکرارپذیری عمل میکنیم .

n: تعداد قطعات مورد استفاده .

r : نشان دهنده تعداد دفعات اندازه گیری است.

در هنگام محاسبه تکثیرپذیری نمودار R را می کشیم و از تحت کنترل بودن آن اطمینان پیدا میکنیم.

با نقاط خارج از کنترل همانند تکرار پذیری عمل می کنیم.

$$AV = \sqrt{5.15(\frac{\overline{X}_{Dif}}{d_2})^2 - \frac{(EV)^2}{n.r}}$$

وقتی $\frac{(EV)^2}{nr} << \frac{5.15X_{Diff}}{d_2}$ باشد .

از $AV = \frac{5.15\overline{X}_{Dif}}{d}$ استفاده میشود .

اگر $\frac{5.15X_{Diff}}{d_2} \le \frac{(EV)^2}{nr}$ باشد ،یعنی خطای تکرارپذیری کم است و میتوان از آن صرف نظر کرد.

شاخص های تأیید یا رد شدن تکرارپذیری و تکثیرپذیری:

بدنبال جواب این سؤالات هستیم:

معیار قبولی یا رد تکرارپذیری و تکثیرپذیری چیست؟

چه مقدار از اعداد تکثیر پذیری و تکثیر پذیری مورد قبول است؟

برای این سؤالات روش محاسبه R&R [1] تهیه شده است.

به این نکته باید توجه کنیم که محاسبه R&R و یا تکرارپذیری و تکثیرپذیری در صورتی است که فرآیند اندازه گیری دارای ثبات باشد ، پس برای بررسی یک فرآیند اندازه گیری علاوه بر دقت باید صحت (تمایل) آن را نیز محاسبه کرد .

محاسبه R&R :

$$R\,\&\,R = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2}$$

R&R ، فاصله 99 درصدی دامنه نوسانات فرآیند را نشان می دهد. برای تعیین صلاحیت قبول یا رد R&R باید آن را با چیزی مقایسه کرد

$$\%R\,\&\,R = \frac{R\,\&\,R}{RF} \times 100$$

$$\%AV = \frac{AV}{RF} \times 100$$

$$\%EV = \frac{EV}{RF} \times 100$$

1 - Reproducibility & Repeatability

RF: به مشتری و نوع فرآیند بستگی دارد.

الف:

در صورتی که SPC در فرآیند تولید پیاده سازی شود ، مقدار مرجع RF برابر است با :

برای فاصله 99 درصد RF = 5.15

برای فاصله 99/73 درصد RF = 6

ب :

در صورتی که SPC به اجرا در نمی آید :

برای پارامتر مورد نظر از نظر مشتری حدود و مشخصات فنی در نظر گرفته شده است ,و تلورانس نقشه به جای مقدار مرجع قرار میگیرد .

معمولا وقتی SPC اجرا نمی شود ،بجای RF از TV استفاده می شود .

$$TV = \sqrt{(R\,\&\,R)^2 + PV^2}$$

PV = نوسانات قطعه به قطعه

سیستم اندازه گیری مورد قبول است.	$0 \le R\,\&\,R\% \le 10\%(20\%)*$
پذیرش سیستم اندازه گیری مشروط است. پذیرش یا عدم پذیرش به اهمیت فعالیت اندازه گیری هزینه ابزار هزینه تعمیرات نظر مشتری و... مربوط است.	$10\%(20\%) < R\,\&\,R\% \le 30\%$
سیستم اندازه گیری رد است تکرار پذیری و تکثیر پذیری بررسی و اقدام اصلاحی لازم است .	$30\% < R\,\&\,R\%$

ماهیتRF بستگی به فرآیند و درخواستهای مشتری دارد که باید در MSA قید شود .

نوسانات قطعه به قطعه(**PV**) :

می دانیم، قطعاتی که از فرآیند انتخاب می کنیم رفتار فرآیند را نشان می دهند . بنابراین نوسانات فرآیند تولید همان نوسانات قطعه به قطعه است که در نمونه های موجود در MSA میباشد .

