**شرکت سازه گستر سایپا**

# راهنماي كنترل آماري فرايند (SPC)

**مدرك شماره ۹**
**(ويرايش اول)**

**امور كيفيت**
**مرداد۸۴**

S.G.S.Co.

**يادآوري:**

**۱- جهت اطمينان از اعتباراين مدرك به شبكه اينترانت سازه گسترسايپا مراجعه فرمائيد.**

**۲- كليه حقوق اين مدرك محفوظ و مخصوص سازه‌گستر سايپا مي‌باشد.**

| S.G.S.Co. | خلاصه تغییرات مدرك | شماره مدرك:۹ |
|---|---|---|

**عنوان مدرك: راهنماي كنترل آماري فرايند (SPC)**

| ردیف | تاریخ | خلاصه تغییرات | صفحه مرتبط |
|---|---|---|---|
| | | ---------- | |

# فصل اول

## ابزارهاي كيفي

S.G.S.Co.

**ابزار هفتگانه کنترل آماري فرايند**

ابزار هفتگانه کنترل آماري فرايند از ديرباز در سازمان ها، مورد استفاده واقع مي شود، به طوري که هم اکنون آشنايي با اين ابزار يکي از الزامات بخش کنترل کيفي هر سازمان است. اين ابزارها عبارتند از :

۱. برگه ثبت داده ها
۲. هيستو گرام
۳. نمودار پارتو
۴. نمودار علت و معلول
۵. نمودار تمرکز نقص ها
۶. نمودار پراکندگي
۷. نمودار کنترل

استفاده از اين ابزارها بايد به يك نگرش و تفکر در سازمان تبديل شود. در صورت تحقق اين امر، استفاده از ابزار هفتگانه کنترل آماري فرايند به بخشي از کارهاي روزانه سازمان تبديل شده و آن را در مسير دستيابي به اهداف بهبود کيفيت قرار مي دهد.

**۱-۱. برگه ثبت داده ها**

در مراحل اوليه اجراي SPC غالباً جمع آوري اطلاعات مورد نياز درباره فرايند مورد مطالعه، ضروري است. برگه هاي ثبت داده ها براي شکل دادن به داده هاي جمع آوري شده در قالبي معين استفاده مي شوند تا بتوان به سادگي از داده ها استفاده و آنها را تحليل کرد. برگه هاي ثبت فراواني داده ها، نقش بسزايي در اجراي SPC ايفا مي کنند. نمونه اي از اين برگه ها در شکل (۱-۱) به چشم مي خورد. اين برگه، داده ها مربوط به قطر يك سوراخ قطعه را در فرايند دريل کاري همراه با شرح تغييرات موجود در فرايند نشان مي دهد. اين اطلاعات به عنوان ورودي، براي تجزيه و تحليل داده ها و رسم نمودار مورد استفاده قرار مي گيرد.

**۱-۲. هيستوگرام**

هيستوگرام نوعي نمودار ميله اي است که به کمك آن مي توان داده ها را تشريح کرد. در هيستوگرام، تعداد زيادي از داده ها در قالب خاصي طبقه بندي مي شوند تا بتوان آنها را ساده تر درك و تحليل کرد. بديهي است گروه بندي و نمايش ترسيمي داده ها به اخذ تصميم منطقي و موثر کمك مي کند. هيستوگرام، تصويري از داده ها ارائه مي کند که توسط آن مي توان سه ويژگي زير را ساده تر مشاهده کرد:

۱. شکل توزيع فراواني داده ها
۲. مکان يا تمايل مرکزي توزيع
۳. پراکندگي يا گسترش توزيع

| فرم جمع آوري اطلاعات نمودار مبنا ( X – R ) | | |
|---|---|---|
| شماره قطعه : ۹-۷۲۳۱۴۴ | شرح فرايند : سوراخكاري | ماشين / دستگاه : دريل 15A |
| اپراتور : آقاي سيفي | بازرس: آقاي خسرو | پارامتر كنترلي: قطر سوراخ |
| ابزار اندازه گيري : CA37 با دقت 0.02 | شماره بازنگري :۰۱ | تاريخ تهيه : ۸۰/۵/۲۳ |
| LSL : ۱۱/۲۶ | SL : ۱۱/۳۴ | USL : ۱۱/۴۲ |

| شماره گروه | تاريخ | ساعت | شماره نمونه | | | | | تغييرات توليد | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | كد تغييرات | شرح تغييرات |
| ۱ | ۸۰/۵/۲۳ | ۸ | ۱۱/۳۲ | ۱۱/۳۴ | ۱۱/۳۲ | ۱۱/۳۰ | ۱۱/۳۲ | | |
| ۲ | ۸۰/۵/۲۳ | ۸/۳۰ | ۱۱/۳۲ | ۱۱/۳۴ | ۱۱/۳۴ | ۱۱/۳۲ | ۱۱/۳۴ | | |
| ۳ | ۸۰/۵/۲۳ | ۹ | ۱۱/۳۴ | ۱۱/۳۶ | ۱۱/۳۰ | ۱۱/۳۰ | ۱۱/۲۸ | | |
| ۴ | ۸۰/۵/۲۳ | ۹/۳۰ | ۱۱/۳۰ | ۱۱/۴۰ | ۱۱/۳۲ | ۱۱/۳۴ | ۱۱/۳۴ | | |
| ۵ | ۸۰/۵/۲۳ | ۱۰ | ۱۱/۳۰ | ۱۱/۳۲ | ۱۱/۳۰ | ۱۱/۳۴ | ۱۱/۳۴ | | |
| ۶ | ۸۰/۵/۲۳ | ۱۱ | ۱۱/۳۴ | ۱۱/۳۰ | ۱۱/۳۰ | ۱۱/۳۴ | ۱۱/۳۶ | | (۹) |
| ۷ | ۸۰/۵/۲۳ | ۱۱/۳۰ | ۱۱/۳۲ | ۱۱/۳۴ | ۱۱/۳۶ | ۱۱/۴۶ | ۱۱/۳۲ | | |
| ۸ | ۸۰/۵/۲۳ | ۱۲ | ۱۱/۳۶ | ۱۱/۳۴ | ۱۱/۳۲ | ۱۱/۳۶ | ۱۱/۳۶ | | |
| ۹ | ۸۰/۵/۲۳ | ۱۲/۳۰ | ۱۱/۲۸ | ۱۱/۳۴ | ۱۱/۳۲ | ۱۱/۲۸ | ۱۱/۳۸ | | |
| ۱۰ | ۸۰/۵/۲۳ | ۱۴ | ۱۱/۳۰ | ۱۱/۳۲ | ۱۱/۳۶ | ۱۱/۳۰ | ۱۱/۳۰ | | شكستن مته (۶) |
| ۱۱ | ۸۰/۵/۲۳ | ۱۴/۳۰ | ۱۱/۳۰ | ۱۱/۳۴ | ۱۱/۳۲ | ۱۱/۳۲ | ۱۱/۳۰ | | توقف خط توليد |
| ۱۲ | | | | | | | | | |
| ۱۳ | | | | | | | | | |
| ۱۴ | | | | | | | | | |
| ۱۵ | | | | | | | | | |
| ۱۶ | | | | | | | | | |
| ۱۷ | | | | | | | | | |
| ۱۸ | | | | | | | | | |
| ۱۹ | | | | | | | | | |
| ۲۰ | | | | | | | | | |
| ۲۱ | | | | | | | | | |
| ۲۲ | | | | | | | | | |
| ۲۳ | | | | | | | | | |
| ۲۴ | | | | | | | | | |
| ۲۵ | | | | | | | | | |
| ۲۶ | | | | | | | | | |
| ۲۷ | | | | | | | | | |
| ۲۸ | | | | | | | | | |
| ۲۹ | | | | | | | | | |

S.G.S.Co.

| کد تغییرات | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ۱. تغییر اپراتور | ۲. تعویض مواد | ۳. تعویض شیفت | ۴. تعمیرات | ۵. تغییرات ماشین |
| ۶. تغییرات ابزار | ۷. اغییرات روش ها | ۸. تنظیم ابزار | ۹. استراحت | ۱۰. سایر |

**شكل ۱-۱ نمونه برگه ثبت داده ها براي فرايند سوراخكاري**

براي مثال، توزيع فراواني داده هاي مربوط به رينگ پيستون در جدول (۱-۱) نشان داده شده و شكل (۱-۲) هيستوگرام آنها را نشان مي دهد. در اين شكل، ملاحظه مي شود كه يك رينگ، قطري بين ۷۳/۹۶۵ ميلي متر و ۷۳/۹۷۰ ميلي متر دارد؛ هشت رينگ داراي قطرهاي بين ۷۳/۹۸ ميلي متر و ۷۳/۹۸۵ ميلي متر هستند و بقيه نيز به همين ترتيب گروه بندي شده اند. ارتفاع هر ستون در شكل (۱-۲) نمايانگر فراواني قطر رينگ در آن است.

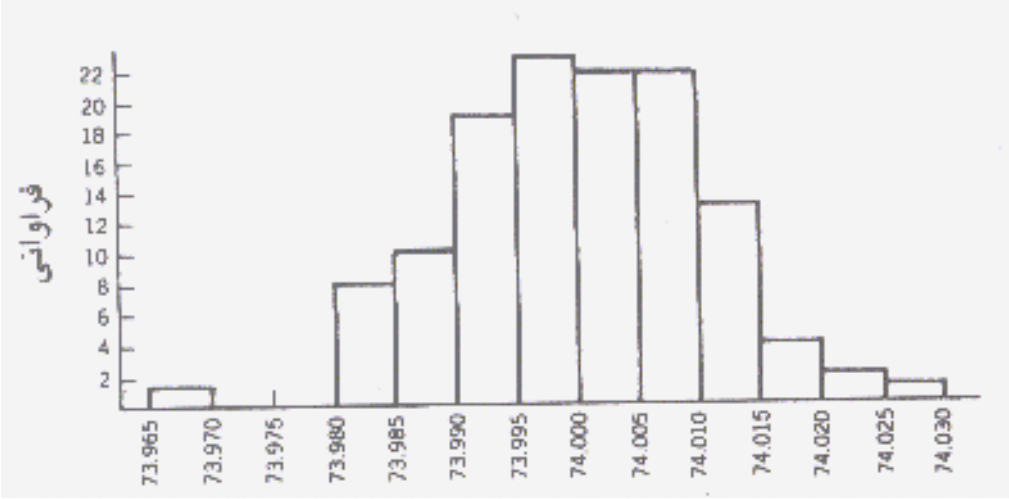
در داده هاي مربوط به قطر رينگ پيستون، توزيع فراواني قطر رينگ حدوداً متقارن بوده و تمايل مركزي آن بسيار نزديك به ۷۴ ميلي متر است. به نظر مي رسد تغيير پذيري موجود در قطر رينگ، زياد باشد. اين امر بدين دليل است كه بعضي از قطرها به كوچكي ۷۳/۹۶۷ ميلي متر و بعضي از آنها به بزرگي ۷۴/۰۳۰ ميلي متر هستند. بنابراين، از هيستوگرام،اطلاعاتي به دست مي آيد كه با بررسي داده هاي خام حاصل نمي شود.

**جدول ۱-۱: قطر داخلي رينگ پيستون (برحسب ميلي متر)**

| شماره نمونه | مشاهدات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 74.030 | 74.002 | 74.019 | 73.992 | 74.008 |
| 2 | 73.995 | 73.992 | 74.001 | 74.011 | 74.004 |
| 3 | 73.988 | 74.024 | 74.021 | 74.005 | 74.002 |
| 4 | 74.002 | 73.996 | 73.993 | 74.015 | 74.009 |
| 5 | 73.992 | 74.007 | 74.015 | 73.989 | 74.014 |
| 6 | 74.009 | 73.994 | 73.997 | 73.985 | 73.993 |
| 7 | 73.995 | 74.006 | 730994 | 74.000 | 74.005 |
| 8 | 73.985 | 74.003 | 73.993 | 74.015 | 73.988 |
| 9 | 74.008 | 73.995 | 74.009 | 74.005 | 74.004 |
| 10 | 73.998 | 74.000 | 73.990 | 74.007 | 73.995 |
| 11 | 73.994 | 73.998 | 73.994 | 73.995 | 73.990 |
| 12 | 74.004 | 74.000 | 74.007 | 74.000 | 73.996 |
| 13 | 73.983 | 74.002 | 73.998 | 73.997 | 74.012 |
| 14 | 74.006 | 73.967 | 73.994 | 74.000 | 73.984 |
| 15 | 74.012 | 74.014 | 73.998 | 73.999 | 74.007 |
| 16 | 74.000 | 73.984 | 74.005 | 73.998 | 73.996 |
| 17 | 73.994 | 74.012 | 73.986 | 74.005 | 74.007 |
| 18 | 74.006 | 74.010 | 74.018 | 74.003 | 74.000 |
| 19 | 73.984 | 74.002 | 74.003 | 74.005 | 73.997 |
| 20 | 74.000 | 74.010 | 74.013 | 74.020 | 74.003 |
| 21 | 73.988 | 74.001 | 74.009 | 74.005 | 73.996 |
| 22 | 74.004 | 73.999 | 73.990 | 74.006 | 74.009 |
| 23 | 74.010 | 73.989 | 73.990 | 74.009 | 74.014 |
| 24 | 74.015 | 74.008 | 73.993 | 74.000 | 74.010 |
| 25 | 73.982 | 73.984 | 73.995 | 74.017 | 74.013 |

در زمان رسم هيستوگرام، توجه به چند نكته مفيد است. وقتي داده ها بـه صـورت عـددي هسـتند، گروه بندي آنها به دسته هايي، نظير داده ها مربوط به مثال رينگ پيستون مفيد خواهد بود. بـه طـور كلي:

۱. داده ها بين ۴ تا ۲۰ دسته گروه بندي مي شود. در اغلب مواردي كه تعداد دسـته هـا تقريبـاً برابر با جذر تعداد كل نمونه ها در نظر گرفته مي شود، محاسبات معمولا براحتي انجـام مـي گيرد.
۲. اندازه يا عرض هر دسته يكنواخت است.
۳. حد پايين اوليه دسته، اندكي كمتر از اندازه كوچكترين عدد مشاهده شده در نظر گرفتـه مـي شود.




**شكل ۱-۲: هيستوگرام براي داده هاي قطر رينگ پيستون**

S.G.S.Co.

### ۱-۳. نمودارپارتو

نمودار پارتو، نموداري ميله اي است كه علل مشكلات به وجود آمده را بـا فراوانـي آنهـا مقايسـه مي كند. نام اين نمودار، از نام يك دانشمند ايتاليايي علوم اجتماعي به نام « ويلفردپارتو» گرفتـه شـده اسـت. براساس اصلي كه وي در مورد اقتصاد بيان كرد ۸۰ درصد نتايج و مسائل از ۲۰ درصد علل ناشـي مي شوند. به عبارت ديگر، اگر چه ممكـن اسـت بـراي مسـائل موجـود، علـل بسـيار زيادي وجود داشته باشد، ولي تعداد اندكي از اين علل اهميت دارند و با رفع آنها مي توان بخش اعظم مسائل را حل كرد. به عنوان مثال، مي توان گفت:

! ۸۰ درصد خطا ها توسط ۲۰ درصد كاركنان انجام مي شود.
! ۸۰ درصد ضايعات محصول به علت مشكل در ۲۰ درصد فرايندهاي توليدي آن است.

به كمك نمودار پارتو مي توان علل مختلف به وجود آمدن نتايج نامناسب را طبقه بندي كرد و به سرعت و روشني نشان داد كه كدام دسته از علل از اهميت بيشتري برخوردار است. براي رسم نمودار پارتو، ابتدا بايد درصد فراواني علل مختلف را تعيين و سپس آنها را به ترتيب صعودي مرتب كرد. روي نمودار، ميله متناظر هر كدام از عللي را كه باعث بروز حدود ۸۰ درصد مشكلات شده اند تعيين كرد.

در جدول (۱-۲) داده هاي مربوط به درصد ضايعات ريخته گري ميل باداملك ذكر شده است. درصد ضايعات هر كدام از علل به ترتيب نزولي در شكل (۱-۳) رسم شده است. با بررسي اين شكل مي توان نتيجه گرفت كه حدود ۸۰ درصد ضايعات را كاهش داد. نمودار پارتو به دست آمده به تحليل گر كمك مي كند تا براحتي عللي را كه بيشتر از بقيه مشاهده مي شوند شناسايي كند.

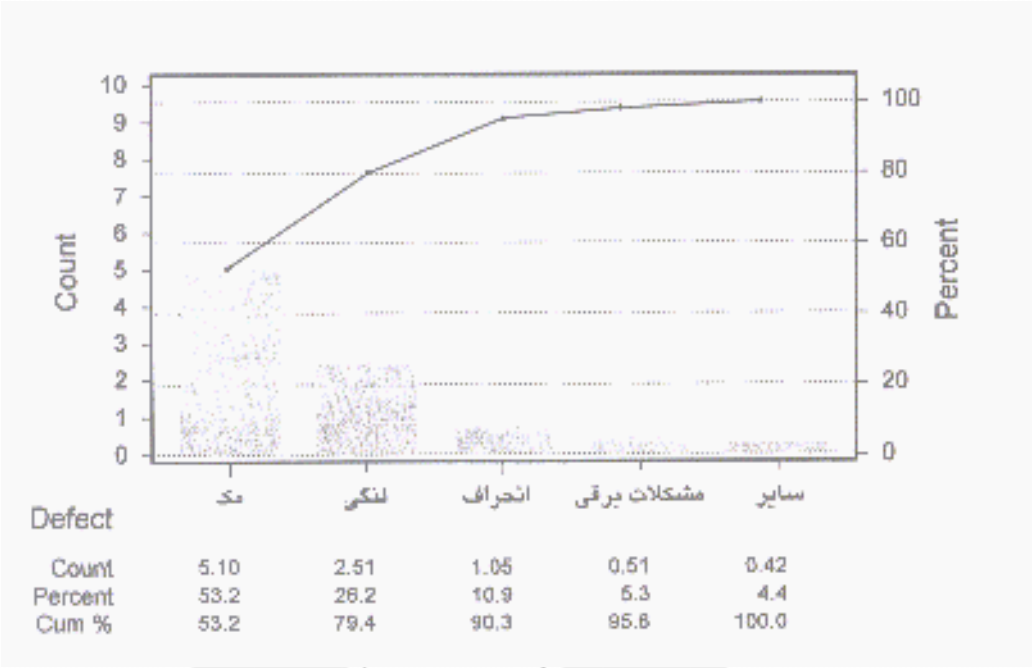
نمودارهاي پارتو به طور نسبتاً وسيع در كاربردهاي غير توليدي روش هاي بهبود كيفيت استفاده مي شوند. به طور كلي، نمودار پارتو از مفيدترين ابزارهاي هفتگانه كنترل آماري فرايند است و كاربرهاي آن در برنامه هاي بهبود كيفيت، بستگي به ميزان خلاقيت تحليل گر دارد.

### ۱-۴. نمودار علت و معلول

زماني كه عيب،اشكال و يا اشتباهي مي شود بايد علل بالقوه آن نيز تعيين گردد. در مواقعي كه مجموعه علل بروز مشكل واضح نيست – يا فقط دو يا چند مورد از آنها مشخص است- يا فقط دو يا چند مورد از آنها مشخص است – نمودار علت و معلول مي تواند ابزار مفيدي براي شناسايي علل بالقوه باشد.

**جدول ۱-۲: درصد آمار ضايعات قطعه ميل باداملك شركت X طي سال ۱۳۷۹**

| رديف | علل ضايعات | درصد ضايعات | نسبت درصد ضايعات |
|---|---|---|---|
| ۱ | مك | ۵/۱ | ۵۳/۲ |
| ۲ | شلاله | ۰/۰۶ | ۰/۰۰۶ |
| ۳ | انحراف | ۱/۰۵ | ۱۰/۹۵ |
| ۴ | لنگي | ۲/۵۱ | ۲۶/۲ |
| ۵ | فشردگي | ۰/۱ | ۱ |
| ۶ | شكستگي | ۰/۱۱ | ۱/۲ |
| ۷ | نيامد مذاب | ۰/۱۵ | ۱/۶ |
| ۸ | مشكلات برقي | ۰/۵۱ | ۵/۳ |
| جمع كل ضايعات محصول | | ۹/۵۹ | ۱۰۰ |



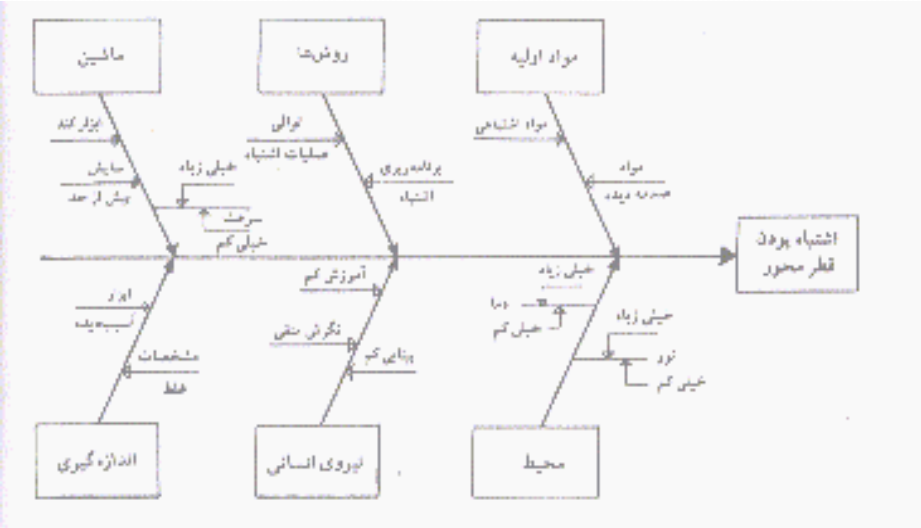

**شكل ۱-۳ : نمودار پارتو درصد ضايعات براي ميل بادامك**

نمودار علت و معلول با نام نمودار «ايشي كاوا» يا نمودار «استخوان ماهي» نيز شناخته مي شود زيرا اين نمودار توسط دكتر ايشي كاوا و در ۱۹۴۳ مطرح شد و از طرف ديگر، شكلي شبيه يك ماهي دارد كه مشخصه كيفي در سرآن قرار گرفته و علت ها، شكلي همانند استخوان ماهي ايجاد مي كنند. شكل (۱-۴) نمونه اي از يك نمودار علت و معلول را نشان مي دهد كه در آن نوعي عدم تطابق (اشتباه بودن قطر يك محور) مورد تحليل قرار گرفته است.