که از همه محدوده انتخاب شده است. پس با محاسبه انحراف معیار فرآیند یا قطعات نمونه می توان نوسانات قطعه به قطعه را محاسبه کرد.

برای محاسبه RP:

ابتدا متوسط اندازه گیری برای قطعه را بدست می آوریم .

سپس اختلاف کوچکترین و بزرگترین متوسط ها را بدست می آوریم .

$$s_P = \frac{R_P}{d_2}$$

$$PV = 5.15 \times s_P$$

در هنگامی که نوسانات قطعه به قطعه را بررسی می کنیم، علاوه بر نمودار R باید نمودار میانگین را نیز رسم کنیم .

در صورتیکه حداقل 50% نقاط خارج از حدود قرار گرفت سیستم مورد قبول است در غیر اینصورت سیستم صلاحیت لازم را ندارد و باید اقدام اصلاحی روی آن انجام گیرد.

در صورتیکه بالای 50% نقاط از خارج از تلرانس نباشد به این معنی است که خطای تکرارپذیری زیاد بوده و حتی نوسانات قطعات را نیز تشخیص نمی دهد.

قدرت تفکیک :

شاخصی است که توانایی شناسایی حداقل فواصل فرآیند را توسط سیستم اندازه گیری بیان می کند.

برابر است با : $R = \frac{PV}{R\&R} \times 1.41$

اگر R<2 سیستم مناسب نیست .

اگرR=2 فقط ابزار برای بازرسی مناسب است .

اگرR>5 سیستم برای تعیین مشخصات فرآیند مناسب است .

با نمودار R میتوان به قدرت تفکیک پی برد .

ارتباط خطی [2] :

وقتی یک ابزار در یک محدوده اندازه گیری استفاده می شود باید تمایل آن در تمام بازه مورد استفاده بررسی شود.

در صورتیکه تمایل در طول بازه برابر یا با تغییر کوچکی مسیر صعودی یا نزولی داشت ابزار مورد قبول است.

اگر تفاوت آنقدر زیاد بود اما تغییرات در طول بازه یک خط را تشکیل داد، رابطه خطی تمایل در طول بازه را داریم اگر تفاوت بصورت منحنی بود این ابزار قابلیت استفاده در طول بازه را ندارد.

ارتباط خطی – روش بررسی :

1- 5 قطعه را که در کل محدود باشند را بصورت تصادفی انتخاب می کنیم.

2- اندازه واقعی هر 5 قطعه را با ابزاری دقیق چندبار اندازه گیری می کنیم و متوسط گیری می کنیم.

3- هر قطعه را دوازده بار با ابزار مورد نظر و توسط فردی که معمولاً قطعات را در فرآیند اتدازه گیری می- کند اندازه گیری می کنیم.

4-مقدار تمایل را محاسبه می کنیم تمایل را با Yو اندازه واقعی را با X نمایش میدهیم .

5- نمودار X و Y را میکشیم .

اگر سیستمی دارای ارتباط خطی باشد دلایل زیر را بررسی می کنیم :

1- دستگاه اندازه گیری در محدود اندازه گیری کالیبره نیست.

2- در جمع آوری نمونه های اصلی خطا صورت گرفته است.

3- دستگاه اندازه گیری مستهلک شده است.

4- مشکلاتی در طرح مشخصات داخلی دستگاه داریم.

در صورتیکه در دستگاهی ارتباط خطی نداشتیم شاید بتوان از آن در بعد خاصی استفاده کرد.

تجزیه تحلیل سیستم های اندازه گیری :

مشخصه وصفی

داده های وصفی :

1 - linearity

داده هایی که بصورت صفر یا یک بیان می شود و در بیان ویژگیهای آن عددی ارائه نمی شود در مطالعه تجزیه و تحلیل داده های وصفی تاکید برروی کارآیی اپراتور و شناسایی قطعات منطبق از نا منطبق است همچنین میزان تمایل اپراتور در رد یا قبول یک قطعه نا سالم .

داده های وصفی - کارایی :

کارایی عبارت است توانایی اپراتور در شناسایی قطعات منطبق و نامنطبق .

شاخص کارایی عددی بین صفر و یک است .

عدد یک بهترین حالت کارآیی است .

فرصتهای شناسایی صحیح/ تعداد دفعاتی که وضعیت قطعه به درستی تشخیص داده شده = E

فرصتهای شناسایی صحیح تابعی از تعداد قطعات و تعداد دفعات بازرسی است. مثلاً 10 قطعه انتخابی که 3 بار آزمایش شده فرصتهای شناسایی صحیح 30 را دارد. .

احتمال عدم تشخیص قطعه نامنطبق :

عبارت است از شانس پذیرش یک قطعه تا منطبق این خطا مهم است چرا که باعث می شود یک قطعه نامنطبق پذیرفته و بدست مشتری داخلی یا خارجی برسد .

فرصتهای شناسایی قطعات نامنطبق/تعداددفعاتی که قطعه نامنطبق شناسایی نشده = P

فرصت شناسایی قطعات نامنطبق برابر با تعداد قطعات نامنطبق استفاده شده در تعداد قطعات بازرسی آنها مثلا 5 قطعه نامنطبق 3 بار آزمایش شده .

5,3= 15

احتمال اعلان خطر اشتباه - احتمال رد یک قطعه سالم:

این خطا با اندازه احتمال عدم تشخیص قطعه نامنطبق اهمیت ندارد .

ولی باعث افزایش هزینه دوباره کاری ها و بازرسی مجدد می شود. اگر(P(FA بزرگ باشد هزینه های تلف شده زیاد است .

فرصتهای شناسایی قطعه سالم/تعداد دفعات که با اشتباه قطعه سالم رد شده =P(FA)

فرصت شناسایی قطعه سالم برابر با تعداد قطعه سالم در تعداد بازرسی مثل 6 قطعه سالم با 3 بار بازرسی برابر با 18 .

تمایل :

تمایل فرد به طبقه بندی قطعات تحت عنوان سالم یا معیوب این شاخص تابعی از$P(miss)$ و $P(FA)$ است.

همواره مقداری بزرگتر یا مساوی یک دارد.

$B=1$ هیچ تمایلی نداریم.

$B>1$ تمایل به رد کردن قطعات.

$B<1$ تمایل به پذیرش قطعات وجود دارد.

چگونگی جمع آوری داده های وصفی :

در داده های وصفی نمونه گیری بصورت تصادفی نیست بلکه آگاهانه است .

نمونه های قبل از بررسی باید توسط دستگاههای دقیق مورد بررسی قرار گیرد .

یک سوم قطعات کاملاً منطبق – یک سوم قطعات کاملاً نامنطبق-یک سوم حاشیه ای انتخاب شود.

قطعات حاشیه ای به دو گروه تقسیم می شود، نیمی منطبق نیمی منطبق .

قطعات علامت گذاری شود.

بازرسی باید تصادفی باشد .

نتایج هر دوره در دوره بعدی نباید به روئت اپراتور برسد.

حداقل تکرار اندازه گیری روی هر قطعه	حداقل تعداد قطعات	تعداد اپراتورها
5	24	1
4	18	2
3	12	3یا بیشتر

روش میانگین و دامنه :

روش میانگین و دامنه (X,R) که در برخی موارد به آن روش طولانی نیز میگویند ، یک روش ریاضی است که هر دو تکرارپذیری و تکثیرپذیری سیستم اندازه گیری را مشخص میکند . این روش اجازه میدهد که سیستم اندازه گیری در دو بخش جدا از هم به صورت تکرارپذیری و تکثیرپذیری ، مجزا شوند .