مراحل تهيه نمودار علت و معلول عبارتند از :

۱. مشكل يا معلولي كه بايد تجزيه و تحليل شود را تعريف كنيد.
۲. تيمي براي انجام تجزيه و تحليل هاي مورد نياز تشكيل دهيد. در اغلب موارد، تيم بهبود كيفيت، علل بالقوه ايجاد مشكل را از طريق طوفان ذهني تعيين مي كند.
۳. خط مركز را رسم كرده، مشكل (معلول) را در سمت راست آن (در جلو پيكان) قرار دهيد.
۴. گروه هاي علل بالقوه را تعيين و آنها را از طريق جعبه هايي به خط مركزي متصل كنيد.
۵. علل ممكن را شناسايي كرده،آنها را در گروه هاي تعيين شده در مرحله ۴ قرار دهيد. در صورت نياز،گروه هاي ديگري تشكيل بدهيد. علل بايد تا پايين ترين سطح، فهرست شوند.
۶. علل را رتبه بندي كنيد تا آنهايي كه اثر زيادي بر مشكل دارند شناسايي شوند.

S.G.S.Co.




**شكل ۱-۴: نمونه اي از يك نمودار علت و معلول**

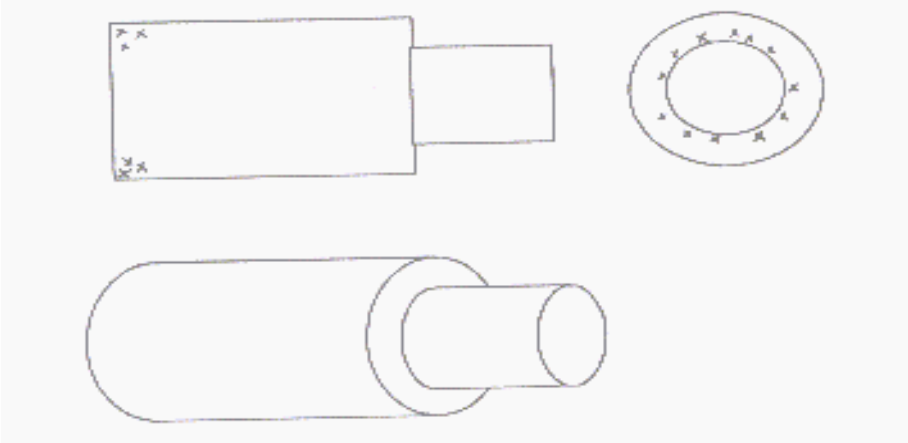
نمودار علت و معلول براي بررسي علل و مشكلات در فرايندها مفيد است. اين تحليل مي تواند همراه يك نمودار پارتو انجام گيرد.

از نمودار پارتو در اينجا براي تشخيص مهمترين عل ايجاد مشكل استفاده مي شود تا اقدام اصلاحي در مورد عمده ترين علل انجام گيرد. نمودار علت و معلول از جمله ابزارهاي مفيدي است كه مي تواند در بخش هاي مختلف يك سازمان براي حل مشكلات به كاربرده شود.

**۱-۵. نمودار تمركز نقص ها**

نمودار تمركز نقص ها، تصويري است از يك محصول كه آن را از ابعاد مختلف نشان مي دهد. با استفاده از اين شكل مي توان محل يا محل هاي ايجاد عيب را روي محصول مشخص كرد و مورد تجزيه و تحليل قرار داد.

در شكل (۱-۵) نمونه اي از نمودار تمركز نقص مربوط به يك شركت ريخته گري ملاحظه مي شود. در اين شكل، نقشه قطعه از دو زاويه رسم شده است و اپراتورها محل هاي ايجاد مك را كه در بازرسي هاي قطعه مشاهده مي كنند، روي شكل علامت مي زنند. بدين طريق، بيشترين جايي كه مك دارد در قطعه معلوم مي شود و لذا در صدد رفع عيب قالب آن برخواهند آمد.



**شكل ۱-۵: نمودار تمركز نقص ها. محل هاي ايجاد مك در يك قطعه ريخته گري**

در بسياري از فرايندها، استفاده از اين ابزار به دليل سادگي آن، مفيد و كارساز است؛ زيرا اپراتورها فقط با علامت زدن، محل تمركز عيب را شناسايي مي كنند. اگر اطلاعات مربوط به عيب هاي مختلفي كه با بررسي تعداد مناسبي محصول به دست آمده اند، روي نمودار تمركز نقص ها رسم شوند، آنگاه در اغلب موارد، منابع ايجاد اشكال براحتي شناسايي مي شوند. نمودار تمركز نقص ها يكي از ابزارهاي بسيار مفيد شناخت مشكل در صنايعي نظير آبكاري، رنگ كاري، ريخته گري و ذوب، ماشين كاري و مونتاژ به حساب مي آيد.

### ۶-۱. نمودار پراكندگي

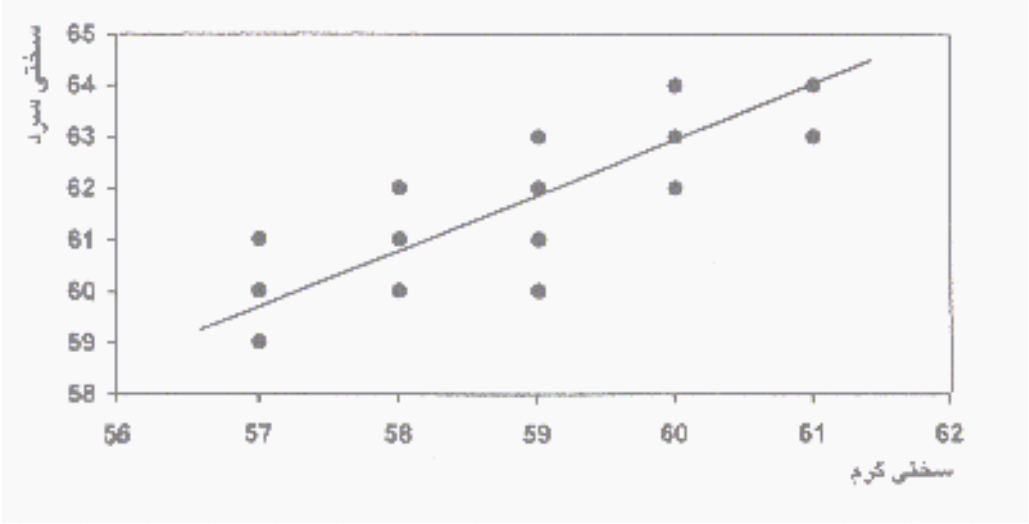
نمودارهاي پراكندگي انواع مختلفي دارند كه از آن ميان مي توان نمودارهاي همبستگي و نمودارهاي پراكندگي در محدوده تلرانسي را نام برد.

### ۱-۶-۱. نمودار همبستگي

از نمودار همبستگي براي پي بردن به رابطه بالقوه بين دو متغير استفاده مي شود. براي رسم اين نمودار، داده ها به صورت زوجي نظير $(x_i, y_i)$، ...، I = ۳،۲،۱ تهيه مي شود. مقدار $y_i$ برحسب مقدار $x_i$ روي اين نمودار رسم مي شود. طريقه رسم نقاط روي نمودار،نشان دهنده نوع رابطه موجود بين دو متغير است و ميزان همبستگي آنها را تعيين مي كند.

شكل (۱-۶) يك نمودار همبستگي مربوط به سختي سرد قطعه لاستيكي را در فرايند پخت لاستيك بر حسب سختي گرم آن نشان مي دهد. اين نمودار، نشان دهنده همبستگي نسبتاً خوبي بين سختي گرم و سختي سرد قطعه است. به عبارت ديگر، هر چه سختي گرم بيشتر باشد، امكان زياد شدن سختي گرم و سختي سرد قطعه است. به عبارت ديگر،هرچه سختي گرم بيشتر باشد، امكان زياد شدن سختي سرد افزايش مي يابد.

معمولاً براي تحت كنترل در آوردن فرايندها، لازم است كه عوامل وابسته در ان فرايندها شناسايي شود. اگر يكي از اين عوامل، تحت كنترل باشد، به علت همبستگي اش با عامل ديگر، آن عامل نيز تحت كنترل خواهد بود. در اينجاست كه استفاده از نمودار همبستگي معنا مي يابد.




**شكل ۱-۶: نمودار پراكندگي سختي سرد در مقابل سختي گرم قطعه**

### ۱-۶-۲. نمودار پراکندگي در محدوده تلرانس

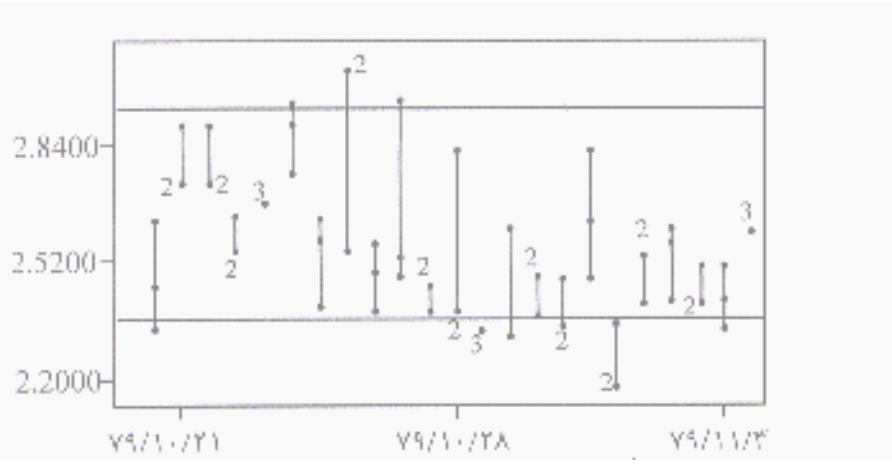
با استفاده از اين نمودار مي توان به شکل و ميزان پراکندگي توليدات در محدوده تلرانسي نقشه يا خواست مشتري پي برد. براي رسم اين نمودار، حدود تلرانس بايد روي محور عمودي و نيز زمان نمونه گيري از فرايند روي محور افقي تعيين شود. در هر بار نمونه گيري از فرايند توليد، نقاط حداقل و حداکثر ثبت شده در نمودار، توسط خطي به هم متصل مي شوند. در جاهايي که نقاط به علت مساوي بودن مقاديرشان با يکديگر روي هم رسم مي شوند، تعداد آنها توسط عدد نشان داده خواهد شد.

در شکل (۱-۷) نمونه اي از اين نمودار نشان داده شده است که براي تعيين غلظت روزانه مس به کار مي رود. در اين شکل، غلظت هاي اندازه گيري شده در هر روز روي محور افقي رسم شده است و حدود رسم شده روي محور عمودي، تلرانس قابل قبول براي غلظت مس است. براي آشنايي بيشتر با روش تهيه و استفاده از هفت ابزار بهبود مستمر به مرجع (۲) مراجعه کنيد.

### ۱-۷-۰ نمودار کنترل

از ميان ابزارهاي هفتگانه SPC ، نمودار کنترل مهمترين و پيچيده ترين آنهاست. با استفاده از نمودارهاي کنترل مي توان نوسانات فرايند را تحت کنترل درآورد و با اقدامات پيشگيرانه، از توليد محصول خراب جلوگيري کرد. رسم نمودار کنترل، مبتني بر روش هاي آماري است و لذا براي شناخت انواع نمودارهاي کنترل و رسم آنها، آشنايي مختصري با مفاهيم آماري لازم است.

از اين رو، در فصل بعدي «انواع تغييرات در فرايند» و سپس برخي اصول آماري، مانند «توزيع هاي احتمال، توزيع نرمال» و ... بيان مي شوند. در فصل سوم نيز با نمودار کنترل آشنا خواهيد شد.




**شکل ۱-۷: نمودار پراکندگي براي غلظت مس**

# فصل ۲

## کنترل آماري فرآيند

S.G.S.Co.

**پیشگیری به جای شناسائی :**

در گذشته، مبنای ساخت و تولید بدین گونه بود که محصولات پس از ساخت و تولید و تبدیل به محصول نهايي مورد بارزسی و آزمون قرار گرفته و اقلام نامطلوب از آنها جداسازی می گشت. در امور اداری نیز، کارها به کرات مورد بررسی قرار می گرفت تا به اشتباهات پی برده شود. هر دو استراتژی بر مبنای "شناسائی" استوار بوده اند، که بسیاری ناکار است. چرا که اجازه می دهد زمان و مواد بر روی محصولات و یا خدماتی سرمایه گذاری شوند که همیشه مورد استفاده نیستند.بسیار کارآتر است چنانچه بتوانیم با عدم تولید محصولات غیرقابل استفاده در همان گام نخست از ایجاد ضایعات جلوگیری نماییم، استراتژی پیشگیرانه به گوش آشنا – و حتی بدیهی است. غالباً شعارهايي نظیر کار را همان دفعه اول درست انجام بده بیانگر استراتژی می باشد، اما شعار کافی نیست. آنچه لازم است درکی صحیح از عناصر یک سیستم کنترل فرآیند آماری است که در ادامه مطالب به آنها پرداخته خواهد شد.

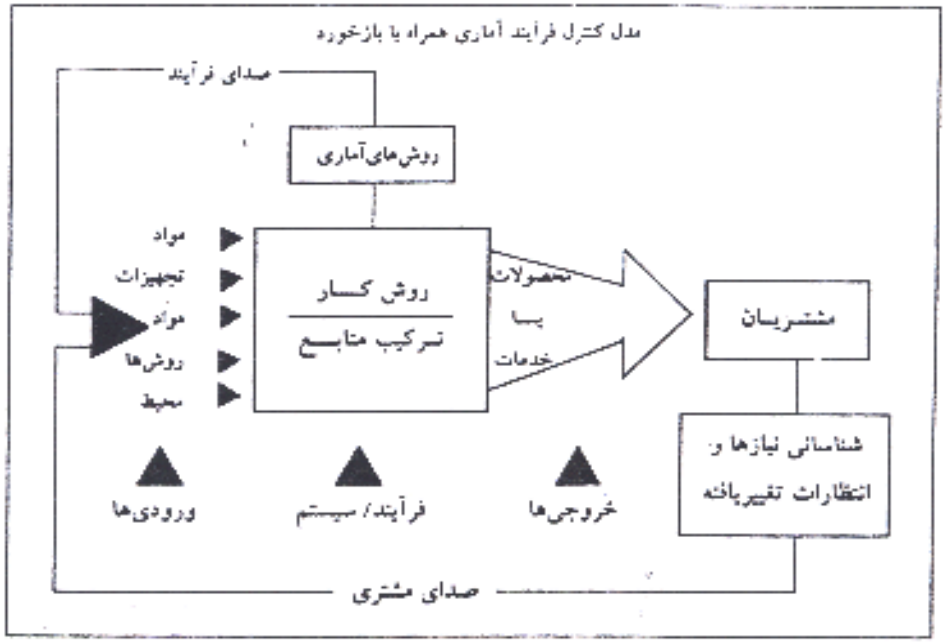
**نیاز به کنترل فرآیند**

| | |
|---|---|
| شناسايي | ← تعدیل ضایعات |
| پیشگیری | ← جلوگیری از ضایعات |

S.G.S.Co.

## ۲- سیستم کنترل فرآیند

سیستم کنترل فرآیند آماری می تواند به صورت یک سیستم بازخورد تعریف شود. کنترل فرآیند (spc) یک نوع سیستم بازخوردی است. انواع دیگری از این سیستم ها، که آماری نیستند نیز وجود دارند. چهار ویژگی مهم چنین سیستم هایي که باید مورد بررسی قرار گیرند عبارتند از :




**۲-۱ – فرآیند :** منظور از فرآیند، ترکیب کلی تامین کنندگان، افراد، تجهیزات، مواد ورودی، روش ها و محیطی که است که با همکاری یکدیگر خروجی را تولید می نمایند و مشتریانی است که از خروجی استفاده می کنند. کارآیي کلی فرآیند بستگی به آن دارد که ارتباط بین تامین کننده و مشتری به چه صورت به آن عمل می شود.

**۲-۲- اطلاعات درباره عملکرد :** عمده اطلاعات در مورد عملکرد واقعی یک فرآیند را می توان از طریق مطالعه خروجی هایآن بدست آورد مفیدترین اطلاعات درباره یک فرآیند مطالعه تغییرات درونی می باشد. ویژگی های فرآیند (نظیر دما، زمان چرخه، نرخ تغذیه، تعداد وقفه ها، ...) باید مورد بیشترین بررسی قرار بگیرند. باید تلاش شود تا مقادیر هدفی برای این ویژگی ها بدست آید ، به نحوی که در این مقادیر، فرآیند بیشتری کارآیي خود را بروز دهد. سپس باید بررسی نمود که تا چه میزان نسبت به این مقادیر هدف دور یا نزدیکیم. چنانچه این اطلاعات به درستی جمع آوری و تفسیر شوند، می توان به این نکته پی برد که آیا فرآیند رفتاری متداول و یا غیرمتداول از خود نشان می دهد، اقدامات مناسبی برای بهبود فرآیند و یا اقلامی که به تازگی تولید شده اند – در صورت نیاز – می تواند صورت گیرد. اقدامات احتمالی باید به موقع و یا تناسب کافی صورت پذیرند و در غیر اینصورت، جمع آوری داده ها اتلاف زمان و انرژی خواهد بود.

S.G.S.Co.

**۲-۳- اقدامات بر روی فرآیند:** اقتصادی ترین شکل اقدامات به روی فرآیند، اقدامات پیشگیرانه ای است که بر روی ویژگی های مهم (فرآیند یا خروجی) صورت می پذیرد تا آنها به مقدار زیادی از مقادیر هدف فاصله نگیرند. این امر پایداری و نوسانات فرآیند و خروجی آن را بین حدود قابل قبول ثابت نگه می دارد. چنین اقداماتی می تواند شامل تغییرات در عملیات (نظیر آموزش پرسنل، تغییرات در مواد ورودی و... باشد) و یا در عناصر پایه ای تر فرآیند (ابزار هایي که نیاز به بازسازی دارند، نحوه ارتباط افراد با یکدیگر و یا طراحی مجدد کل فرآیند) باشد. اثرات اقدام انجام شده، باید مورد بررسی قرار گیرند و در صورت نیاز، اقدامات بیشتری صورت پذیرد.

**۲-۴- اقدامات بر روی خروجی :** اینگونه اقدامات هنگامی که فقط به شناسایي و اصلاح محصولات خارجی از حدود ویژگی محدود می شوند، و نشانه ای از علل به وجود آورنده مشکلات فرآیند را به دست نمی دهند، کمتر اقتصادی به شمار می روند.

متاسفانه، چنانچه خروجی جاری نتواند به طور مستمر نیازمندی های مورد نظر مشتری را برآورده سازد، ممکن است نیاز به بررسی کلیه اقلام و بازکاری و یا اسقاط تمامی موارد نامنطبق به وجود آید.

این اقلام بایستی مادام که اقلام اصلاحی مناسب بر روی فرآیند صورت پذیرد و صحه گذاری گردد، و یا هنگامی که ویژگی های محصول تغییر یابند صورت پذیرد.

کاملاً آشکار است که بازرسی هایی که به دنبال آنها اقداماتی صورت می پذیرد جانشین بسیار ضعیفی برای مدیریت موثر فرآیند به شمار می آید.

اقدامات بر روی فرآیند باید جداً به عنوان یک راه حل موقتی برای فرآیندهای ناپایدار و یا ناتوان مورد استفاده قرار گیرند. لذا آنچه از این پس مورد بررسی قرار می گیرد. با در نظر گرفتن دیدگاهی است که به اقدامات اصلاحی بر روی خود فرآیند اولویت می دهد.

## ۳- نوسانات علل عام – علل خاص

جهت بهره گیری مناسب از داده های جمع آوری شده از کنترل فرآیند، درک مفهوم نوسانات عامل بسیار مهمی است. هیچ دو محصول یا ویژگی، دقیقاً مانند یکدیگر نیستند، چرا که هر فرآیندی منابع بسیار متنوعی از نوسانات را در داخل خود دارد. تفاوت میان محصولات ممکن است بسیار آشکار باشد، یا آنقدر کوچک باشد که قابل اندازه گیری نباشد، ولی به هر حال وجود دارد.

به عنوان مثال، قطر یک محور، می تواند از عواملی مانند ماشین (تمیزی، لرزش یاتاقان ها)، ابزار (مقاومت، نرخ استهلاک)، مواد (قطر، سختی)، کارگر(نرخ تغذیه، دقت مرکزدهی)، تعمیرات و نگهداری(روغنکاری، جایگزیني ابزار فرسوده) و محیط (دما، ثبات منبع تغذیه جریان) تاثیر پذیرد. به عنوان مثال دیگری، زمانی که برای پردازش یک صورتحساب لازم است ممکن است بر اثر عوامل همچون تنوع افرادی که این پردازش را انجام می دهند. پایداری و قابلیت اعتماد به دستگاه هایي که در این پردازش مورد استفاده قرار می دهند، خوانایي خود صورتحساب مورد استفاده و حجم سایر کارهایي که در سازمان در حال انجام است تاثیر پذیرد.

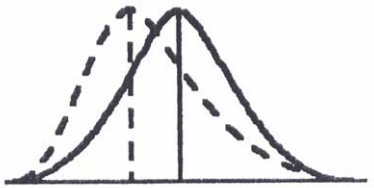
بعضی از منابع نوسانات در فرآیند موجب تفاوت های کوتاه مدت و قطعه به قطعه می شوند، مانند لقی و کثیفی بین ماشین و بست و پایه های آن.
بعضی دیگر از منابع موجب نوساناتی بر روی فرآیند می گردد که در دراز مدت اثر خود را نمایان می سازد، این نوسانات یا با نظم و الگوی خاصی صورت می پذیرند، مانند فرسودگی ابزار، ماشین، و یا بدون قاعده خاصی شکل می گیرند، مانند تغییرات محیطی یا تغییرات منبع تغذیه، لذا مقطع زمانی و شرایطی که طی آن اندازه گیری صورت پذیرفته است می تواند میزان کل نوسان موجود را تحت تاثیر قرار دهد.
از نقطه نظر حداقل الزامات مورد نیاز، مبحث نوسانات غالباً بسیار ساده است: قطعات بین حدود ویژگی ها مورد قبولند، و قطعات خارج از حدود ویژگی ها غیر قابل قبول و گزارش های به هنگام، قابل قبولند.اما برای مدیریت هر فرآیند و کاهش نوسانات، باید علت اصلی آن ریشه یابی شود.
گام اول در این راه، تفکیک بین علل عام و علل خاص نوسانات می باشد.
همانگونه که تک تک مقادیر اندازه گیری شده ممکن است با یکدیگر متفاوت باشند، گروهی از آنها ممکن است الگويي را تشکیل دهند که به عنوان یک توزیع شناخته می شوند. توزیع دارای ویژگی های زیر است:

- موقعیت ( مقدار نمونه ای آن)
- پراکندگی (طیف مقادیر از کمترین به بیشترین مقدار)
- شکل (الگوی تغییرات، آیا متقارن است یا چولگی دارد یا ...)

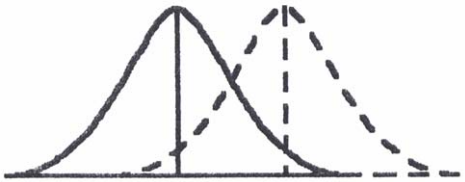
علل عام به بسیاری از منابع نوسانات در یک فرآیند اشاره می کنند که در طی زمان توزیعی پایدار و تکرارپذیر دارند.
این موضوع "تحت کنترل آماری"، "در وضعیت تحت کنترل آماری" و یا گاهی به اختصار "تحت کنترل" نامیده می شود. در حالتی که تنها علل عام نوسانات وجود داشته باشند و تغییر نکنند، خروجی فرآیند قابل پیش بینی است.
علل خاص (که گاهی علل قابل تخصیص نامیده می شوند) به هر عاملی که همیشه فرآیند را تحت تاثیر قرار نمی دهد اطلاق می گردد. هنگامی که این علل به وقوع می پیوندند، توزیع کلی فرآیند را برهم می زنند. تا هنگامی که کلیه علل خاص نوسانات مورد شناسايي مورد شناسايي قرار نگیرند و اقدام اصلاحی مناسب برای رفع آنها صورت نپذیرد، خروجی فرآیند را به طرز غیرقابل پیش بینی مورد تاثیر قرار می دهند. اگر این علل کماکان وجود داشته باشند، خروجی فرآیند پایدار نیست.
تغییرات ناشی از علل خاص بر روی فرایند مي تواند هم زیانبار باشند و هم سودمند. هنگامی که این تغییرات زیانبارند، باید علت آنها شناسايي و رفع گردد. در حالتی که این تغییرات سودمندند، باید شناسايي گردیده و به عنوان جزئی ثابت از فرآیند درآیند. در دسته ای فرآیندهای متکامل (همانند فرآیندهايي که چندین چرخه بهبود مستمر را طی نموده اند)، مشتری ممکن است اجازه ویژه ای برای اجرای فرآیند با وجود حضور علل خاص بدهد، لازمه چنین اجازه ای آن است که طرح کنترل بتوانند تضمین کند که فرآیند در مقابل نوسانات ناشی از سایر علل خاص محافظت شده است.

ویژگیهای یک تابع توزیع عبارت است از:

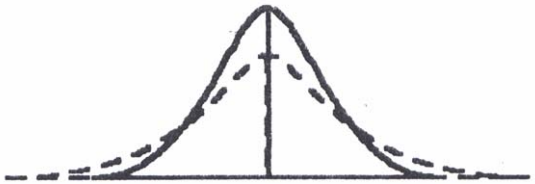
شکل



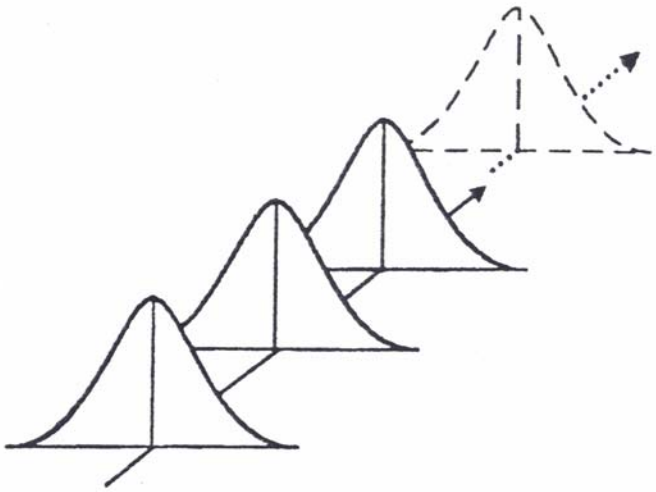
موقعیت



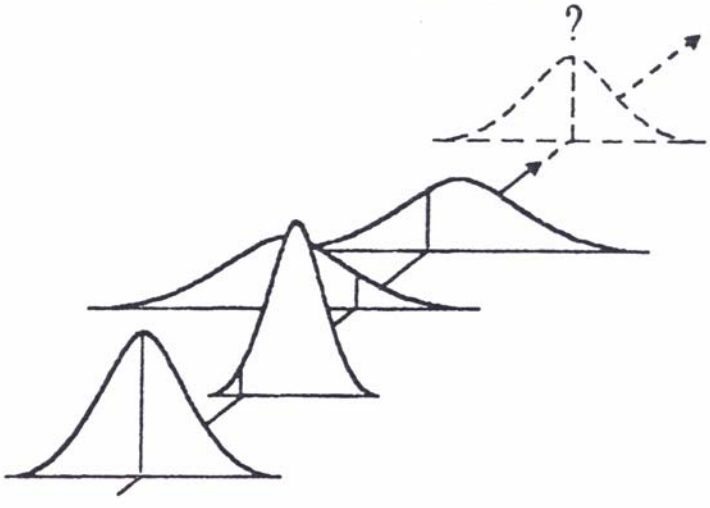
پراکندگی



رفتار فرآیند در شرایطی که فقط علل عام
بر آن اثر می‌گذارد



رفتار فرآیند در شرایطی که فقط علل خاص
بر آن اثر می‌گذارد



- **اقدامات موضعی :**
  - عموماً برای برطرف کردن علل خاص نوسانات مورد نیازند.
  - عموماً توسط افراد نزدیک به فرآیند شکل بگیرند.
  - حدوداً قادر به برطرف کردن ۱۵% مشکلات فرآیند می باشند.

- **اقدامات بر روی سیستم :**
  - عموماً برای برطرف کردن علل عام نوسانات مورد نیازند.
  - عموماً نیاز به اقدامات مدیریتی برای اصلاحات دارند.
  - حدوداً قادر به برطرف سازی ۸۵% مشکلات فرآیند می باشند.

## ۴- اقدامات موضوعی و اقدامات بر روی سیستم

ارتباط بسیار مهمی بین دو نوع علتی که برای نوسانات برشمردیم و نوع اقدامی که برای برطرف سازی آنها مورد نیاز است وجود دارد.

فنون ساده آماری کنترل فرآیند می توانند علل خاص نوسانات را شناسایي کنند. شناسایي علل خاص و به کارگیری اقدام اصلاحی مناسبی غالباً وظیفه فردی است که به فرآیند نزدیک است (مثلاً سرپرست شیفت). اگر چه مدیریت گاهی لازم است که برای بهبود شرایط وارد عمل شود، اما عموماً برطرف سازی علل خاص نیاز به اقدامات موضعی دارد. این امر بیشتر در مراحل ابتدایي بهبود فرآیند مصداق دارد.هنگامي که تلاش هایي برای انجام اقدامات مناسب در رفع علل خاص صورت گرفت علل باقیمانده غالباً برای برطرف شدن به اقدامات مدیریتی نیاز بیشتری دارند تا به اقدامات افراد نزدیک به فرآیند.

همان تکنیک های ساده آماری غالباً می توانند حدود علل عام را نیز شناسایي کنند، اما خود علل غالباً برای شناخته شدن نیاز به تجزیه و تحلیل های دقیق تری دارند. اصلاح این علل عام غالباً مسئولیت مدیریت به شمار می رود. گاهی اوقات افراد نزدیک به فرآیند در موقعیت بهتری برای شناسایي این علل و ارسال آنها نزد مدیریت می باشند. به هر حال برطرف سازی این علل عام نیاز به اقدامات بر روی سیستم دارند.

فقط درصد نسبتاً کمی از نوسانات فرآیندها می تواند توسط افرادی که مستقیماً با فرآیند در ارتباطند برطرف شود- تجربیات صنعتی رقمی در حدود ۱۵% را بیان می کند. عمده علل – حدود ۸۵% باقیمانده – توسط تصمیمات مدیریتی قابل رفع اند. ابهام در نوع اقدام مورد نیاز بسیار برای سازمان هزینه بر خواهد بود، مثلاً ممکن است اشتباهاً به جای اقدام به اصلاحی بر روی سیستم توسط مدیریت (انتخاب تامین کننده ای که مواد با کیفیت ثابت عرضه کند) اقدام به اصلاح موضعی صورت گیرد (تنظیمات ماشین یا دستگاه تغییر کند). بدون شک کار گروهی مستمر و نزدیک بین مدیریت و افرادی که مستقیماً با فرآیند سروکار دارند، برای برطرف سازی و یا کاهش علل عام خطا در فرآیند یک "باید" است.

**۵- کنترل فرآیند و قابلیت فرآیند**

هدف اصلی از کنترل فرآیند ایجاد اقتصادی ترین تصمیمی است که می تواند در مورد اقدامات بر روی فرآیند اتخاذ شود، این تصمیم باید تعادلی بین سخت گیری (انجام اقدامات هنگامی که مورد نیاز نیستند) و سهل گیری (عدم انجام اقدامات هنگامی که مورد نیازند) به وجود آورد. همانگونه که قبلاً گفته شد، فرآیند هنگامی تحت کنترل آماری نامیده می شود که تنها منبع نوسانات علل عام باشند. لذا، یکی از وظایف سیستم کنترل فرآیند، ایجاد علائمی است که مشخص کند چه هنگام علل خاص در فرآیند حضور دارند، همچنین چنین سیستمی باید از پدید آمدن علائم هنگامی که علل خاص در فرآیند وجود ندارند جلوگیری کند. این امر باعث می شود که اقدامات مناسب بر روی فرآیند صورت پذیرد.

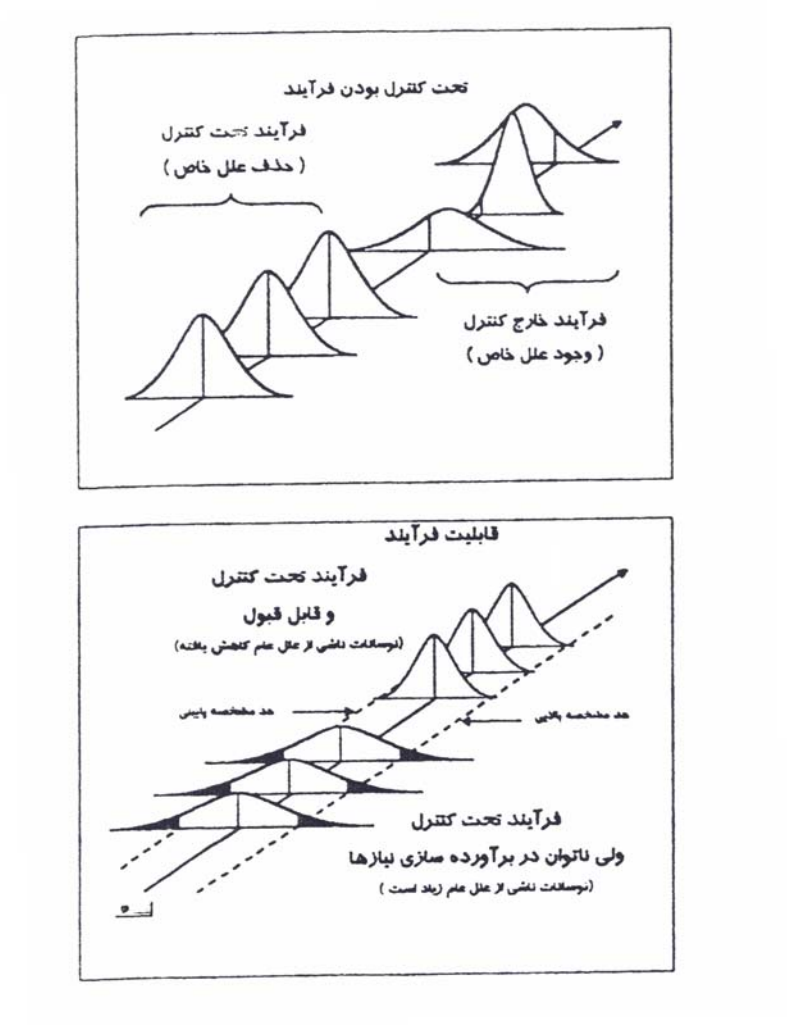
هنگام بحث درباره قابلیت فرآیند، دو مفهوم (که گاهی متضاد به نظر می رسند) باید در نظر گرفته شوند:

- قابلیت فرآیند با نوساناتی که از علل عام فرآیند ناشی می شوند مشخص می گردد. به عبارت دیگر بهترین عملکرد فرآیندرا بدون در نظر گرفتن اینکه آیا حدود ویژگی های مشتری رعایت شده اند یا نه، بیان می دارد.
- مشتری ها، چه داخلی و چه خارجی، عموماً بر روی خروجی فرآیند تمرکز می نمایند و این مسئله که تا چه حد الزامات آنها مورد رعایت قرار گرفته است برایشان اهمیت دارد، صرف نظر از اینکه نوسانات فرآیند تا چه حد بوده است.

عموماً، از آنجا که یک فرآیند که در کنترل آماری است توزیع قابل پیش بینی دارد، درصدی از قطعات که داخل حدود ویژگی قرار می گیرند قابل تخمین زدن است و این امر مادام که فرآیند تحت کنترل آماری است و از نظر موقعیت، شکل و پراکندگی تغییر نکرده است برقرار می باشند.

نخستین اقدام بر روی فرآیند باید تنظیم آن بر روی مقدار هدف [۱۸] باشد. چنانچه پراکندگی فرآیند غیرقابل پذیرش است، استراتژی اتخاذ شده باید مبتنی بر حداقل کردن قطعات خارج از حدود ویژگی ها باشد. اقدامات بر روی سیستم برای کاهش نوسانات ناشی از علل عام می تواند در این راستا باشند.

در کوتاه مدت، فرآیند باید تحت کنترل آماری قرار گیرد. این امر باشناسایي علل خاص و اتخاذ اقدامات مناسب در مورد آنها صورت می پذیرد. سپس عملکرد آن قابل پیش بینی و قابلیت آن برای برآورده سازی انتظارات مشتری می تواند مورد ارزیابی قرار گیرد. این امر مبنایي برای بهبود مستمر است.




هر فرآیندی با توجه به تحت کنترل بودن و قابلیت های آن قابل طبقه بندی است. فرآیند می تواند به یکی از چهار وضعیتی که در شکل زیر نشان داده شده است تقسیم بندی گردد:

**کنترل**

| برآورده سازی نیازمندی ها | کنترل هست | کنترل نیست |
|---|---|---|
| قابل قبول | مورد ۱ | مورد ۳ |
| غیرقابل قبول | مورد ۲ | مورد ۴ |

یک فرآیند، برای آن که قابل قبول باشد، باید تحت کنترل آماری بوده و نوسانات ذاتی آن در حدود قابل قبول باشد. موقعیت ایده آل برای فرآیندها، فرآیند "مورد ۱" است، که در آن فرآیند در کنترل آماری است و توانایي برآورده سازی نیازمندیها نیز قابل قبول است. در "مورد۲" نیز فرآیند تحت کنترل است اما علل عام نوسانات بیش از حدی را پدید می آورند که باید کاهش یابند. در "مورد ۳" فرایند نیازمندی ها را برآورده می سازد، اما در کنترل نیست، علل خاص نوسانات باید مورد شناسایي قرار گیرند و اقدامات اصلاحی بر روی آنها صورت پذیرد.

در "مورد ۴" فرآیند نه در کنترل است و نه نیازمندی ها را برآورده می سازد، هر دو عامل عام و خاص نوسانات باید کاهش یابد.

در شرایط خاص، مشتری ممکن است به یک سازنده اجازه دهد فرآیندی را حتی در شرایط " مورد ۳" نیز ادامه دهد. این شرایط ممکن است شامل مواردی نظیر اینها باشد:

- مشتری نسبت به نوسانات در دامنه مشخصات حساس نیست.
- از نظر اقتصادی، مخارجی که برای برطرف سازی این علل خاص صرف می گردد از منافعی که برای مشتری باز می گرداند بیشتر است.

علل خاصی که از نظر اقتصادی ممکن است توجیه پذیر ممکن است شامل چیزهایي نظیر استهلاک ابزار، تغییرات چرخشی (فصلی) و ... باشند.

- علت خاص مستند شده و به عنوان علتی ثابت و قابل پیش بینی لحاظ شده است.

در شرایطی این چنین، ممکن است توسط مشتری موارد زیر خواسته شود:

- فرآیند متکامل است، مثلاً فرآیند چندین چرخه بهبود مستمر را طی نموده است.
- علت خاصی که به آن اجازه حضور داده شده است، در یک بازده زمانی مشخص، رفتار ثابتی از خود به نمایش گذاشته است.

- یک طرح کنترلی مشخص در جریان است، که تطابق کلیه خروجی های فرآیند با ویژگی های مورد نظر را تضمین می نماید و از بروز سایر علل خاص و یا عوامل غیرثابت در قالب این علت خاص مورد نظر جلوگیری می نماید.

الگوی پذیرفته شده در صنایع خودروسازی، محاسبه قابلیت فرآیند پس از آن است که فرآیند خود را تحت کنترل آماری نشان داد.

قابلیت فرآیند به عنوان مبنایي برای پیش بینی آنکه فرآیند چگونه در آینده عمل خواهد نمود می تواند مورد استفاده قرار بگیرد.

شاخص های قابلیت فرآیند را می توان به دو دسته تقسیم نمود:

- **کوتاه مدت**
- **بلند مدت**

مطالعات قابلیت فرآیند کوتاه مدت براساس اندازه گیری های صورت گرفته از یک اجرای عملیاتی صورت می پذیرد. داده ها با این هدف که مشخص شود آیا تحت کنترل آماری هستند یا خیر بر روی نمودارهای کنترل برده می شوند، چنانچه هیچ علت خاصی مشاهده نگردد، یک شاخص قابلیت فرآیند در کوتاه

S.G.S.Co.