اگر تکرارپذیری در مقایسه با تکثیرپذیری بزرگ باشد ، دلایل آن میتواند :

- گیج نیازمند نگهداری و تعمیر است .
- به منظور دقیق تر بودن بایستی گیج طراحی مجدد شود .
- چفت و بست گیج نیازمند بهبود است .
- در داخل قطعه تغییرات بسیاری داریم .

اکر تکثیرپذیری در مقایسه با تکرارپذیری بزرگ باشد ، میتاند ناشی از موارد زیر باشد :

- هپراتور در چگونگی استفاده و خواندن گیج نیاز به آموزش بیشتری دارد .
- تنظیمات روی صفحه مدرج گیج واضح نمیباشد .
- ممکن است به منظور کمک به اپراتور در استفاده سازگارتر از گیج ، یک فیکسچر چند ردیفه مورد نیاز باشد .

هدایت مطالعات :

اگرچه تعداد اپراتورها ، آزمایشات و قطعات میتواند متغیر باشد ، بحث بعدی شرایط بهینه را در خصوص هدایت مطالعات ، ارائه مینماید . مطابق برگه های داده های گیج R&R (Gage R&R) در شکل صفحه ، روش اجرایی به تفصیل به قرار زیر میباشد :

1- به اپراتورها حروف A ، B ، C ،شماره قطعه 1 تا 10 را نسبت دهید ، به طوریکه شماره ها جهت اپراتورها قابل رویت نباشند .

نکته :10 قطعه باید به صورت تصادفی از میان یک محدوده کامل فرآیند انتخاب شود تا حتی الامکان ، نمایشی از کل فرآیند (تغییرات) را ارائه نمایند .

2- تنظیم گیج :

3- اجازه دهید تا اپراتور A ، 10 قطعه را در یک موقعیت تصادفی اندازه گیری نموده و مشاهده کننده دیگر نتایج را در ردیف 1 وارد نماید .اجازه دهید اپراتورهای B و C همان 10 قطعه را بدون رویت سایر قرائتهای دیگر اندازه گیری نمایند ، سپس نتایج را به ترتیب در ردیف 6 و 11 وارد نمایید .

4- چرخه استفاده از اندازه گیری تصادفی را تکرار نمایید داده ها را در ردیف 2و7و11 وارد نمایید . داده ها را در ستون مناسب خود وارد کنید . برای مثال اگر اولین قطعه گیج خورده شماره 7 است پس نتیجه را در ستون مربوط به قطعه 7 وارد کنید . اگر سه آزمایش مورد نیاز است ، چرخه را تکرار نموده و داده ها را در ردیفهای 3 و 8 و 13 وارد نمایید .

5- زمانی که اندازه قطعه بزرگ است یا قطعه را نمیتوان هم زمان در دست داشت ، ممکن است مراحل 3 و 4 مطابق ذیل تغییر یابند :

A : اجازه دهید اپراتور A اولین قطعه را اندازه گیری کند و قراءت را در ردیف 1 ثبت کند. اجازه دهید اپراتور B نیز اولین قطعه دا انئازه گیری نموده و در ردیف 6 ثبت نماید . همین عمل را با اپراتور C تکرار نموده و در ردیف 11 ثبت نمایید .

B : اجازه دهید اپراتور A قراءت خود را بر روی اولین قطعه تکرار نموده و آنرا در ردیف 2 ثبت نماید ، تکرار قرائت اپراتور B را در ریف 12 ثبت نمایید. اگر 3 آزمایش مورد استفاده قرار می گیرند ، چرخه مذکور را تکرار نموده و نتیجه را در ردیفهای 3 و 8 و 13 وارد نمایید .

6- اگر اپراتورها در شیفتهای مختلف کاری مشغول فعالیت هستند ، روش دیگری میتواند مورد استفاده قرار گیرد . اجازه دهید اپراتورA همه 10 قطعه را اندازه گیری نماید و نتیجه قرائتها را در ردیف 1 وارد نماید . سپس اپراتور A قرائتها را در یک برنامه دیگر تکرار نماید و نتایج را در ردیفهای 2 و 3 وارد نماید همین کار را با اپراتورهای B و C در شیفتهای کاری دیگر انجام دهید

ب - محاسبات :

محاسبات مربوط به تکرارپذیری و تکثیر پذیری گیج در شکل نشان داده شده اند .شکل برگه داده ها را که همه نتایج مطالعه بر روی آن ثبت میشود ارائه مینماید .در شکل یک برگه گزارش حاوی همه اطلاعات تشخیصی به منظور ثبت نمودن محاسبات اخذ شده مربوط به فرمولهای ارائه شده میباشد . بعد از اینکه داده ها جمع آوری شدند ، روش اجرایی جهت انجام محاسبات ، به قرار زیر میباشد :

1 - در ردیفهای 1 و 2 و 3 کمترین قرائت را از بیشترین قرائت کسر نمایید . نتیجه را در ردیف 5 وارد نماید.همین روش را جهت ردیف های 6 و 7 و 8 و 11 و 12 و 13 به انجام رسانده و نتایج را متوالیا در ردیف های 10 و 5 وارد نمایید .

2 – ردیف 5 و 10 و 15 حاصله را بصورت مقادیر مثبت ثبت نمایید .

3 – ردیف 15 را جمع زده و مجموع را بر تعداد قطعات نمونه گیری شده (10 عدد) تقسیم نمایید تا مقدار دامنه میانگین R جهت اولین آزمایشات اپراتورها حاصل شود . همین موارد را جهت ردیفهای 10 و 15 انجام داده تا مقادیر R و R بدست آید .

4 – میانگین حاصل از ردیفهای 5 و 10 و 15 را به ردیف 17 انتقال دهید . آنها را با یکدیگر جمع زده و بر تعداد اپراتورها تقسیم نمایید نتایج را به صورت R ثبت نما ئید (دامنه میانگین کل) .

5 - مقدار R (مقدار میانگین)را در ردیفهای 19 و 20 وارد نموده و متوالیا در D3 و D4 ضرب نمایید . تا حدود کنترل پایین و بالا دست آید . نکته اینکه اگر 2 آزمایش انجام شود . D3 برابر با صفر و D4 برابر با 3,27 میباشند .مقدار حد کنترل بالایی (UCL) را در ردیف 19 وارد کنید ، (LCL) برای کمتر از 7 آزمایش برابر با صفر میباشد .

6 – برای قرائتهایی که دامنه های بزرگتر از UCL محاسب شده دارند ، از همان اپراتور و قطعه یکسان اصلی استفاده نموده و قرائتها را تکرار نمایید و قرائتهای موردنظر را کنار گذاشته و دوباره میانگین گرفته و R و مقدار محدوده UCL را بر اساس اندازه نمومه اصلاح شده، محاسبه نمایید . علت خاصی را که شرایط خارج از کنترل را ایجاد میکند اصلاح نمایید .

7 – ردیفها را جمع نمایید (ردیفهای 1 و 2 و 3 و 6 و 7 و 8 و 11 و 12 و13) . در هر ردیف جمع حاصله را بر تعداد قطعات نمونه گیری شده تقسیم نمایید و این مقدار را در ستون سمت راست که با علامت « Average »مشخص شده ثبت نمایید .

8 – میانگینها را در ردیفهای 1 و 2 و 3 با یکدیگر جمع زده و و بر تعداد آزمایشات تقسیم نموده (3 عدد) ومقدار را در ردیف 4 در خانه X ثبت نمایید . مورد عنوان شده را جهت ردیفهای 6 و 7 و 8 و 11 و 12 و 13 تکرار نمایید و نتایج را در خانه های X و X در ردیفهای 9 و 14 متوالیا ثبت نمایید .