مدت قابل محاسبه است. اگر فرآیند تحت کنترل نباشد، اقدامات اصلاحی بر روی علل خاص صورت می‌پذیرد. اینگونه مطالعات، معمولاً به جهت صحه گذاری قطعات اولیه تولید به منظور اظهار به مشتری صورت می پذیرد. کاربرد دیگر آن که گاهی مطالعه توانمندی ماشین نیز نامیده می شود، صحه گذاری آن است که آیا یک فرآیند جدید و یا تغییر یافته واقعاً می تواند تحت پارامترهای مهندسی عمل نماید یا خیر. هنگامی که فرآیند در کوتاه مدت پایدار و دارای قابلیت لازم ارزیابی شد، نوع دیگری از مطالعه بر روی فرآیند شکل می گیرد.

مطالعه بلند مدت قابلیت فرآیند شامل اندازه گیری هایي می شود که در بازه طولانی تر از زمان صورت پذیرفته اند. داده ها باید در زمانی هایي که به اندازه کافی طولانی هستند جمع آوری شوند تا مطمئن شویم که تمامی منابع مورد انتظار تغییرات را شامل می گردند.

پس از جمع آوری داده های لازم، آنها بر روی نمودار رسم می شوند و چنانچه "علت خاصی" پیدا نشود محاسبه های مربوط به قابلیت فرآیند و عملکرد فرآیند در بلند مدت صورت می پذیرد. یکی از کاربردهای چنین مطالعه ای نمایش دادن قابلیت فرآیند برای برآورده سازی نیازمندی های مشتری در مدت زمان طولانی است که در آن بسیاری از منابع نوسانات نیز در نظر گرفته شده اند.

برای این کار شاخص های متعددی در نظر گرفته می شوند چرا که ۱) هیچ شاخص یکتایي نمی تواند برای تمامی فرآیندها مورد استفاده قرار بگیرد ۲) هیچ فرآیندی نمی تواند به صورت تمام و کمال توسط یک شاخص مورد ارزیابی بگیرد.

مثلاً توصیه می شود که $C_P$ وCPK هر دو مورد استفاده قرار بگیرند.

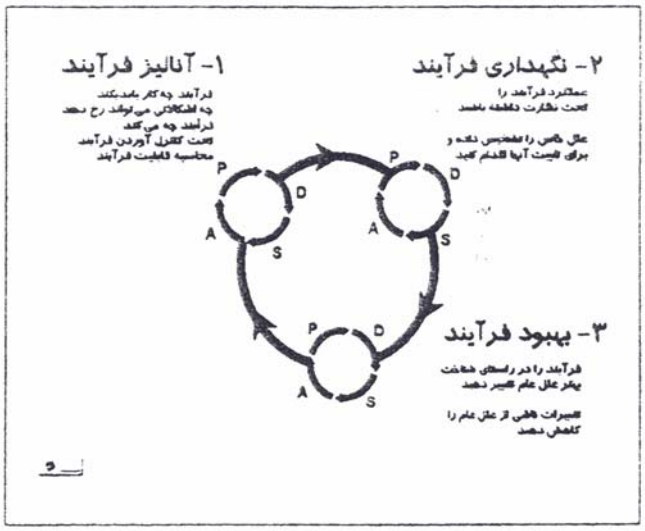
در یک کلام این شاخص ها می توانند مقایسه ای بین " صدای فرآیند " و " صدای مشتری".

البته هر شاخص نقاط ضعف مخصوص به خود را داراست و گاهی می تواند موجب اطلاعات نادرست شود. تفسیر درست از شاخص های بدست آمده بیش از جمع آوری داده هایي که به محاسبه آنها منجر می شوند اهمیت دارد.

نکته لازم به ذکر آن است که اکثر شاخص های عددی، ویژگی های محصول را نیز در فرمول خود نگهداری می کنند و چنانچه این ویژگی ها برای هر مشتری درست تعریف نشوند می توانند ابهاماتی را در نتایج محاسبه ها پدید آورند،

## ۶- کنترل فرآیند و چرخه بهبود فرآیند

در به کارگیری مفهوم مستمر در فرآیند، چرخه ای سه مرحله ای وجود دارد که می تواند مورد استفاده قرار گیرد.




### ۶-۱- تجزیه و تحلیل فرآیند :

هنگام بحث درباره بهبود فرآیند، درک پایه ای از فرآیند یک "باید" است. برای درک بهتری از فرآیند، سوالاتی از این دست باید پاسخ داده شوند.

- فرآیند چه کار باید بکند؟
- چه اشکالاتی ممکن است بروز کند؟
  - چه چیزی در فرآیند می تواند تغییر کند؟
  - قبلاً درباره نوسان پذیری فرآیند چه می دانیم؟
  - چه عواملی بیشتر از همه درباره نوسانات حساسند؟
- فرآیند چه می کند؟
  - آیا فرآیند ضایعات و یا خروجی که نیاز به بازکاری داشته باشد تولید می نماید؟
  - آیا فرآیند خروجی تولید می نماید که تحت کنترل آماری است؟
  - آیا فرآیند دارای قابلیت است؟
  - آیا فرآیند قابل اعتماد است؟

S.G.S Co

تکنیک های فراوانی جهت درک بهتر از فرآیند موجودند: نظیر گردهمایي های گروهی، مشاوره با افرادی که مستقیماً با فرآیند درگیرند ("خبرگان موضوع")، بازنگری سوابق فرآیند و یا بکارگیری FMEA، همچنین نمودارهای کنترل نیز ابزار قوی و کارآیي هستند و باید مورد استفاده قرار گیرند.
این تکنیک ها باعث می شوند که تفکیک بین علل خاص و علل عام ساده تر صورت پذیرد.

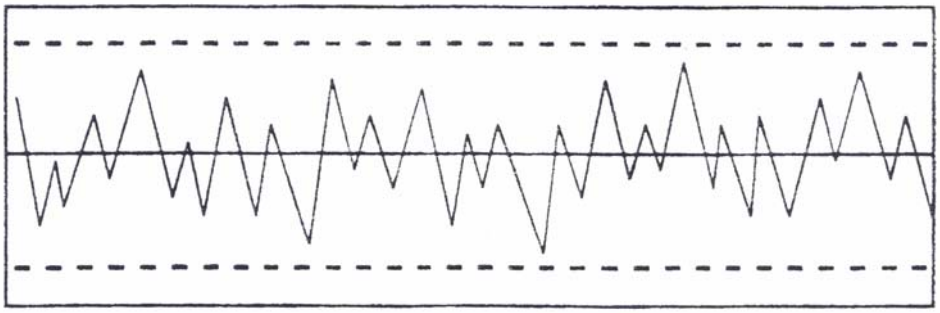
**۶-۲- نگهداری (کنترل)فرآیند :**

هنگامی که درک مناسب تری از فرآیند ایجاد شد، فرآیند باید تحت شرایطی که منجر به سطح مناسبی از قابلیت شود نگهداری گردد. فرآیندها بصورت پویا عمل می کنند و تغییر می نمایند.
عملکرد فرآیندها باید به گونه ای مورد بررسی قرار گیرد که از تغییرات ناخواسته جلوگیری شود.
تغییرات خواسته نیز باید درک شوند و سازماندهی گردند.
ساختار و بهره گیری از نمودارهای کنترل و سایر ابزارها اجازه نظارت بر فرآیند را به دست می دهند.
هنگامی که ابزارهای مورد استفاده در مورد تغییرات فرآیند، هشدارهای لازم را می دهند، اقدامات سریع و به موقع می تواند صورت گرفته و بر روی علل عام یا خاص عمل نماید.
با در نظر گرفتن این که برای منابع هر سازمانی محدودیت هایي وجود دارد، سازمان ها استعداد زیادی برای اینکه در همین مرحله توقف نمایند، از خود بروز می دهند. عدم توفیق در گذار از این مرحله به مرحله بعدی (مرحله ۳) یک نقطه ضعف عمده در بازار رقابتی امروز به شمار می آید. به دست آوردن امتیازاتی همانند "کلاس جهانی" نیازمند تلاش سازمان برای گام نهادن به مرحله بعدی چرخه بهبود فرآیند می باشد.

**۶-۳- بهبود فرآیند**

تا این مرحله، تلاش در جهت باثبات ساختن نگهداری فرآیند صورت پذیرفته است. اگر چه، برای بعضی از فرآیندها، مشتری حتی به نوسانات در داخل طیف حدود ویژگی مهندسی نیز حساس است. در این شرایط، ارزش بهبود مستمر درک نخواهد شد مگر آنکه نوسانات کاهش یابند. در این مرحله ابزارهای پیشرفته تر آماری، مانند نمودارهای پیشرفته کنترلی مورد استفاده قرار می گیرند.
در بهبود فرآیند از طریق کاهش نوسانات، هدف درک بهتر فرآیند است، به نحوی که علل هام نیز بتوانند کاهش یابند.
هدف چنین کاهشی بهبود کیفیت، با صرف هزینه کمتر است. هنگامی که پارامترهای جدید مورد محاسبه قرار گرفتند، چرخه مجدداً به مرحله تجزیه و تحلیل فرآیند رجعت می کند. از آنجا که تغییراتی به وقوع پیوسته اند، پایداری فرآیند باید مجدداً مورد تایید قرار بگیرد و فرآیند به همین صورت به دور چرخه بهبود فرآیند چرخش می کند.

**نمودارهای کنترلی**




**۱- جمع آوری :**

- گردآوری داده ها و ثبت آنها بر روی نمودار

**۲- کنترل :**

- محاسبه حدود کنترلی از داده های فرآیند
- شناسایي علل خاص فرآیند و انجام اقدامات لازم بر روی آنها

**۳- تجزیه و تحلیل و بهبود :**

- کمی سازی علل عام نوسانات، انجام اقدامات لازم بر روی آنها

این سه مرحله برای یک سیستم بهبود مستمر کیفیت تکرار می شوند.

## ۷- نمودارهای کنترل : ابزاری برای کنترل فرآیند

دکتر والتر شوارت[۲۲] از آزمایشگاه بل، نخستین فردی بود که در بررسی نوسانات در دهه ۱۹۲۰ به دو الگوی نوسانات کنترل شده و نوسانات کنترل نشده برخورد کرد، آن چیزی که امروز علل عام و علل خاص نامیده می شوند. وی برای تفکیک این دو از یکدیگر، ابزار ساده اما پرقدرتی را به نام نمودارهای کنترلی ایجاد نمود که از آن هنگام به طرز وسیعی مورد استفاده قرار می گیرند.

بهبود فرآیند از طریق نمودارهای کنترلی، چرخه تکرار شونده ای است، که سه مرحله بنیادین آن یعنی جمع آوری داده، کنترل و تجزیه و تحلیل مکرراً شکل می پذیرند. برای حصول بهبود در کنترل و قابلیت فرآیند، علل عام و خاص فرآیند باید مشخص شوند و فرآیند با توجه به آنها تغییر یابد، سپس فرآیند مجدداً آغاز می شود.

### ۷-۱- جمع آوری داده ها :

داده ها برای ویژگی مورد نظر (فرآیند یا خروجی) جمع آوری می شوند و به شکلی که بتوان آنها را بر روی نمودار رسم نمود در می آیند.

این داده ها می توانند مقادیر یک بعد از قطعه ماشین کاری شده، زمان انتقال یک پیام یا ... باشند.

**۷-۲- کنترل :**

حدود آزمایشی کنترل براساس داده ها محاسبه می شوند. آنها بر روی نمودار و به عنوان مبنايي برای تجزیه و تحلیل رسم می گردند. حدود کنترل مقادیر هدف و یا حدود ویژگی های فنی نیستند، بلکه مرزهايي برای نشان دادن حدود طبیعی نوسانات فرآیند به شمار می آیند. داده ها سپس با حدود کنترل مقایسه می شوند تا بررسی شود که آیا نوسانات در وضعیت پایداری به سر می برند و فقط از منابع نوسانات با علل عام پیروی می کنند یا خیر. اگر علت خاصی در نوسانات مشاهده گردد، فرآیند به منظور آنکه آن علت خاص مورد بررسی بیشتر قرار گیرد، تحت تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. پس از این اقدامات (غالباً موضعی) باز داده های جدیدی جمع آوری می شوند، حدود کنترلی در صورت نیاز مجدداً محاسبه می شوند و اقدامات بر روی علل خاص احتمالی دیگر صورت می پذیرد.

**۷-۳- تجزیه و تحلیل و بهبود:**

پس از شناسائی تمام علل خاص و قرار گرفتن فرآیند تحت کنترل آماری، نمودار کنترلی به عملکرد خود به عنوان یک ابزار نظارتی ادامه می دهد. قابلیت فرآیند مجدداً می تواند محاسبه شود.

چنانچه نوسانات ناشی از علل عام در حد بالايي باشد، فرآیند همواره قادر به برآورده سازی نیازمندی های مشتری نیست. فرآیند باید مورد بررسی قرار گیرد و اقدامات – اکثراً – مدیریتی در جهت بهبود آن صورت پذیرد.

**مزایای نمودارهای کنترلی**

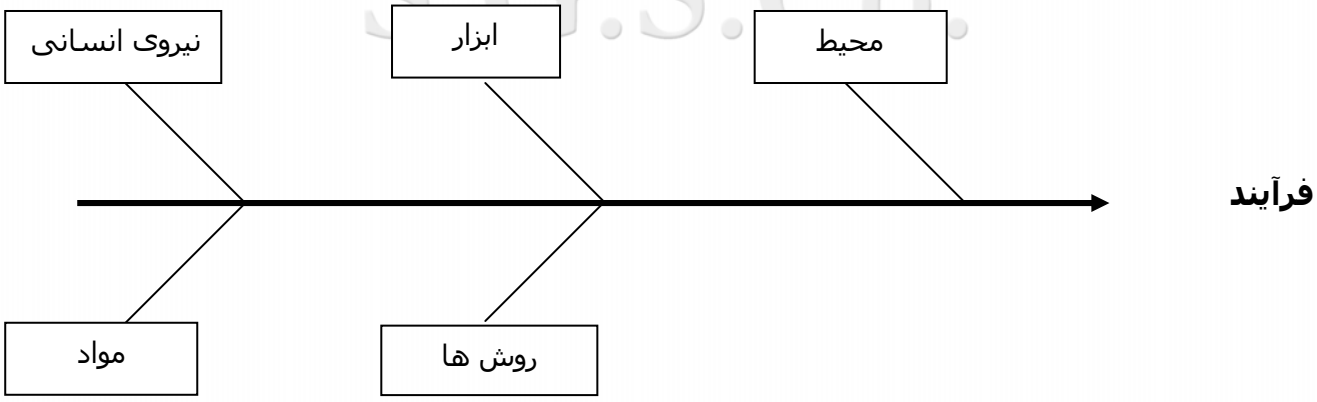
در صورت استفاده صحیح، نمودارهای کنترلی می توانند:

- توسط اپراتور به عنوان کنترل خروجی فرآیند مورد استفاده قرار بگیرند.
- به فرآیند کمک کنند تا با ثبات و قابل پیش بینی عمل کند.
- به فرآیند اجازه می دهند تا
  - به کیفیت بالاتر دست یابد.
  - به هزینه پائین تری برسد.
  - حصول کارآيي بیشتر برای ظرفیت موجود
- زبان مشترکی را برای بحث درباره عملکرد فرآیند به دست می دهد.
- بین علل عام و خاص فرآیند تفکیک قائل می شوند، تا از این طریق بتوان به اقدامات اصلاحی موضوعی یا سیستمی دست زد.

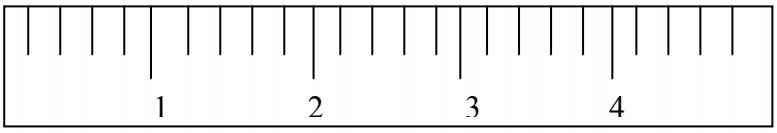
**۸- مزایای نمودارهای کنترلی :**

فهرست زیر تعدادی از مزایایي را که از به کار بردن نمودارهای کنترلی می تواند عاید شود را به دست می دهد:

- نمودارهای کنترل ابزارهای موثری برای درک نوسانات فرآیند و حصول کنترل آماری به شمار می آیند. آنها معمولاً به افراد نزدیک به فرآیند اطلاعات قابل اعتمادی مبنی بر اینکه چه هنگام باید اقداماتی صورت پذیرد می دهند و نیز درباره اینکه چه هنگام نباید اقداماتی صورت پذیرد.
- هنگامی که فرآیندی تحت کنترل است، عملکرد آن قابل پیش بینی است. لذا تولید کننده و مشتری هر دو می توانند بر روی سطح ثابت کیفیت حساب کنند. و همین طور بر روی پایداری هزینه ای که حصول این سطح ثابت کیفیت در بردارد.
- فرآیند تحت کنترل آماری می تواند از طریق کاهش علل عام بهبود یابد. چنین بهبودی می تواند به کاهش هزینه و افزایش بهره وری از طریق کاهش نوسانات حول مقدار مرکزی بیانجامد.
- نمودارهای کنترلی زبان مشترکی را بین افراد مختلف جهت بحث بر روی فرآیند و عملکرد آن ایجاد می نمایند، بین ۲ یا ۳ شیفتی که یک فرآیند را انجام می دهند، بین اپراتورهای خط (کارگران، سرپرستان و...) و بین فعالیت های پشتیبانی (تعمیرات، کنترل مواد، مهندس . فرآیند، کنترل، کیفیت)، بین ایستگاه های مختلف فرآیند، بین تامین کننده و کاربر، بین کارگاه ساخت/ مونتاژ و تحت طراحی
- نمودارهای کنترلی، با تفکیک بین علل عام و علل خاص فرآیند، امکان آن را فراهم می آورند که تشخیص دهیم در چه هنگام اقدامات موضوعی بر روی فرآیند لازم است و در چه هنگام به اقدامات مدیریتی نیاز است . این امر ابهامات، دردسرها و هزینه های ناشی از اتخاذ اقدام اصلاحی نادرست را به حداقل می رساند.



**خروجی اندازه گیری می شود**

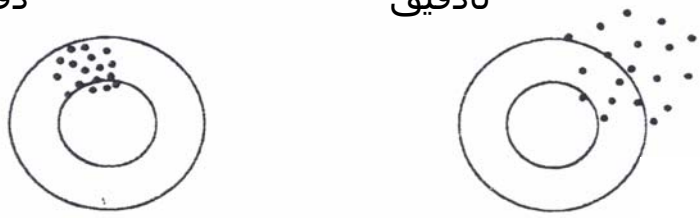



- اندازه گیری (kg, mm و غیره)
- مبدا اندازه گیری ($0^{0c}$)

| مثال نمودارهای کنترلی | مثال های خروجی |
|---|---|
| $\overline{X}$ برای میانگین اندازه گیری | • قطر خارجی محور (اینچ)<br>• فاصله سوراخ از سطح مبداً (میلی متر)<br>• مقاومت مدار (اهم)<br>• زمان انتقال واگن (ساعت) |
| نمودار R برای بازه اندازه گیری | • زمان مورد نیاز برای اعمال تغییرات مهندسی (ساعت) |

**سیستم اندازه گیری باید داده های درست و دقیق در طی زمان به دست دهد..**

نادقیق دقیق



نادرست

درست

## ۱-۹ حالت تحت کنترل

در این حالت، تنها تغییرات ذاتی در فرآیندها اثر می گذارند. سوالی که در اینجا مطرح می شود، این است که در حالت تحت کنترل، نقاط ترسیمی داخل نمودارهای کنترل چه وضعیتی دارند؟ جواب این است که در حالت تحت کنترل، نقاط باید رفتاری شبیه تابع نرمال داشته باشند ؛ یعنی :

۱. نقاط ترسیمی داخل نمودارهای کنترل، حالت طبیعی داشته باشند و تمام نقاط بین حدود کنترلی و به صورت تصادفی قرار گیرند.

۲. بیشتر تمرکز نقاط، نزدیک خط مرکز باشد.

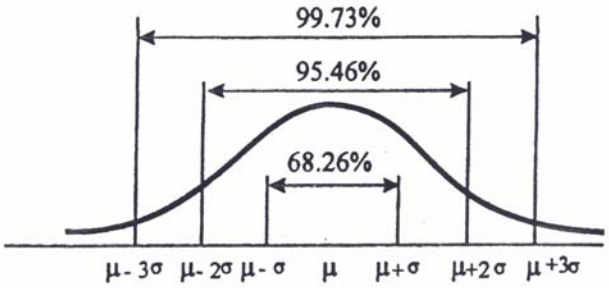
همان طور که از شکل (شماره۱-) پیداست، حدود ۶۸/۲۶ درصد نقاط در فاصله $(\mu+\sigma,\mu+\sigma)$ قرار دارند. پس در حالت تحت کنترل، تمرکز نقاط باید حول خط مرکزی باشد.

۳. به ندرت نقطه ای نزدیک حدود LCL و UCL قرار می گیرد.

با توجه به شکل (شماره ۱) حدود ۴/۲۷ درصد نقاط در فواصل $(\mu+2\mu,\mu+3\sigma)$ و $(\mu-3\sigma,\mu-2\sigma)$ قرار می گیرند. بنابراین تمرکز نقاط نزدیک حدود کنترل بسیار کم است.