9 - میانگین های حداقل و حداکثر ردیفهای 4 ، 9 ، 14 را در دو مکان مناسب در ردیف 18 وارد نموده و

اختلافات را مشخص نمائید . این اختلافات در مکان X در ردیف 18 قرار میگیرند .

10 - اندازه گیریها را جهت هر آزمایش و هر قطعه جمع نموده و مجموع را بر تعداد اندازه گیریها تقسیم میکنیم (تعداد دفعات آزمایشات ، ضربدر تعداد اپراتورها). نتایج را در ردیف 16 در مکانهای فراهم شده برای میانگین قطعات وارد نمائید .

11 - کوچکترین میانگین قطعه را از بزرگترین میانگین قطعه کم نموده و نتیجه را در مکان علامت خورده R در ردیف 16 ثبت نمائید. R دامنه میانگین های قطعه میباشد.

12 - مقادیر محاسبه شده R ، X و R را به مکان های خالی فراهم شده بر روی حاشیه فرم انتقال دهید .

13 - محاسبات را زیر ستون علامت خورده با "Measurement System Analysis" در طرف چپ فرم به انجام رسانید.

14 - محاسبات را زیر ستون علامت خورده با ""% Process Variation در طرف راست فرم به انجام رسانید.

تجزیه و تحلیل نتایج :

برگه داده ها در خصوص تکرار پذیری گیج و فرم گزارش ، شکل 42 و 43 ، روشی برای تجزیه و تحلیل آن آورد . تجزیه و تحلیل ها تغییرات و درصد تغییرات فرآیند [3] برای کل سیستم اندازه گیری [4] و تکرار پذیری ، نکثیر پذیری و تغییرات قطعه – به – قطعه را جهت اجزاء آن (کل سیستم اندازه گیری) ، برآورد می نماید .در سمت چپ فرم پایین '' '' Measurement Unit Analysis ، 5/15 انحراف معیار که معادل 99% از منطقه تحت نمودار نرمال است ، برای هرحزء تغییرات محاسبه می شود .

تکرار پذیری یا تغییرات وسیله (d_e یا EV) بوسیله حاصل ضرب میانگین کل دامنه ($\overline{R}$) در مقدار ثابت (K_1) بدست می آید .

تکرارپذیری بستگی به تعداد آزمایشات به کار رفته در مطالعه گیج دارد .

تکثیر پذیری یا تغییرات ارزیاب (d_e یا AV) بوسیله ضرب نمودن حداکثر میانگین اختلاف اپراتور ($\overline{X}_{DIFF}$) در

1 - process variation

2 – total measurement

یک مقدار ثابت (K_2) مشخص شده و K_2 به تعداد اپراتورهای مورد استفاده در مطالعه گیج بستگی دارد . از آنجا که تغییرات ارزیاب بوسیله تغییرات تجهیزات آلوده می شود ، این مورد بایستی به وسیله تفریق یک کسر تغییرات تجهیزات تعدیل شود .

بتابراین ، تغییرات ارزیاب (AV) به وسیله فرمول محاسبه می شود .

$$AV = \sqrt{\left[\bar{x}_{DIFF} \times k_2\right]^2 - \left[\frac{(EV)^2}{(nr)}\right]}$$

در اینجا n قطعات و r تعداد آزمایشات می باشد . اگر در زیر ریشه دوم مقدار منفب بدست آید ، تغییرات ارزیاب را صفر در نظر می گیریم .

تغییرات سیستم اندازه گیری برای تکرار پذیری و تکثیر پذیری (S_m یا R&R) بوسیله جمع مربع تغییرات ارزیاب بدست می آید و سپس از این ریشه مرتبه دوم اخذ می شود :

$$\text{R\&R} = \sqrt{\left[(EV)^2 + (AV)^2\right]}$$

تغییرات قطعه به قطعه (S_p یا PV) بوسیله حاصلضرب دامنه میانگین قطعه (R_p) در یک مقدار ثابت (K_3) مشخص می شود . K_3 بستگی به تعداد قطعات استفاده شده در مطالعه گیج دارد .