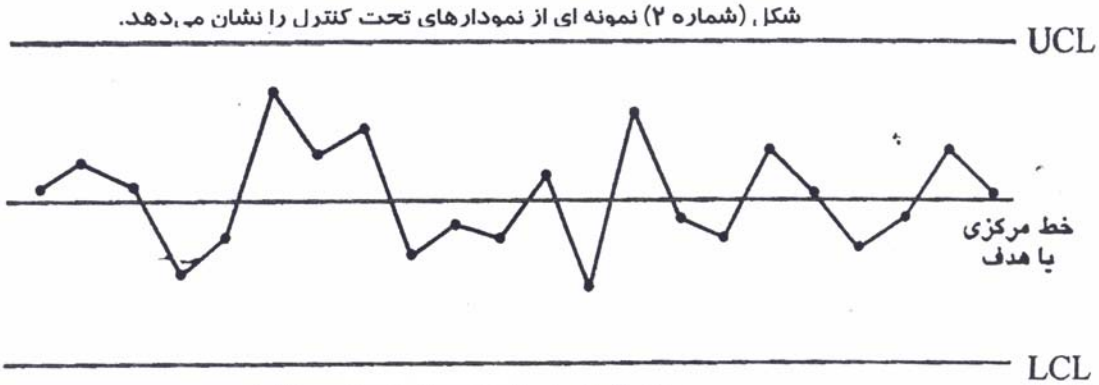
۴. هر چه از خط مرکزی به طرف حدود کنترلی حرکت می کنیم، تمرکز نقاط کمتر می شود.

بازرسی شکل (شماره۱) مشخص می شود که تجمع نقاط با حرکت از میانگین به سمت گوشه ها کاهش می یابد.




شکل ۱ - سطوح زیر منحنی توزیع نرمال

شکل (شماره ۲) نمونه ای از نمودارهای تحت کنترل را نشان می دهد.

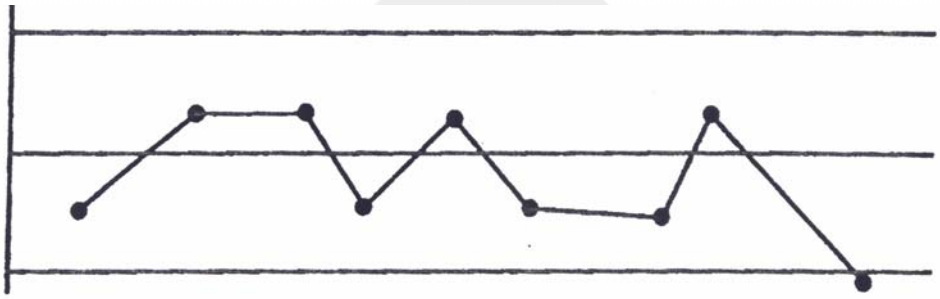



شکل۲- یک نمونه از نمودارهای تحت کنترل

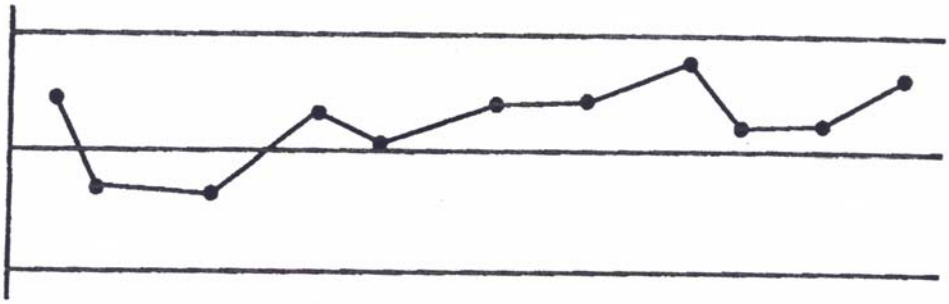
## ۲- حالت خارج از کنترل

همان طور که اشاره شد، نمودارهای کنترل، ابزارهای قوی برای شناسایي حالت خارج از کنترل (زمانی که علل خاص در فرآیند اثر می گذارند) هستند. علل خاص باعث می شود که میانگین فرآیند با انحراف معیار فرآیند یا هر دو تغییر کند. تعدادی قانون عمومی وجود دارد که بر حسب آنها، مشاهده هر یک از حالات زیر در نقاط ترسیمی نمودارهای کنترل به معنای حالت خارج از کنترل است. این قوانین به شرح زیر هستند:

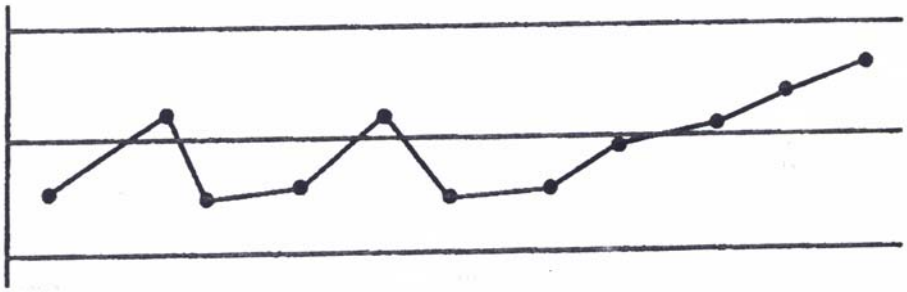
۱. یک نقطه خارج از حدود بالا یا پایین نمودار کنترل:



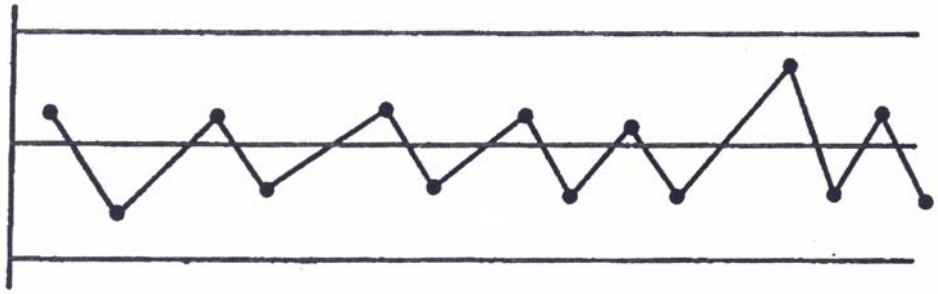
۲. نه نقطه پشت سر هم در یک طرف خط مرکزی :



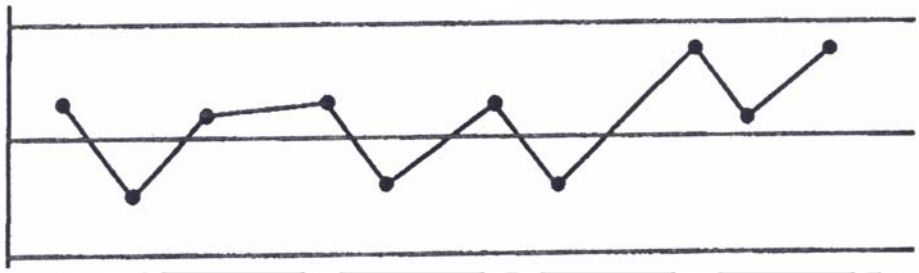
۳. شش نقطه پشت سر هم به صورت صعودی یا نزولی :



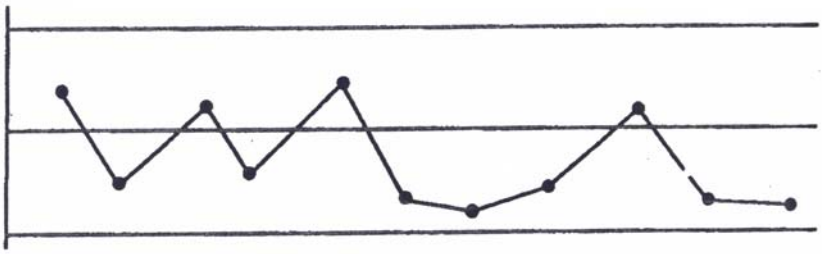
۴. چهارده نقطه به صورت پشت سر هم یک در میان بالا و پایین :



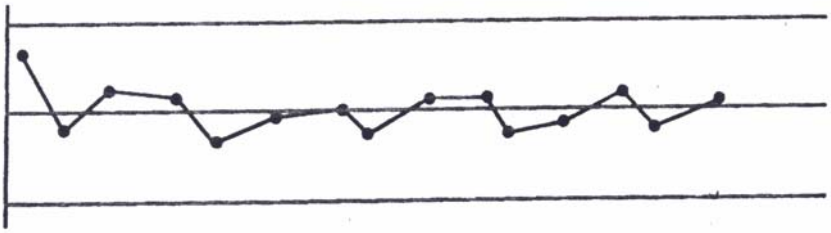
۵. دو نقطه از سه نقطه متوالی در حدود یک سوم انتهایي نمودار کنترل (در یک طرف):



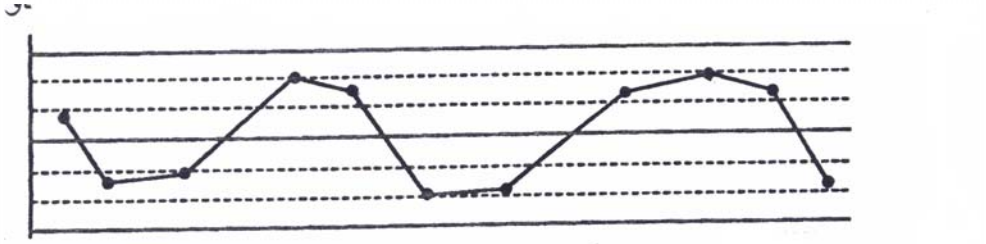
۶. چهارنقطه از پنج نقطه متوالی در حدود دو سوم انتهایي نمودار کنترل (در یک طرف):



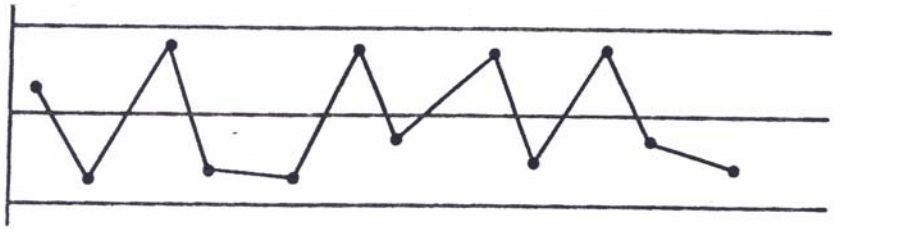
۷. پانزده نقطه پشت سر هم داخل حدود یک سوم از خط مرکزی (در هر دو طرف):



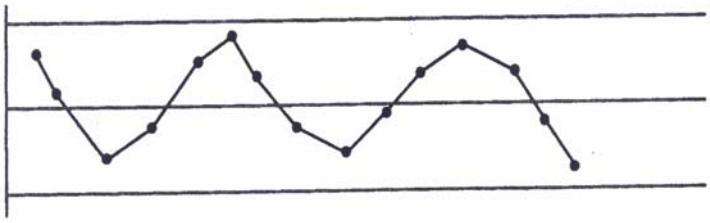
۸- هشت نقطه پشت سر هم خارج از حدود یک سوم از خط مرکزی (در هر دو طرف):



۹- رفتارهای آشفته و غیرتصادفی:



۱۰- رفتار سیکلی :



با کمک این قوانین می توان با مشاهده یک نمودار کنترل، درباره تحت کنترل بودن یا خارج از کنترل بودن آن اظهار کرد.

علت اینکه هر یک از یازده قانون مذکور به عنوان شرایط خارج از کنترل معرفی شده اند، این است که اگر فرآیندی تحت کنترل باشد یعنی تغییر اکتسابی در آن اثر نگذاشته و در نتیجه، میانگین و انحراف معیار فرآیند یا هر دو تغییر نکرده باشد، احتمال به وجود آمدن هر یک از حالات فوق بسیار ناچیز خواهد بود.

مقدار عددی احتمال وقوع هر یک از این حالات به سادگی با استفاده از تابع توزیع نرمال قابل محاسبه است. برای مثال در حالت اول، احتمال اینکه فرآیند تحت کنترل باشد و نقطه ای خارج از حدود کنترل قرار گیرد (اولین حالت شرایط خارج از کنترل مشاهده شده) با توجه به توزیع نرمال برابر 1-0.9973=0.0027 است که مقدار این احتمال بسیار اندک است یا در حالت دوم، احتمال اینکه فرآیند تحت کنترل باشد و نه نقطه پشت سر هم بالای خط مرکزی گیرد، برابر $(0.5)^9$= 0.00195 است که این مقدار بسیار پائین است. احتمال وقوع هر یک از حالت های خارج از کنترل به همین ترتیب، قابل محاسبه است.

S.G.S.Co.

**۱۰- نمودارهای کنترلی برای متغیرها**

نمودارهای کنترلی برای متغیرها ابزار قدرتمندی هستند که صورت امکان انجام اندازه گیری بر روی یک فرآیند می توانند مورد استفاده قرار گیرند.

نمودارهای کنترلی برای متغیرها غالباً به دلیل زیادی مورد رجوع قرار می گیرد:

۱. غالب فرآیندها و خروجی حاصل از آنها ویژگی های قابل اندازه گیری دارند، لذا کاربرد بالقوه آن بسیار وسیع است.
۲. یک مقدار کیفی (مثلاً "قطر ۴۵/۱۶ میلی متر است") اطلاعات بیشتری نسبت به یک جمله بله/خیر ("قطر درون مشخصات هست") را در بردارد.
۳. اگر چه غالباً بررسی قطعه به منظور حصول مقادیر کیفی هزینه بیشتری نسبت به بررسی همان قطعه برای دستیابی به اطلاعات بله/خیر دارد، اما از آنجا که بررسی تعداد کمتری از قطعات به صورت اطلاعات مقداری و عددی، اگاهی بیشتری از فرآیند به دست می دهد، به نظر می رسد هزینه کلی این روش برای به دست می دهد، به نظر می رسد هزینه کلی این روش برای به دست آوردن آگاهی از وضعیت فرآیند کمتر باشد.
۴. از آنجا که برای اخذ تصمیمات مورد اعتماد، لازم است تعداد قطعات کمتری مورد بررسی قرار بگیرند، فاصله بین تولید و اقدامات اصلاحی کاهش می یابد.
۵. با داده های متغیر، عملکرد فرآیند می تواند تجزیه و تحلیل شود. و میزان بهبود می تواند مقداری گردد، حتی اگر تک تک مقادیر نیز در داخل حدود مشخصه قرار گیرند، این امر برای حصول به چرخه پایان ناپذیر بهبود مستمر الزامی است.

نمودارهای کنترلی متغیرها می توانند داده ها ی فرآیند را از هر دو جنبه پراکندگی (نوسانات قطعه به قطعه) و موقعیت (میانگین فرآیند) مورد بررسی قرار دهند.

به همین دلیل، نمودارهای کنترلی برای متغیرها همواره باید به صورت دوتایي مورد بررسی قرار گیرند – یک نمودار برای موقعیت و یک نمودار برای پراکندگی – مثلاً نمودارهای $\overline{X}$ وR که پرکاربردترین این نمودارها هستند از همین قانون تبعیت می کنند.

**حصول آمادگی برای استفاده از نمودارهای کنترلی**

- **محیطی مناسب برای انجام اقدامات فراهم آورید.**
- **فرآیند را تعریف کنید.**
- **ویژگی هایي که باید تحت "مدیریت" قرار گیرند را مشخص نمایید.**

**با در نظر گرفتن : - نیازمندی های مشتری**

**- نواحی و نقاط جاری و بالقوه مشکل زا**

**- همبستگی بین ویژگی ها**

**۱- نمودار میانگین و بازه** $(\overline{X}, R)$

پیش از آنکه این نمودار (و یا هر نموار دیگری) بتواند مورد استفاده قرار گیرد. آمادگی هایي باید حاصل شود:

**آ - فراهم آوردن محیطی مناسب برای انجام اقدامات :**

مدیریت باید محیط مناسب، با تعریف مسئولیت ها و نیز در اختیار گذاردن منابع لازم را فراهم آورد تا سیستم بتواند با کارآیي لازم عمل نماید.

**ب – تعریف فرآیند:**

فرآیند، باید به گونه ای مشخص بر حسب عوامل تاثیرگذار بر روی آن (افراد، ابزار، مواد، روش ها و محیط) تعریف شود.

تکنیک هایي مانند نمودار علت و معلول و یا جلسات یورش ذهنی که تجارب افراد گوناگون را درباره ویژگی های گوناگون فرآیند به اشتراک می گذارد، راه حل مناسبی برای این کار است.

**پ – تعریف ویژگیهایي که باید بر روی نمودار رسم شوند.**

مطالعات بر روی اینکه کدام ویژگی ها بر روی نمودار مورد بررسی قرار بگیرند، یکی از پیش نیازهای مهم بکارگیری نمودارهای کنترلی است.

در این راه می توان به ویژگی هایي اشاره نمود که بیشترین تاثیر را بر روی فرآیند ایجاد می نمایند (این مجموعه با استفاده از نمودار پارتو قابل بازیابی است.) موارد زیادی برای بررسی در این مطالعات موجود است:

- نواحی و نقاط جاری و بالقوه مشکل زا: با در نظر گرفتن شواهدی که برای ضایعات و یا عملکرد ضعیف بر روی محصولات (ضایعات، بازکاری، و زمان بیش از حد طولانی و...) و یا نواحی مستعد ریسک تغییراتی که به زودی بر روی طراحی فرآیند یا محصول اعمال خواهد شد) می توان این نواحی را مشخص نمود:
- همبستگی بین ویژگی ها :

برای حصول به یک سیستم کارآ و با قابلیت، بررسی ارتباطات متقابل بین ویژگی ها ضروری است. به طور مثال، چنانچه اندازه گیری یک ویژگی به طور مستقیم مشکل است. ویژگی دیگری که ارتباط متقابلی با این ویژگی دارد می تواند مورد ارزیابی قرار گیرد و نتیجه به موارد دیگر نیز تسری یابد.

هشدار: وجود همبستگی آماری بین متغیرها الزاماً به معنی وجود رابطه علت و معلولی بین متغیرها نیست. در صورتی که اطلاعات کافی از فرآیند وجود ندارد. اجرای یک برنامه "آزمایش طراحی شده " می تواند وجود این روابط (احتمالی) و درجه اهمیت آنها را تعیین نماید.

**پ – تعریف سیستم اندازه گیری :**

معنی و تغییری که از هریک از یافته های اندازه گیری صورت می پذیزد باید در طی زمان معنی ثابتی داشته باشد. این امر مستلزم آن است که کدام اطلاعات قرار است جمع آوری شوند، این جمع آوری کی، چگونه و تحت کدام شرایط صورت می پذیرد.

**ت- به حداقل رساندن نوسانات غیرضروری:**

پیش از آغاز مطالعه، علل خارجی غیر ضروری نوسانات باید کاهش یابند. این امر به سادگی به آن معناست که بررسی شود آیا فرآیند تحت شرایط خواسته شده عمل می کند. این موارد می تواند با ثبت وقایعی مانند تغییر ابزار، مواد خام اولیه جدید و ... ردیابی شود.

پس از حصول مقدمات ذکر شده (که در مورد تمامی نمودارهای کنترلی – و نه فقط R,X – کاربرد دارند.)

به بررسی مراحلی می پردازیم که در ترسیم و تجزیه و تحلیل چنین نمودارهای مورد استفاده قرار می گیرند. این مراحل به صورت خلاصه عبارتند از :

آ – جمع آوری داده ها

ب – محاسبه حدود کنترل

پ – تفسیر کنترل فرآیند

ت – تفسیر قابلیت فرآیند

**آ – جمع آوری داده ها**

**آ-۱- انتخاب اندازه ، تواتر و تعداد ، زیرگروه ها**

**آ-۱-۱- اندازه زیر گروه :**

نخستین گام مهم در کارآیي و اثربخشی نمودارهای کنترل متغیرها تعیین اندازه زیرگروهها می باشد.

اندازه زیر گروه ها باید به گونه ای انتخاب شود که تغییرات بین قطعات درون یک زیر گروه کوچک باشد. برای آغاز مطالعه می توان از اعدادی مانند ۴ یا ۵ قطعه بلافاصله پشت سرهم بهره برد. البته این قطعات باید نمایانگر یک ابزار خاص، یک قالب خاص یا به طور خلاصه "یک جریان خاص فرآیند" باشند.

هدف آن است که نوسانات موجود در بین اجزاء هر زیر گروه فقط محدود به علل خاص باشند.

**آ-۱-۲- تواتر زیر گروه :**

هدف شناسایي تغییرات در طی زمان است. زیر گروه ها باید در فواصل مناسبی جمع آوری شوند و در زمان های مناسبی، به نحوی که بتوانند استعداد بالقوه فرآیند برای تغییر را به نمایش بگذارند.

در ابتدای فرآیند انتخاب  زیرگروه ها در زمان های کوتاهی صورت می پذیرد تا از ثبات فرآیند اطمینان حاصل شود، پس از آنکه این اطمینان حاصل شد فواصل انتخاب می تواند افزایش یابد. تواتر انتخاب زیرگروه ها می تواند مثلاً دوبار در شیفت، ساعتی یا هر نرخ منطقی دیگری باشد.

**آ-۱-۳- تعداد زیر گروه ها:**

از دیدگاه فرآیند تعداد این زیرگروه ها باید به اندازه ای باشد که بتواند اطلاعات کافی درباره نوسانات سیستم به دست دهد. ۲۵ زیر گروه (مثلاً در حدود ۱۰۰ نمونه) می تواند برای شروع عدد مناسبی باشد.

آ- ۲- ترسیم نمودارهای کنترل و ثبت داده های خام

معمولاً در نمودارهای $R, \overline{X}$ ، نمودار $\overline{X}$ بالای R رسم می شود. همچنین یک بلوک از فضاهای خالی نیز برای ثبت داده ها در نظر گرفته می شود.

این بلوک باید شامل فضایي برای ثبت هر یک از داده ها (مشاهدات) باشد. همچنین باید دارای فضایي برای ثبت جمع مشاهدات، میانگین ( $\overline{X}$ ) و بازه (R)، تاریخ/زمان یا سایر ویژگی های مربوط به هر زیر گروه نیز باشد.

آ-۳- محاسبه میانگین ( $\overline{X}$ ) وبازه (R) مربوط به هر زیر گروه :

برای هر زیر گروه میانگین و بازه از روابط زیر محاسبه می شوند :

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + ..... + X_n}{n}$$

$$R = X_{\text{بالاترین}} - X_{\text{پایین ترین}}$$

که در آن $X_1$ و $X_2$ و ..... $X_n$ تک تک مشاهدات مربوط به زیر گروهند و n تعداد نمونه های زیر گروه است.

**آ-۴- انتخاب مقیاس  برای نمودارهای کنترل**

مقایس محورهای عمودی برای دو نمودار $\overline{X}$ , R به طور جداگانه ترسیم می شوند. برای نمودارهای $\overline{X}$ ، فاصله بین بزرگترین و کوچکترین مقایس محور باید دست کم دو برابر فاصله بین کوچکترین و بزرگترین میانگین زیر گروه ها باشد.

برای نمودار R مقادیر باید از مقدار پائینی صفر تا مقداری که دست کم دو برابر بزرگترین بازه مشاهده شده (R) است.

**آ- ۵- ترسیم مقادیر میانگین و بازه بر روی نمودارهای کنترل**

مقادیر محاسبه شده میانگین و بازه را بر روی نمودارها رسم نمایید. نقاط رسم شده را با خط به یکدیگر وصل کنید تا تصور بهتری از وضعیت فرآیند به دست آید.

**ب –محاسبه حدود کنترل**

حدود کنترل ابتداء برای نمودارهای بازه محاسبه می شوند و سپس برای نمودارهای میانگین، در فرمول های مربوط به حدود کنترل در نمودارهای متغیر، از حروف خاصی استفاده می شود. این حروف و اعداد، که برحسب اندازه زیرگروه (n) متغیرند، در جداولی که در پیوست جزوه آمده اند قابل دستیابی اند.

**ب -۱- محاسبه میانگین بازه ها ( $\overline{R}$ ) و میانگین فرآیند ( $\overline{\overline{X}}$ )**

$$\overline{R} = \frac{R_1 + R_2 + ..... + R_K}{K}$$

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\overline{X_1} + \overline{X_2} + ..... + \overline{X_K}}{K}$$

که در آن K تعداد زیرگروه هاست، $R_1$ و $\overline{X}$ بازه و میانگین اولین زیر گروهند، $R_2$ و $\overline{X_2}$ مربوط به دومین زیر گروهند والی آخر.

**ب -۲- محاسبه حدود کنترل**

حدود کنترل برای آن ترسیم می شوند که نشان دهند اگر تنها عوامل تاثیر گذار بر روی نوسانات فرآیند علل عام باشند. طیف نوسانات فرآیند تا چه میزان خواهد بود. این داده ها بر حسب اندازه هرزیر گروه و میزان نوسانات موجود در هر زیر گروه – که در قالب بازه عینیت می یابد – محاسبه می گردد.

حدود بالا و پائین برای نمودار بازه و میانگین از طریق این فرمول ها محاسبه می شود.

$$UCL_R = D_4 \overline{R}$$

$$LCL_R = D_3 \overline{R}$$

$$UCL_X = \overline{\overline{X}} + A_2 \overline{R}$$

$$LCL_X = \overline{\overline{X}} - A_2 \overline{R}$$

| n | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $D_4$ | ۳,۲۷ | ۲,۵۷ | ۲,۲۸ | ۲,۱۱ | ۲,۰۰ | ۱,۹۲ | ۱,۸۶ | ۱,۸۲ | ۱,۷۸ |
| $D_3$ | * | * | * | * | * | ۰,۰۸ | ۰,۱۴ | ۰,۱۸ | ۰,۲۲ |
| $A_2$ | ۱,۸۸ | ۱,۰۲ | ۰,۷۳ | .,۵۸ | ۰,۴۸ | ۰,۴۲ | ۰,۳۷ | ۰,۳۴ | ۰,۳۱ |

$$UCL_R = 2.11 \times 178 = .376$$

$$LCL_R = 0$$

$$UCL_X = .716 + .58 \times .178 = .819$$

$$LCL_X = .716 - .58 \times .178 = .613$$

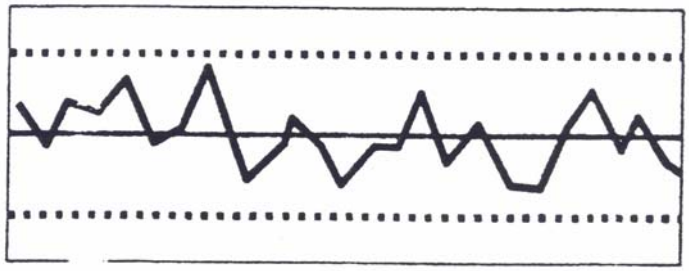
**ب – ۳ – رسم خطوط مربوط به میانگین و حدود کنترل بر روی نمودار**

خطوط مربوط به میانگین فرآیند ($\overline{\overline{X}}$) و میانگین بازه ها ($\overline{R}$) را به صورت توپره و حدود ( $LCL_X, UCL_X$, $LCL_R, UCL_R$) را به صورت خطوط نقطه چین رسم نمایید و نامگذاری کنید.

**پ – تفسیر کنترل فرآیند**

هدف از تجزیه و تحلیل (یاتفسیر) نمودارهای کنترل فرآیند شناسایي هر گونه شواهدی است که نشان دهد که نوسانات فرآیند و یا میانگین آن در سطح باثباتی عمل نمی کنند. نمودارهای R و $\overline{X}$ هر یک به تنهایي مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند، اما مقایسه این دو با یکدیگر نیز می تواند دیدگاه بهتری درباره بعضی در عمل تاثیرگذار بر روی فرآیند به دست دهد.

تحلیل داده های ترسیم شده بر نمودار دامنه



تحت کنترل

پ- ۱ – تجزیه و تحلیل داده های موجود بر روی نمودار R

پ-۱-۱- داده هایي که بیرون از حدود کنترل قرار می گیرند.

حضور یک یا چند نقطه خارج از حدود کنترل شاهد خوبی برای خارج بودن از کنترل آماری در آن نقاط است. در این حالت فرض بر این قرار می گیرد که یک علت خاص موجب پدید آمدن این وضعیت شده است و لذا هر نقطه ای با چنین مشخصاتی برای اقدام اصلاحی مربوطه باید مورد بررسی قرار گیرد.

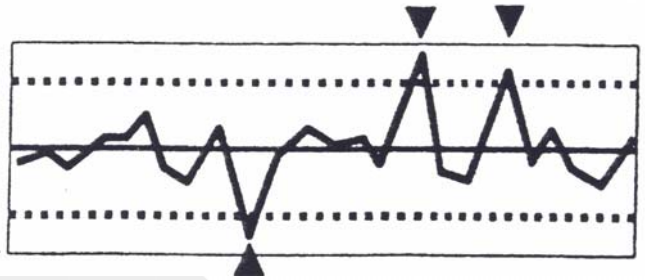
وجود الگو یا جهت گیری خاص در بین حدود کنترل نیز- حتی هنگامی که تک تک داده ها در بین حدود کنترل قرار دارند – نشان از وجود عدم کنترل و یا تغییر بر روی فرآیند است که دیر یا زود اثر خود را به صورت حدود کنترل به نمایش خواهد گذارد.

**تحلیل داده های ترسیم شده بر نمودار دامنه**

افزایش پراکندگی داخل زیرگروه ها

تغییر در سیستم اندازه گیری یا ناپایداری سیستم اندازه گیری

خارج از حدودکنترل



کاهش پراکندگی داخل زیرگروه ها (شرایط بهتر شده است)
تغییر در سیستم اندازه گیری

**پ-۱-۲- جهش ها:**

هر یک از این ها می تواند علامت ایجاد یک جهت گیری یا الگو در فرآیند باشد:

- ۷ نقطه متوالی که در یک طرف میانگین قرار دارند.
- ۷ نقطه که به طرز مشخصی نزولی یا صعودی اند.

این علائم می تواند در نهایت نشانه ای برای ایجاد روند افزایش نوسانات در فرآیند تعبیر شود.

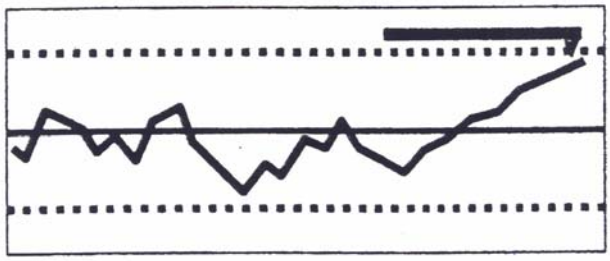
**تحلیل داده های ترسیم شده بر نمودار دامنه**

جهش صعودی

افزایش پراکندگی بدلیل فرسایش ابزار، تغییر مواد (تغییرات نامطلوب)

تغییر در سیستم اندازه گیری

جهش صعودی یا نزولی



S.G.S.Co.

جهش نزولی
کاهش پراکندگی داخل زیرگروه ها مثل بهبود مهارت (شرایط بهتر شده است)
تغییر در سیستم اندازه گیری

**پ-۱-۳- الگوهايي که به طرز مشخصی غیرتصادفی اند**

به غیر از نقاط خارج از حدود کنترل و نیز جهش های بلند الگوهای مشخص دیگری نیز ممکن است سرنخی از علل خاص به دست دهند. باید مراقب بود تا هنگام تفسیر این وضعیت، سخت گیری بیش از حدی به خرج داده نشود، چرا که گاهی اوقات داده های تصادفی (علل عام) نیز نمایي از داده های غیر تصادفی (علل خاص) به دست می دهند.

**پ -۲- پیدا کردن و نشان گذاری علل خاص (نمودار بازه)**

برای هر علت خاص در نمودارهای بازه، تجزیه و تحلیلی به منظور درک و انجام اقدام اصلاحی باید صورت داد. خود نمودار کنترلی از آن جهت که بیان می دارد که مشکل از چه زمانی آغاز و تا چه زمانی به طول انجامیده است می تواند گویا باشد.

باید بار دیگر بر این نکته تاکید شود که فرآیند حل مسئله غالباً سخت ترین و زمانبرترین بخش است. برای این کار، ورودی های آماری از نمودارهای کنترل می تواند نقطه شروع مناسبی باشد و در کنار آن روش های دیگری نیز مثل نمودار علت و معلول و سایر ابزارها نیز می تواند مفید واقع شود.

**پ-۳- محاسبه مجدد حدود کنترل (نمودار بازه)**

هنگامی که علل (عام یا خاص) از فرآیند کاملاً مورد شناسایي قرار گرفتند و برطرف شدند و یا هنگامی که ارزیابی مجددی از قابلیت فرآیند به دست آورده می شود، لازم است که حدود کنترل مجدداً محاسبه گردند. همچنین هنگامی که زیر گروهی از دامنه محاسبات خارج می گردد (چرا که به دلایل شناخته شده از حدود کنترل خارج بوده است) نیز می توان این حدود را مجدداً محاسبه نمود. حدود کنترل در این حالت از رابطه $\overline{\overline{X}} \pm A_2 \overline{R}$ به دست می آید.

**پ-۴- تجزیه و تحلیل داده ها بر روی نمودار میانگین**

هنگامی که بازه در کنترل آماری است، پهنای فرآیند- نوسانات درون فرآیند- باثبات به نظر می رسند. میانگین فرآیند (و تجزیه و تحلیل آن) نشان می دهد که آیا میانگین فرآیند در طی زمان تغییر می یابد یا نه.

همان سه حالت گوناگونی که در تجزیه و تحلیل داده ها بر روی نمودار بازه قابل تفکیک بودند، در این تجزیه و تحلیل نیز کاربرد خود را دارند:

- داده هایي که بیرون از حدود کنترل قرار می گیرند.
- جهش ها
- الگوهايي که به طرز مشخصی غیر تصادفی اند.

**پ-۵- پیدا کردن و نشانه گذاری علل خاص (نمودار میانگین)**

برای هر نشانه ای از شرایط خارج کنترل در نمودار میانگین، تجزیه و تحلیل را ارائه داد تا بتوان اقدامات اصلاحی مرتبط و اقدامات پیشگیرانه را که از وقوع مجدد آن شرایط جلوگیری می کند را شکل داد. (درست همان گونه که در نمودار باره ذکر شد)

**پ-۶- محاسبه مجدد حدود کنترل (نمودار میانگین)**

فرآیندی که از شناسايي نقاط بیرون از کنترل – با علل خاص- آغاز و به محاسبه مجدد حدود کنترل می انجامد، به دفعات و در هنگام بررسی اولیه قابلیت فرآیند و یا هرگونه تغییر مشخص و تعیین شده بر روی آن تکرار پذیر است. با حذف نقاطی که بیرون از حدود کنترل قرار گرفته اند و دارای عمل خاص می باشند. فرآیند شناسايي، اصلاح، محاسبه مجدد تکرار می گردد.

**پ-۷- تغییر در اندازه نمونه های هر زیر گروه می تواند حدود کنترل را برای هر دو نمودار بازه و میانگین را تغییر می دهد.**

محاسبه مجدد حدود کنترل می تواند به روش زیر صورت پذیرد:

۱- از رابطه زیر انحراف معیار فرآیند[۳۸] را تخمین بزنید. (تخمین به وسیله $\hat{\delta}$ نشان داده می شود.) در این رابطه از اندازه زیرگروه موجود استفاده کنید:

$$\hat{\delta} = \overline{R} / d_2 = \hat{\sigma}_{R,d_2}$$

که در آن $\overline{R}$ میانگین بازه های زیر گروه است و $d_2$ ثابتی است که برحسب اندازه نمونه تغییر می کند. ($d_2$ را می توان از جدول پیوست به دست آورد.)

۲- با استفاده از مقادیر $d_2$، $D_3$، $D_4$ و$A_2$ بر حسب اندازه جدید زیرگروه، حدود جدید نمودار بازه و میانگین را محاسبه کنید:

$$\overline{R}_{new} = \hat{\sigma} \times d_2$$

$$UCL_R = D_4 \times \overline{R}_{new}$$

$$LCL_R = D_3 \times \overline{R}_{new}$$

$$UCL_X = \overline{\overline{X}} + A_2 \times \overline{R}_{new}$$

$$UCL_X = \overline{\overline{X}} - A_2 \times \overline{R}_{new}$$

S.G.S.Co.

**ت- تفاسیر مربوط به قابلیت فرآیند**

مطالعات مربوط به قابلیت فرآیند با در نظر گرفتن فرضیات زیر قابل انجام است:

- فرآیند از نظر آماری پایدار است.
- اندازه گیری های منفرد از فرآیند با توزیع نرمال تطابق دارند.
- ویژگی های مهندسی – و سایر ویژگی های فنی – به درستی بیانگر نیازمندی های مشتری اند.
- مقدار هدف – در طراحی – درست در وسط پهنای حدود ویژگی ها قرار دارد.

- نوسانات اندازه گیری نسبتاً کم و قابل چشم پوشی است.

حتی پس از آنکه مشخص شد که یک فرآیند در کنترل آماری است، هنوز این سوال پابرجاست که آیا فرآیند قابلیت برآورده سازی نیازمندی های مشتری را دارد یا خیر.

نکته مهمی که در تجزیه و تحلیل قابلیت فرآیند باید درک شود این است:

قابلیت فرآیند بیان کننده نوسانات ناشی از علل عام است، و اقدامات مدیریتی تقریباً همواره باید بر روی سیستم صورت پذیرد تا بهبودی در قابلیت فرآیند ایجاد شود.

هر روش محاسباتی فقط می تواند تقریبی از قابلیت فرآیند به دست دهد. دلیل این امر آن است که :

۱- همواره نوسانات در فرآیند نمونه گیری وجود دارد.

۲- هیچ فرآیندی "همواره" در کنترل آماری "کامل" نیست.

۳- هیچ خروجی واقعی "دقیقاً " از توزیع نرمال پیروی نمی کند.

**ت-۱- محاسبه انحراف معیار فرآیند**

از آنجا که نوسانات درون زیرگروه ها در قالب نمودار "بازه" تجلی می یابد مقدار انحراف معیار فرآیند را می توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$\hat{\sigma} = \overline{R} / d_2 = \hat{\sigma}_{\overline{R}d_2}$$

که در آن $\overline{R}$ میانگین بازه زیر گروه هاست و $d_2$ ثابتی است که بر حسب اندازه زیر گروه تعیین می شود.

قابلیت فرآیند می تواند به صورت فاصله بین میانگین فرآیند از حدود مشخصه، و بر حسب واحدی به نام انحراف معیار(Z) تعریف شود.

برای یک تولرانس یک طرفه، Z از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Z = \frac{UsL - \overline{\overline{X}}}{\hat{\sigma}_{R,d_2}} \qquad Z = \frac{\overline{\overline{X}} - LUL}{\hat{\sigma}_{R,d_2}}$$

(هر کدام که مناسب است)

که در آن SL= حدود ویژگی، $\overline{\overline{X}}$ = میانگین اندازه گیری شده فرآیند و $\hat{\sigma}_{\overline{R}/d2} =$ انحراف معیار تخمین زده شده فرآیند است.

برای تولرانس های دو طرفه

$$Z = \frac{USL - \overline{\overline{X}}}{\hat{\sigma}_{R/d_2}} \qquad Z = \frac{\overline{\overline{X}} - LSL}{\hat{\sigma}_{R/d_2}}$$

$Z_{min} = Z_{USL}, Z_{LSL}$ مقدار کوچکتر

که در آن USL,LSL= حدود بالا و پائین ویژگی ها هستند، مقدار منفی برای Z بیانگر آن است که میانگین فرآیند خارج از حدود است.
مقادیر Z می توانند به همراه جدول توزیع نرمال مورد استفاده قرار گیرند، تا از این طریق تخمینی از درصد قطعات خروجی که خارج از حدود ویژگی خواهد بود به دست آید.
مقدار محاسبه شده $Z_{min}$ می تواند به شاخصی به نام شاخص قابلیت [۳۹]( ) تبدیل شود.

$$C_{PK} = \frac{Z_{\min}}{3}$$

در این صورت، مثلاً فرآیندی که دارای $Z_{min}=4$ باشد، دارای $C_{Pk} = 1.33$ خواهد بود.

**ت-۳- ارزیابی قابلیت فرآیند**

تا اینجا به فرآیند تحت کنترل آماری درآمده است و شاخص قابلیت آن برحسب $Z_{min}$ یا $C_{pk}$ تعریف شده است.
گام بعدی تفسیر قابلیت فرآیند است تا مشخص شود آیا فرآیند نیازمندی های مشتری را برآورده می سازد یا خیر.
در روش ها و متون مختلفی به $C_{PK} \geq 1.33$ به عنوان حداقلی از عملکرد فرآیند اشاره شده است که باید در طی ویژگی های مختلف، محصولات و منابع مختلف ساخت و تولید ثابت بماند.
با این حال، فرآیند بهبود به افزایش قابلیت فرآیند – و به تبع آن بهبود شاخص عددی مربوط – می پردازد.