OPERATOR / TRIAL #	PART 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVERAGE
1 A 1											
2 2											
3 3											
4 AVG											$\bar{X}_a =$
5 RNG											$\bar{R}_a =$
6 1											
7 2											
8 3											
9 AVG											$\bar{X}_b =$
10 RNG											$\bar{R}_b =$
11 1											
12 2											
13 3											
14 AVG											$\bar{X}_c =$
15 RNG											$\bar{R}_c =$
16 PART											$R_p =$
17 $[\bar{R}_a + \bar{R}_b = + \bar{R}_c =$]/[# OF OPERATORS =] =											$\bar{\bar{R}} =$
18 [Max $\bar{X}$ - Min $\bar{X}$ =] = $\bar{X}_{DIFF}$											
19 $[\bar{\bar{R}} \times D_4^* =$] = UCL_R											

Part No. and Name: Gage Name: Date:
Characteristics: Gage No: Performed by :
Specification: Gage Type: _____

From data sheet: $\bar{\bar{R}}$ = $\bar{X}_{DIFF}$ = R_p =

Measurement Unit Analysis | **% Process Variation**

Repeatability – Equipment Variation (EV)

EV = $\bar{\bar{R}} \times K_1$
= ____ × ____
= ____

Trials	K_1
2	4.56
3	3.05

% EV = 100 [EV/TV]
= 100 [___/___]
= ____%

Reproducibility – Appraiser Variation (AV)

AV = $\sqrt{[(\bar{X}_{DIFF} \times K_2)^2 - (EV^2/nr)]}$

= $\sqrt{[(__ \times __)^2 - (__^2/__ \times __)]}$

= ___

Operators	2	3
K_2	3.65	2.70

% AV = 100 [AV/TV]
= 100 [___/___]
= ____%

n = number of parts
r = number of trials

Repeatability & Reproducibility (R & R)

R & R = $\sqrt{(EV^2 + AV^2)}$
= $\sqrt{(__^2 + __^2)}$
= ___

Parts	K_3
2	3.65
3	2.70
4	2.30
5	2.08
6	1.93
7	1.82
8	1.74
9	1.67
10	1.62

% R&R = 100 [R&R/TV]
= 100 [___/___]
= ____%

Part Variation (PV)

PV = $R_p \times K_3$
= ___ × ___
= ___

% PV = 100 [PV/TV]
= 100 [___ /___]
= ____%

Total Variation (TV)

TV = $\sqrt{(R\&R^2 + PV^2)}$
= $\sqrt{(__^2 + __^2)}$
=

تغییرات کل (S_t یا TV) ناشی از مطالعه ، بوسیله جمع مربع هر دو تغییرات تکرار پذیری و تغییر پذیری و تغییرات قطعه (PV) می باشد و سپس از آن ریشه دوم اخذ می شود :

$$TV = \sqrt{[\ (R\&R)^2 + (PV)^2\ ]}$$

اگر تغییرات فرآیند شناخته شده باشد و مقدار آن بر اساس $6s$ باشد ، از آن می توان بجای مطالعه کلی تغییرات (TV) داده های مطالعه گیج محاسبه شده ، استفاده نمود .

$$10 \rightarrow TV = 5.15\left[\frac{\text{تغییرات فرآیند}}{6.00}\right]$$

$$20 \rightarrow PV = \sqrt{\left[(TV)^2 - (R\&R)^2\right]}$$

هر دو این مقادیر (PV , TV) را می توان با محاسبات انجام شده قبلی جایگزین نمود .

یکبار که در مطالعه گیج ، تغییر پذیری برای هر فاکتور مشخص شد ، می توان آنرا با تغییرات کل مقایسه کرد (TV) بوسیله انجام محاسبات برروی سمت راست فرم گزارش گیج تحت "% Process Variation " ، روش عنوان شده به پایان می رسد .