**ت-۴- بهبود قابلیت فرآیند**

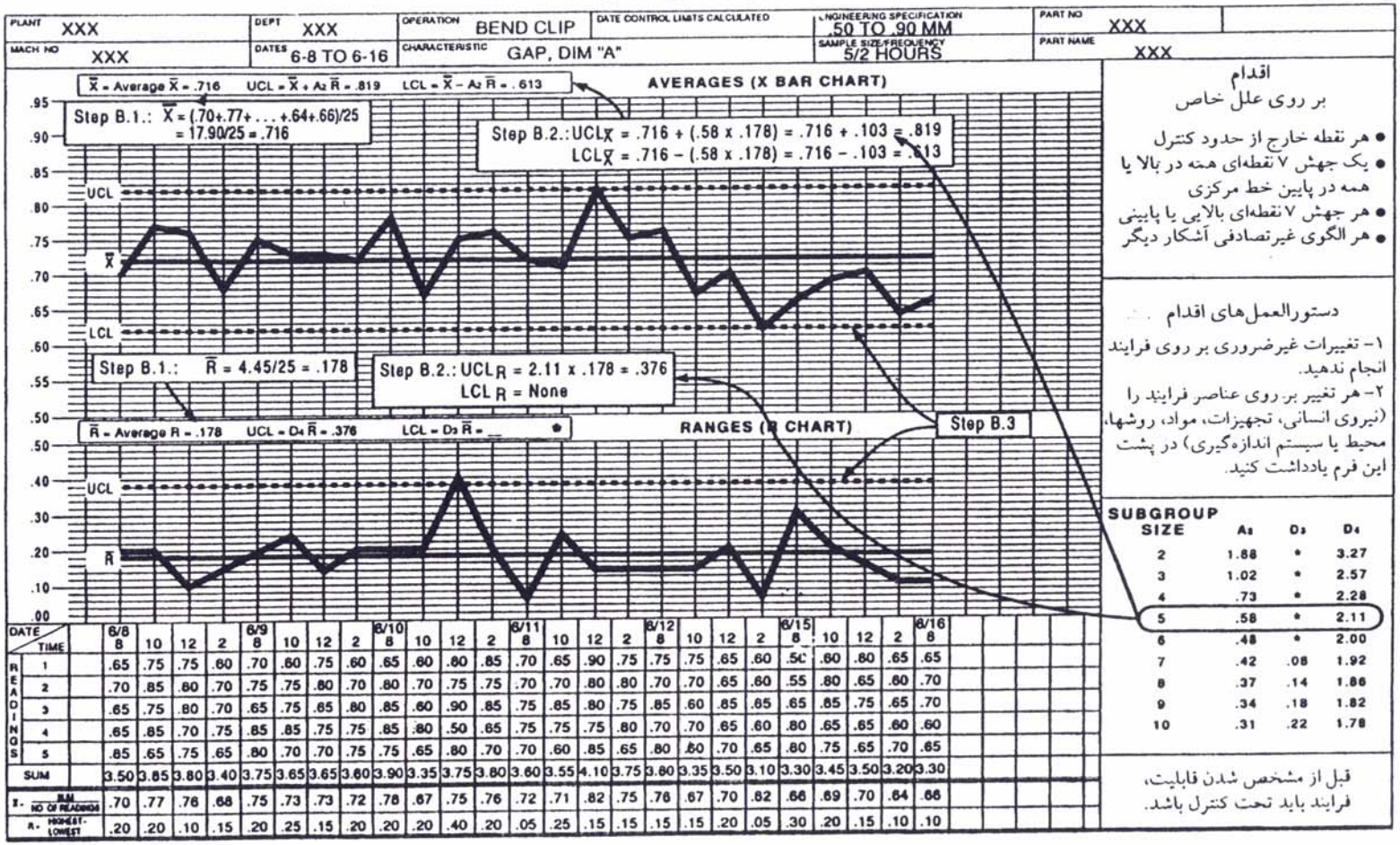
همانطور که بیشتر نیز ذکر شد، برای بهبود قابلیت فرآیند تمرکز باید بر روی کاهش علل عام صورت پذیرد.
اقدامات باید به سمت سیستم، جهت دهی شوند، به طور مشخص به علت ویژگی هايي از فرآیند که نوسانات فرآیند را تحت تاثیر قرار می دهند، مانند عملکرد ماشین آلات، ثبات موارد ورودی، روش های اصلی که طی آنها فرآیند عمل می کند، روش های آموزشی یا محیط کار.

**ت-۵- رسم نمودار و تجزیه و تحلیل فرآیند بازنگری شده**

پس از انجام اقدامات اصلاحی، اثرات آنها باید در نمودارهای کنترلی مشاهده شوند. نمودارها می توانند ابزار مناسبی برای صحه گذاری اثربخشی اقدامات به شمار آیند.

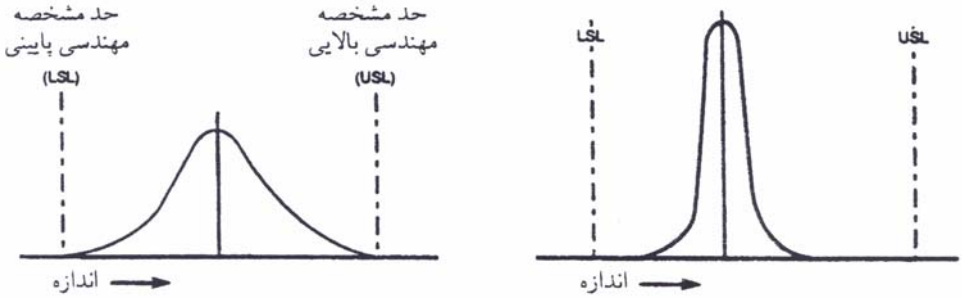
S.G.S.Co.

## نمودار کنترل $\bar{X}$ و R



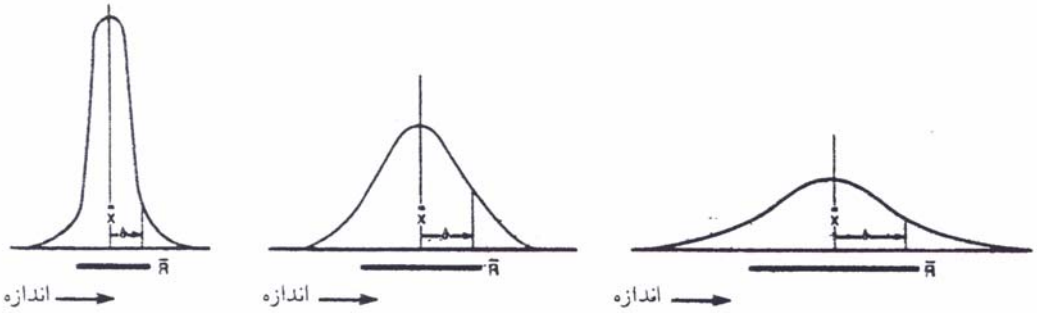

نمودار $\bar{X}$ و R- با حدود کنترل.

با سطوح مختلفی از تغییر، فرآیندها از نقطه پوشش مشخصه ها توانا هستند (واقعاً همه خروجی ها در داخل مشخصه ها می باشند).



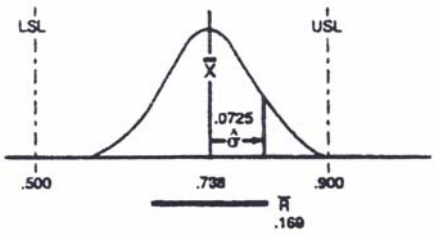

فرآیند ها از نقطه نظر پوشش مشخصه ها توانا نمی باشند (خروجی خارج از یک یا هر دو مشخصه تولید می شود)

انحراف معیار و دامنه (جهت یک اندازه نمونه بدست آمده میانگین دامنه بزرگتر- $\overline{R}$ ، انحراف معیار بزرگتر - $\overline{\sigma}$ ):




طبق مثال (برآورد انحراف معیار فرآیند از میانگین دامنه) :

$\overline{R} = .169$
$n = 5$
$d_2 = 2.33$
$\hat{\sigma} = R / d_2 = .169 / 2.33 = .0725$
$\overline{\overline{X}} = .738$
$LSL = 500$
$USL = 900$

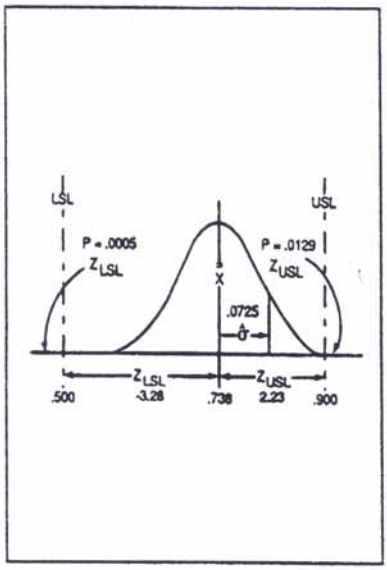



تغییرات فرآیند مربوط به حدود مشخصه.

مثال:

$\bar{\bar{X}} = ۰/۷۳۸$ $\quad$ $USL = ۰/۹۰۰$

$\hat{\sigma} = ۰/۰۷۲۵$ $\quad$ $LSL = ۰/۵۰۰$




● از آنجا که این فرایند تلرانس دوطرفه دارد:

$$Z_{USL} = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{\hat{\sigma}} = \frac{۰/۹۰۰ - ۰/۷۳۸}{۰/۰۷۲۵} = \frac{۰/۱۶۲}{۰/۰۷۲۵} = ۲/۲۳$$

$$Z_{LSL} = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{\hat{\sigma}} = \frac{۰/۷۳۸ - ۰/۵۰۰}{۰/۰۷۲۵} = \frac{۰/۲۳۸}{۰/۰۷۲۵} = ۳/۲۸$$

$$Z_{min} = ۲/۲۳$$

نسبت خارج از مشخصه بایستی:

$PZ_{USL} = ۰/۰۱۲۹$ (از جدول نرمال در ضمیمه F)

$PZ_{LSL} = ۰/۰۰۵$ (از جدول نرمال در ضمیمه F)

$P_{کل} = ۰/۰۱۳۴$ (حدود ۱/۳٪)

شاخص قابلیت

$$C_{P_K} = \frac{Z_{min}}{۳} = \frac{۲/۲۳}{۳} = ۰/۷۴ \quad (= CPL \text{ یا } CPU \text{ حداقل})$$

نکته: فقط جهت مقاصد تطبیقی، سایر شاخصها عبارتند از (نگاه کنید به صفحهٔ ۸۰):

$C_P = ۰/۹۲$ و $P_P = ۰/۸۸$، $CPU = ۰/۷۴$، $CPL = ۱/۰۶$، $P_{P_K} = ۰/۷۱$ که با استفاده از فرمولهای ذیل محاسبه می‌گردند:

$$C_P = \frac{USL - LSL}{۶\hat{\sigma}_{\bar{R}/d_2}} = \frac{۰/۹ - ۰/۵}{۶\,(۰/۰۷۲۵)} = ۰/۹۲$$

$$P_P = \frac{USL - LSL}{۶\hat{\sigma}_S} = \frac{۰/۹ - ۰/۵}{۶\,(۰/۰۷۵۹)} = ۰/۸۸ \text{ ، که } \Rightarrow \hat{\sigma}_S = \sqrt{\sum_{i=۱}^{n} \frac{(x_i - ۰/۷۳۸)^۲}{n-۱}} = ۰/۰۷۵۹$$

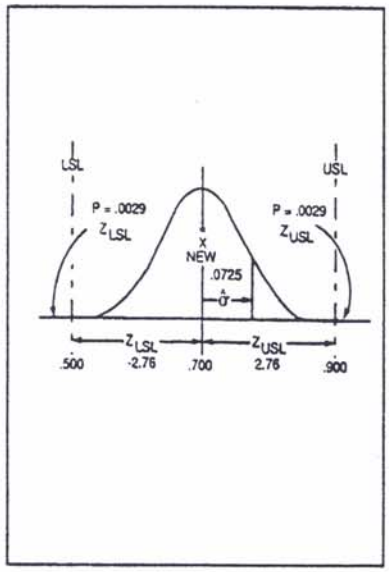
$$CPU = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{۳\hat{\sigma}_{\bar{R}/d_2}} = \frac{۰/۹۰۰ - ۰/۷۳۸}{۳\,(۰/۰۷۲۵)} = ۰/۷۴ \quad \text{و} \quad CPL = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{۳\hat{\sigma}_{\bar{R}/d_2}} = \frac{۰/۷۳۸ - ۰/۵۰۰}{۳\,(۰/۰۷۲۵)} = ۱/۰۶$$

$$P_{P_K} = \frac{(۰/۹۰۰ - ۰/۷۳۸) / \hat{\sigma}_S}{۳} = \frac{۰/۱۶۲ / ۰/۰۷۵۹}{۳} = ۰/۷۱$$

نسبت‌های قابلیت عبارتند از: $PR = ۱/۱۴$ و $CR = ۱/۰۹$ که بصورت ذیل محاسبه می‌شوند:

$$CR = \frac{۱}{C_P} = \frac{۶\hat{\sigma}_{\bar{R}/d_2}}{USL - LSL} = \frac{۶\,(۰/۰۷۲۵)}{۰/۹ - ۰/۵} = ۱/۰۹$$

$$PR = \frac{۱}{P_P} = \frac{۶\hat{\sigma}_S}{USL - LSL} = \frac{۶\,(۰/۰۷۵۹)}{۰/۹ - ۰/۵} = ۱/۱۴$$




● اگر این فرایند را بتوان در مرکز مشخصه تنظیم نمود، حتی اگر تغییری در $\hat{\sigma}$ صورت نپذیرد، سهم قطعاتی که در بیرون مشخصه یا هر دو مشخصه قرار می‌گیرد، ممکن است کاهش یابد. برای مثال اگر با استفاده از حدود کنترل تأیید شود که $\bar{\bar{X}}_{new} = ۰/۷۰۰$ در مرکز مشخصه قرار گرفته)، خواهیم داشت:

$$Z_{USL} = \frac{USL - \bar{\bar{X}}_{new}}{\hat{\sigma}} = \frac{۰/۹۰۰ - ۰/۷۰۰}{۰/۰۷۲۵} = \frac{۰/۲۰۰}{۰/۰۷۲۵} = ۲/۷۶$$

$$Z_{LSL} = \frac{\bar{\bar{X}}_{new} - LSL}{\hat{\sigma}} = \frac{۰/۷۰۰ - ۰/۵۰۰}{۰/۰۷۲۵} = \frac{۰/۲۰۰}{۰/۰۷۲۵} = ۲/۷۶$$

نسبت‌های خارج از مشخصه به قرار زیر است:

$PZ_{USL} + PZ_{LSL} = ۰/۰۰۲۹ + ۰/۰۰۲۹ = ۰/۰۰۵۸$ (در حدود ۰/۶٪)

شاخص قابلیت عبارتست از:

$$C_{P_K} = \frac{Z_{min}}{۳} = \frac{۲/۷۶}{۳} = ۰/۹۲$$

**محاسبه قابلیت فرایند.**

**۲- نمودار میانگین و انحراف معیار**

نمودار $\overline{X}$ و S ، همانند نمودار $\overline{X}$ و R و داده های خروجی فرآیند رسم می شوند و به صورت دوتايي به کار می روند.

عموماً، نمودارهای S هنگامی به جای نمودار R به کار می روند که یکی یا بیشتر، از دلائل زیرموجود باشد:

- داده ها بر اساس یک مبنای نرم افزاری مثبت و یا محاسبه و ترسیم می گردند و لذا روند محاسباتی S ساده و عملی است.
- امکان استفاده از ماشین حساب جیبی سهولت محاسبات S را فراهم می آورد.
- مقادیر بزرگی از اندازه زیر گروه ها مورد استفاده قرار می گیرد، و محاسبات کارآتری نسبت به نوسانات مورد نیاز است.
- جزئیات نمودار $\overline{X}$ وS بسیار شبیه به جزئیات $\overline{X}$ و R است و موارد اختلاف در زیر آورده شده اند.

**آ- جمع آوری داده ها**

انحراف معیار هر زیر گروه از رابطه زیر به دست می آید:

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

یا

$$S = \sqrt{\frac{\sum X_i{}^2 - n\overline{X^2}}{n-1}} = \frac{\sqrt{X_1{}^2 + X_2{}^2 + \ldots + X_n{}^2 - n\overline{X^2}}}{n-1}$$

که در آن X، $\overline{X}$ وn معرف مقادیر هر یک از اعضاء زیر گروه، میانگین و اندازه نمونه است.

- مقیاس نمودار S باید نمایي باشد که برای نمودار $\overline{X}$ مرتبط به کار می رود.

**ب – محاسبه حدود کنترل**

حدود بالا و پائین کنترل برای نمودارS و میانگین از این روابط محاسبه می شود:

$$UCL_S = B_4 \overline{S}$$

$$LCL_S = B_3 \overline{S}$$

$$UCL_X = \overline{\overline{X}} + A_3 \overline{S}$$

$$UCL_X = \overline{\overline{X}} - A_3 \times \overline{S}$$

که در آن $\overline{S}$ میانگین انحراف معیار تک تک زیر گروه هاست، $B_4$ , $B_3$ ,$A_3$ ثوابتی هستند که به اندازه نمونه بستگی دارند (جدول مقادیر مربوطه در پیوست) قابل مشاهده است.

**پ تفسیر کنترل فرآیند**

به بخش مشابه در نمودار $\overline{X}$ وR مراجعه شود.

**ت – تفسیر قابلیت فرآیند**

به بخش مشابه در نمودار $\overline{X}$ و R مراجعه شود، استثنائات موارد زیرند:

- انحراف استاندارد فرآیند را تخمین بزنید:

$$\hat{\sigma} = \overline{S}/C_4$$

که در آن $\overline{S}$ میانگین انحراف معیار نمونه هاست و $C_4$ ثابتی است که از اندازه نمونه تاثیر می پذیرد.

| n | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $C_4$ | ۰,۷۹۷ | ۰,۸۸۶ | ۰,۹۱۲ | ۰,۹۴۰ | ۰,۹۵۲ | ۰,۹۵۹ | ۰,۹۶۵ | ۰,۹۶۹ | ۰,۹۷۳ |

**۳- نمودار های میانه [۴۰] ( $\widetilde{X}$ وR)**

نمودارهای میانه نیز می توانند به عنوان راه حل جایگزینی برای نمودارهای $\widetilde{X}$ وR مطرح باشند، تنها با این تفاوت که میانه از نظر آماری مطلوبیت و مقبولیت میانگین را ندارد. از طرف دیگر نمودارهای میانه تقریباً به همان نتایجی که نمودارهای میانگین منجر می شوند منتهی می گردند و محاسن زیر را نیز دارا می باشند:

- نمودارهای میانه کاربری آسانی دارند، و به محاسبات بسیار احتیاج ندارند. این امر می تواند به پذیرش بیشتر این نمودارها در نزد افراد سطح کارگاه منجر شود.
- از آنجا که یک نمودار هم میانه و هم پراکندگی داده ها را نمایش می دهد، می تواند به عنوان مبنايي برای مقایسه چند فرآیند و یا مقایسه یک فرآیند در زمان ها و مراحل مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

الف – جمع آوری داده ها : بخش مشابه را از نمودار $\overline{X}$ و R مشاهده کنید، موارد استثناء اینها هستند:

- نمودارهای میانه، عموماً با زیر گروهايي با اندازه های کوچکتر از ۱۰ شکل می گیرند، اندازه نمونه هايي با اعداد "فرد" مطلوب ترند. اگر از نمونه هايي با تعداد زوج استفاده شود، میانه برابر متوسط دو مقدار وسطی خواهد بود.
- اندازه های هر یک از مقادیر هر یک از زیر گروه ها را در یک ستون عمودی بنویسید. دور میانه هر یک از زیر گروه ها دایره ای رسم کنید. برای بررسی جهت گیری کلی داده ها، دایره ها را با خط به یکدیگر وصل کنید.

- میانه و بازه هر یک از زیر گروه ها را در جدول داده ها وارد نمایید. توصیه می شود برای مشاهده جهش های احتمالی نمودار بازه را نیز رسم نمایید.

**ب – محاسبه حدود کنترل**

بخش مشابه را از نمودار $\overline{X}$ وR مشاهده کنید، موارد استثناء اینها هستند:

- میانگین میانه های مربوط به زیر گروه ها را بیابید و به عنوان خط مرکزی نمودار ترسیم نمایید، آنرا به عنوان $\overline{R}$ ثبت نمایید.
- از فرمول های زیر حدود بالا و پائین کنترل را محاسبه کنید:

$$UCL_R = D_4 \overline{R}$$

$$LCL_R = D_3 \overline{R}$$

$$UCL_{\tilde{X}} = \overline{\tilde{X}} + \overline{\tilde{A}}_2 \overline{R}$$

$$LCL_{\tilde{X}} = \overline{\tilde{X}} - \overline{\tilde{A}}_2 \overline{R}$$

که در آن $A_2$،$D_3$،$D_4$ ثوابتی هستند که بستگی به اندازه نمونه دارند.

| n | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $D_4$ | ۳,۲۷ | ۲,۵۷ | ۲,۲۸ | ۲,۱۱ | ۲,۰۰ | ۱,۹۲ | ۱,۸۶ | ۱,۸۲ | ۱,۷۸ |
| $D_4$ | * | * | * | * | * | ۰,۰۸ | ۰,۱۴ | ۰,۱۸ | ۰,۲۲ |
| $\overline{\tilde{A}}_2$ | ۱,۸۸ | ۱,۱۹ | ۰,۸۰ | ۰,۶۹ | ۰,۵۵ | ۰,۵۱ | ۰,۴۳ | ۰,۱۴ | ۰,۳۶ |

S.G.S.Co.