درصد تغییرات تجهیزات (%EV) نسبت به تغییرات کل (TV) را بوسیله فرمول $100\left[\frac{EV}{TV}\right]$ محاسبه می نماید

درصد فاکتورهای دیگر از تغییرات کل را می توان به طور مشابه مطابق فرمول زیر محاسبه نمود :

$$\%AV = 100\left[\frac{AV}{TV}\right]$$

$$\%R\&R = 100\left[\frac{R\&R}{TV}\right]$$

$$\%PV = 100\left[\frac{PV}{TV}\right]$$

((جمع درصد فاکتورها نمی تواند برابر با 100 % باشد .))

بایستی نتایج این درصد از تغییرات فرآیند را برای مشخص نمودن اینکه آیا سیستم اندازه گیری جهت کاربرد مورد نظر قبول است ، مورد ارزیابی قرار داد .

اگر تجزیه و تحلیل بر اساس درصد تلزانس به جای درصد تغییرات فرآیند ترجیح داده شود ، پس می توان در فرم گزارش تکرار پذیری و تکثیر پذیری گیج (شکل 43) در قسمت سمت راست آن بجای درصد تغییرات فرآیند (Process Variation) از درصد تلرانس استفاده نمود . در این حالت ، %EV , %AV ,%R&R, %PV به وسیله جایگزین نمودن مقدار تلرانس در مخرج کسر محاسبات در مکتن تغییر کل (TV) ، محاسبه می شوند . هردو رویکرد بایستی به انجام برسد .

برای پذیرش تکرار پذیری و تکثیر پذیری (%R&R) با توجه به دو رویکرد تشریح شده ، از خطوط راهنمای ذیل استفاده می شود .

- زیر 10% خطا - سیستم قابل قبول است .
- 10% تا 30% خطا ، می تواند براساس اهمیت کاربردی ، هزینه گیج ، هزینه تعمیرات و .... مورد قبول قرار می گیرد .
- بالای 30 % خطا ، سیستم گیج نیاز به بهبود دارد . مشکلات را شناسایی نموده و اصلاح نمایید .

شرکت XYZ در حال شروع یک ارزیابی از سیستم های اندازه گیری است . اولین وسیله اندازه گیری که مورد ارزیابی قرار می گیرد یک گیج ، ضخامت سنج واشر است .

مهندس کیفیت جهت تعیین تغییر پذیری فرآیند تصمیم به استفاده از 10 قطعه داشته و 3 اپراتور از میان بازرسان

به صورت تصادفی انتخاب می نماید . از آنجایی که اضطرار زمانی وجود دارد ، فقط 2 آزمایش بایستی انجام شود . روش جمع آوری داده ها و تجزیه و تحلیل مطابق روش اجرایی بحث شده در این بخش یا نتایج نشان داده شده می باشد .

حد کنترل بالایی (UCL_R) و حد کنترل پایینی (LCL_R) برای دامنه های منفرد مطابق شکل ، محاسبه می شود . داد ه ها می توانند روی یک نمودار کنترل دامنه تکرار پذیر ترسیم شوند اما تجزیه و تحلیل دامنه نشان می دهد که همه دامنه ها تحت کنترل می باشد ، یعنی ، مابین (UCL_R و LCL_R) . این بدان معنی است که همه اپراتور سازگارند و مطابق یک روش یکسان از گیج استفاده می کنند .

پس باید تجزیه و تحلیل واحد اندازه گیری و درصد تغییرات فرلایند برای هر جزء از تغییرات محاسبه می شود . (به شکل 45 نگاه کنید) ، نتایج بایستی به منظور مشخص نمودن اینکه آیا سیستم اندازه گیری جهت کاربدی مورد نظر قابل قبول است ، مورد ارزیابی قرار گیرد .در این مثال ، %R&R برابر با 25/2 % است و با وجود سیستم اندازه گیری بایستی برای اندازه گیری تغییرات فرایند به صورت حاشیه در نظر گرفته شود .