**پ- تفسیر کنترل فرآیند**

بخش مشابه را از نمودار $\overline{X}$ وR مشاهده کنید، موارد استثناء اینها هستند:

- هر زیر گروهی را که میانه آن بیرون از حدود کنترل میانه است مشخص نمایید، پراکندگی میانه را در بین حدود کنترل بررسی نمایید ( $\frac{1}{3}$ نقاط باید در $\frac{1}{3}$ میانی حدود قرار گیرند).

  همچنین وجود هر گونه الگو یا جهت گیری را نیز بررسی نمایید.
- اقدامات اصلاحی مناسب علل خاصی که بازه میانه را تحت تاثیر قرار می دهند انجام دهید.

**ت – تفسیر قابلیت فرآیند**

بخش مشابه را از نمودار $\overline{X}$ وR مشاهده کنید:

انحراف استاندارد فرآیند را از این رابطه تخمین بزنید:

$$\hat{\sigma} = \overline{R} / d_2$$

که در آن $\overline{R}$ میانگین بازه نمونه هاست، $d_2$ مقدار ثابتی است که بستگی به اندازه نمونه دارد.

## ۴- نمودارهای مقادیر منفرد[۴۱] و بازه های متحرک[۴۲] (X-MR)

در مواردی، باید کنترل فرآیندی را انجام داد که به جای آنکه بر مبنای زیر گروه ها باشد، بر مبنای مقادیر منفرد باشد. در این صورت مسلماً نوسانات درون زیرگروه برابر صفر خواهد بود. این امر به ویژه هنگامی رخ می دهد که آزمون ها هزینه بر باشند (مثلاٌ تست های مخرب) و یا هنگامی که خروجی در هر لحظه از زمان در هر نقطه تقریباً همگن باشد (مثلاً pH یک محلول شیمیایی). در مورد نمودارهای فوق چهار مسئله باید در نظر گرفته شوند:

- نمودار های مقادیر منفرد جامعیت نمودارهای $\overline{X}$ و R را دارا نمی باشند.
- هنگامی که توزیع فرآیند متقارن نیست، در تفسیر این نمودار باید دقت بیشتری به خرج داد.
- بهتر است به جای استفاده از این نمودار، از همان نمودارهای متداول $\overline{X}$ وR استفاده نمود – حتی اگر اندازه نمونه ها کوچک باشد (مثلاً ۲ الی ۴ ) وزمان بیشتری نیز بین دو زیر گروه صرف شود.
- از آنجا که فقط یک مورد در هر زیرگروه وجود دارد، مقادیر $\overline{\overline{X}}$ و$\hat{\sigma}$ نوسانات بسیار زیادی خواهد داشت حتی اگر فرآیند به پایداری رسیده باشد). این امر تا هنگامی که تعداد زیر گروه ها به ۱۰۰ یا بیشتر رسیده باشد ادامه خواهد داشت.

### آ- جمع آوری داده :

بخش مربوط به جمع آوری داده در نمودار $\overline{X}$ وR مشاهده نمایید، مورد استثناء اینها هستند:

- تک تک مشاهدات (MR) از چپ به راست بر روی نمودار داده ها ثبت می شوند.
- بازه متحرک (MR) مقادیر منفرد محاسبه می شود، بهتر است که اختلاف بین هر دو مشاهده متناوب، محاسبه شود (اختلاف بین اولی و دومی، بین دوم و سومی، ...)، در این صورت به تعداد یکی کمتر از کل مشاهدات بازه متحرک خواهیم داشت (۲۵ مشاهده ۲۴ اختلاف را به وجود خواهد آورد.)

**ب – محاسبه حدود کنترل**

- میانگین فرآیند، محاسبه و ترسیم شود. ( $\overline{\overline{X}}$ ) و متوسط بازه نیز محاسبه می گردد.

- حدود کنترل محاسبه می گردد (از روابط زیر):

$$\overline{R} = \frac{R_1 + R_2 + ... + R}{}$$

$$UCL_R = D_4.\overline{R}$$

$$LCL_R = D_3.\overline{R}$$

$$UCL_X = \overline{\overline{X}} + E_2\overline{R}$$

$$LCL_X = \overline{\overline{X}} - E_2\overline{R}$$

که در آن $\overline{R}$ میانگین بازه متحرک است، $\overline{\overline{X}}$ میانگین فرآیند است$D_3$،$D_4$،$E_2$ توابتی هستند که بستگی به اندازه نمونه دارند.

| n | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $d_4$ | ۳/۲۷ | ۲/۵۷ | ۲/۲۸ | ۲/۱۱ | ۲/۰۰ | ۱/۹۲ | ۱/۸۶ | ۱/۸۲ | ۱/۷۸ |
| $d_3$ | * | * | * | * | * | ۰/۰۸ | ۰/۱۴ | ۰/۱۸ | ۰/۲۲ |
| $E_2$ | ۲/۶۶ | ۱/۷۷ | ۱/۴۶ | ۱/۲۹ | ۱/۱۸ | ۱/۱۱ | ۱/۰۵ | ۱/۰۱ | ۰/۹۸ |
| * محدوده کنترل پایین برای دامنه های با تعداد نمونه زیر ۷ وجود ندارد. | | | | | | | | | |

**پ – تفسیر کنترل فرآیند**

- در اینجا نیز وجود نقاطی خارج از حدود کنترل نشانه ای از وجود عمل خاص است.
- علاوه بر نقاط خارج از حدود، این نمودارها باید به منظور یافتن پراکندگی نقاط و نیز وجود الگوهايي در فرآیند نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار بگیرند.

**ت – تفسیر قابلیت فرآیند**

انحراف استانداردفرآیند می تواند از رابطه زیر محاسبه شود:

$$\hat{\sigma} = \overline{R} \big/ d_2$$

که در آن $\overline{R}$ میانگین بازه متحرک و $d_2$ ثابتی است که بستگی به اندازه نمونه دارد.

**۱۰- نمودارهای کنترلی برای ویژگی های وصفی**

اگر چه غالباً نمودارهای کنترلی برای مقادیر متغیر- عددی – به کار می رود، ما نگارش هايي از آنها هم برای ویژگی های وصفی طراحی شده اند.

داده های وصفی فقط دو وضعیت دارند(دارای تطابق دارای عدم تطابق رد.برو، نرو، غایب وحاضر) می توانند شمرده شوند. مثال هايي از آن را می توان در وجود یا عدم وجود یک برچسب، برقراری یک جریان الکتریکی، و یا خطاهای موجود در یک متن تایپ شده جستجو نمود. مثال هايي دیگر از این ویژگی ها، مقادیری هستند که قابل اندازه گیری ند، اما نحوه ثبت آنها به صورت پاسخ بله خیر است. به موقع رسیدن یک سفارش، تطابق قطر یک محور به ویژگی های مشخص شده و...

به دلایل متعددی نمودارهای کنترلی اهمیت خاص خود را دارا می باشند:

- در هر فرآیند فنی یا اداری داده های وصفی وجود دارند، لذا تجزیه و تحلیل وصفی کاربردهای خود را دارد، بزرگترین مشکل اجرایي در این مرحله، تعریف آن چیزی است که "نامنطبق" است.
- وقتی که قرار است داده جدیدي جمع آوری شود، اطلاعات وصفی عموماً برای دستیابی سریع و کم هزینه اند.
- غالب اطلاعاتی که برای گزارش های مدیریتی مورد نیازند شکل وصفی دارند، مانند تعدادشکایت مشتریان

از مجموع نمودارهای کنترلی که برای ویژگی های وضعی توسعه یافته اند چهار نوع نمودار در ادامه بحث مورد بررسی قرار خواهند گرفت:

- نمودار P برای درصد اقلام نامنطبق (از نمونه هايي که الزاماً هم اندازه نیستند)
- نمودار np برای تعداد اقلام نامنطبق (از نمونه هايي که هم اندازه اند.)
- نمودارC برای تعداد عدم انطباق ها (از نمونه هايي که هم اندازه اند.)
- نمودار u برای تعداد عدم انطباق ها بر حسب واحد (از نمونه هايي که الزاماً هم اندازه نیستند.)

**نمودار P برای درصد اقلام نامنطق**

نمودار P درصدی از اقلام نامنطبق (که گاهی اوقات خرب نیز نامیده می شود) را در یک گروه از اقلام بازرسی شده نشان می دهد. چیزهايي مثل نمونه ی از ۷۵ قطعه، درصدی از اقلام که بر مبنايي روزانه یا ساعتی دسته بندی شده اند، درصد سفارشاتی که به موقع رسیده اند و... این مسئله می تواند درباره یک ویژگی (آیا یک قطعه مشخص درست نصب شده است؟) یا ویژگی های متعددی (آیا هیچ مشکلی در سیستم الکترونیکی مورد بررسی قرار گرفته وجود دارد؟)

مورد بررسی قرار بگیرد.

نکات زیر در این مورد حائز اهمیت اند :

- هر قطعه، جزء یا موضوع مورد بررسی به عنوان "نامنطبق" یا "منطبق" شناسايي می شود. (حتی اگر یک قطعه تعداد زیادی عدم انطباق در خود داشته باشد، فقط یکبار مورد شمارش قرار می گیرد.)

- نتایج این بازرسی ها گروهبندی می شوند و اقلام نامنطبق به صورت درصد اعشاری از کل زیر مجموعه بیان می شوند.

آمادگی های مقدماتی که برای بکارگیری این نمودارها باید حاصل شود مشابه آمادگی هایي است که برای نمودارهای با مقادیر عددی توضیح داده شد.

**آ- جمع آوری داده ها**

**آ-۱-۱ – اندازه زیر گروه :**

این نمودارها (نمودارهای وضعی)عموماً اندازه زیر گروه های بزرگی را می طلبد (بین ۵۰ تا ۲۰۰ یا بیشتر) از طرف دیگر چنانچه اندازه زیرگروه ها به اندازه ای بزرگ شود که نماینده بازه زمانی بزرگی از تولید باشند. این امر می تواند به صورت یک امتیاز منفی درآید.

**آ-۱-۲- تواتر زیر گروه ها :**

تواتر زیرگروه ها باید به نحوی باشد که زمان مناسب برای تجزیه و تحلیل و اقدام اصلاحی را به دست دهد، اما ممکن است با حجم بالای اندازه گیری در تناقض قرار گیرد.

**آ-۱-۳- تعداد زیرگروه ها :**

پریود جمع آوری داده ها باید به اندازه ای طولانی باشد که تمامی منابع احتمالی نوسانات فرآیند را در برگیرد.

**آ-۲- محاسبه درصد نامنطبق هر زیر گروه P**

این داده ها برای انجام محاسبه باید در دسترس باشند.

تعداد اقلام بازرسی شده – n

تعداد اقلام نامنطبق یافت شده – np

و از این طریق، درصد نامنطبق محاسبه می شود:

$$P = \frac{np}{n}$$

**آ- ۳- انتخاب مقیاس نمودار کنترل**

درصد (یا نسبت) اقلام نامنطبق باید بر روی محور عمودی و شناسه زیرگروه ها (ساعت، روز و غیره) بر روی محور افقی رسم شود.

**آ-۴- رسم درصد نامنطبق بر روی نمودار کنترل**

مقادیر P مربوط به هر زیر گروه را رسم کنید. بهتر است نقاط با خط به هم مرتبط باشند تا الگوها و جهت گیری ها بهتر به تصویر درآیند.

**ب – محاسبه حدود کنترل**

**ب – ۱- محاسبه میانگین درصد نامنطبق در فرآیند (P)**

S.G.S.Co

برای مطالعه K زیر گروه از رابطه زیر استفاده کنید:

$$\overline{P} = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + n_k P_k}{n_1 + n_2 + \ldots\ldots\ldots + n_k}$$

ب -۲- محاسبه حدود بالا و پائین کنترل (UCL,LCL)

حدود کنترل درباره این فرآیند از طریق روابط زیر محاسبه می شود :

$$UCL_P = \overline{P} + 3\sqrt{\frac{P(1-\overline{P})}{\sqrt{n}}}$$

$$CLC_P = \overline{P} - 3\frac{\sqrt{\overline{P}(1-\overline{P})}}{\sqrt{n}}$$

**ب- ۳- رسم و نشانه گذاری خطوط**

- میانگین فرآیند ( $\overline{p}$ ) – خط توپر
- حدود کنترل (UCL,LCL) – خطوط افقی نازک

نکته : حدود کنترلی که در بالا ذکر شده اند تنها برای موقعی کاربرد دارند که اندازه گروه ها برابر باشند (n ثابت) در شرایطی که اندازه هر زیر گروه تغییر می کند و این تغییر از حد ۲۵% ± از حد میانگین تغییر نمی کند (معمولاً در شرایط نسبتاً پایدار تولید چنین وضعیتی وجود دارد.) می توان از رابطه زیر استفاده نمود :

$$UCL_P, LCL_P = \overline{P} \pm 3\sqrt{\overline{P}(1-\overline{P})/\overline{n}}$$

که در آن $\overline{n}$ میانگین اندازه زیر گروه هاست.

**پ – تفسیرکنترل فرآیند**

هدف از این تفسیر یافتن هر گونه شواهدی است که نشان دهد فرآیند در همان سطح قابل قبول عمل نمی کند – خارج از کنترل بودن – و به کار بستن اقدام اصلاحی مناسب.

**پ-۱- تجزیه و تحلیل داده ها برای یافتن شواهدی از ناپداری**

تمامی مواردی که در مورد تجزیه و تحلیل داده ها در نمودارهای کنترل متغیر اشاره شده اند، در اینجا نیز مورد کاربرد دارند.

تجزیه و تحلیل فوق به منظور یافتن شواهدی برای .

- نقاط خارج از حدود کنترل
- جهش ها
- نمودارهای با الگوی کاملاً مشخص

صورت می پذیرد.

**پ-۳- محاسبه مجدد حدود کنترل**

هنگام محاسبات مقدماتی فرآیند و یا در هنگام ارزیابی مجدد قابلیت آن، محاسبه مجدد حدود کنترل مورد نیاز است. در این حالت فرمول هایي که قبلاً ذکر شده اند مورد کاربرد قرار می گیرد و تنها اندازه جدید ($n_{new}$) به جای $\bar{n}$ مورد استفاده قرار می گیرد.

**ت – تفسیر قابلیت فرآیند**

**ت – ۱ - محاسبه قابلیت فرآیند**

**ت -۲-ارزیابی قابلیت فرآیند**

**ت -۳- بهبود قابلیت فرآیند**

**ت -۴- ترسیم و تجزیه تحلیل فرآیند بازنگری شده**

نمودار np تعداد عدم انطباق ها را در مورد بازرسی نشان می دهد. این نمودار مشابه نمودارهای p است، مورد بررسی قرار می گیرد. در این نمودار نمونه های مورد بازرسی باید از نظر تعداد با یکدیگر برابر باشند.

در شرایط مشابه، هر دو نمودار p وnp قابل استفاده اند، در شرایط زیر بهتر است به جای نمودار p از نمودار np استفاده شود:

- تعداد واقعی نامنطبق ها نسبت به درصد نامنطبق ها معنی دارتر باشد.

و

- اندازه نمونه بر حسب واحدهای مختلف زمانی ثابت بماند.

**آ- جمع آوری داده**

به بخش مشابه در نمودار p مراجعه شود.

**ب – محاسبه حدود کنترل**

- میانگین تعداد نامنطبق های فرآیند ($\overline{np}$)

$$\overline{np} = \frac{np_1 + np_2 + \ldots\ldots + np_k}{k}$$

S.G.S.Co.

که در آن $np_1$و$np_2$ و.... تعداد نامطبق ها در هر یک از K زیر گروه است.

- حدود کنترل از روابط زیر محاسبه می شود :

$$UCL_{np} = \overline{np} + 3\sqrt{\overline{np}(1-\frac{\overline{np}}{n})} = \overline{np} + 3\sqrt{\overline{np}(1-\overline{p})}$$

$$LCL_{np} = \overline{np} + 3\sqrt{\overline{np}(1-\frac{\overline{np}}{n})} = \overline{np} - 3\sqrt{\overline{np}(1-\overline{p})}$$

**پ – تفسیر قابلیت فرآیند**

به بخش مشابه در نمودار P مراجعه شود.

**ت – تفسیر قابلیت فرآیند**

به بخش مشابه در نمودار P مراجعه شود.

## ۳- نمودار C برای تعداد عدم انطباق ها[۴۴]:

نمودار C تعداد عدم انطباق ها را مورد اندازه گیری و شمارش قرار می دهد. نمودار C نیازمند اندازه ای ثابت از موارد مورد بازرسی است. این کار را در مورد می توان انجام داد:

- هنگامی که عدم انطباق در سطح محصول پراکنده می شوند (مانند حباب موجود در سطح شیشه) و هنگامی که نرخ متوسط عدم انطباق قابل بیان است (مثلاً ۸ حباب در متر مربع)
- هنگامی که عدم انطبقا ها از منابع گوناگونی می تواند در یک واحد مورد بازرسی وجود داشته باشد.

**آ- جمع آوری داده**

آنچه در جمع آوری داده ها در این نمودار اهمیت دارد آن است که اندازه نمونه های مورد اندازه گیری باید یکسان باشند (مثلاً واحد شیشه مورد بازرسی قرار گرفته یکی باشند)

**ب – محاسبه حدود کنترل**

- میانگین تعداد عدم انطباق ها ($\overline{C}$) از این رابطه محاسبه می شود:

$$\overline{C} = \frac{C_1 + C_2 + ..... + C_K}{K}$$

که در آن $C_1$ و$C_2$ ..... تعداد عدم انطباق ها در هریک از K زیر گروه است.

- حدود کنترل از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$UCL_C = \overline{C} + 3\sqrt{\overline{C}}$$

$$LCL_C = \overline{C} - 3\sqrt{\overline{C}}$$

**پ- تفسیر کنترل فرآیند**

به بخش مشابه در نمودارP مراجعه شود.

**پ – تفسیر قابلیت فرآیند**

به بخش مشابه در نمودار P مراجعه شود.

نمودار u برای اندازه گیری عدم انطباق ها در زیر گروهايي که اندازه های متفاوت دارند به کار می رود. این نمودار شباهت های زیادی با نمودار C دارد، با این تفاوت که برمبنای عدم انطباق ها در واحد بیان می شود.

S.G.S.Co

نمودارهای Cوu هر دو دارند، در مواقعی که نمونه شامل بیش از یک "واحد" است و یا هنگامی که اندازه نمونه متفاوت نمودار u کاربرد بیشتری دارد.

**آ- جمع آوری داده**

مقدار عدم انطباق در واحد (u) از فرمول زیر محاسبه می گردد:

$$u = \frac{c}{n}$$

**ب- محاسبه حدود کنترل**

میانگین عدم انطباق ها در واحد فرآیند از رابطه زیر به دست می آید:

$$\bar{u} = \frac{C_1 + C_2 + ..... + C_K}{n_1 + n_2 + ..... + n_k}$$

که در آن $C_2$و$C_1$ تعداد عدم انطباق ها در هر یک از K زیر گروه و $n_2$و n و..... اندازه نمونه ها در هر یک از K زیر گروهند.

حدود کنترل نیز از روابط زیر محاسبه می شوند.

$$UCL_U = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}} / \sqrt{\bar{n}} = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}}$$

$$LCL_U = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}} / \sqrt{\bar{n}} = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}}$$

که در آن n میانگین اندازه نمونه است.

S.G.S.Co.

**پ – تفسیر کنترل فرآیند**

به بخش مشابه در نمودار p مراجعه شود.

**پ – تفسیر قابلیت فرآیند**

به بخش مشابه در نمودار P مراجعه شود.

# فصل ۳

## برنامه ريزي و اجراي SPC

S.G.S.Co.

## پياده سازي كنترل آماري فرآيند

در اين فصل، نحوه صحيح پياده سازي SPC در سازمانهاي مختلف بيان مي‌شود. در اين خصوص، سعي شده ازمطالب ارائه شده در شش فصل گذشته كمك گرفته شود و نكاتي كه توجه به آنها براي اخذ نتيجه مطلوب از اجراي كنترل آماري فرآيند لازم است، مشخص شود. خاطر نشان مي‌كنيم كه روش ياد شده بر اساس تجربه مولفان از اجراي SPC در بيش از ۱۰۰ شركت توليدي طراحي شده است. بنابراين،در نظر گرفتن مراحل آن در اجرا مي‌تواند ثمر بخش باشد.
روش ياد شده كه از برنامه زمان بندي اجراي كنترل آماري فرآيند استخراج شده، پياده سازي SPC را در سه مرحله معرفي مي‌كند كه هر مرحله شامل بخش هايي اجرايي است. مرحله اول، پيش نياز اجراي مراحل دوم و سوم است و مرحله سوم با تاخير زماني نسبت به مرحله دوم آغاز مي‌شود.

## ۱- مرحله اول: بستر سازي اجراي پروژه

در اين مرحله، فعاليت هاي چون توجيه مديريت، ايجاد هسته مركزي اجراي SPC، آموزش پرسنل و تهيه دستورالعمل هاي كنترل آماري فرآيند انجام مي‌شود كه هر يك از بخش هاي اين مرحله بايد در شروع پياده سازي SPC در هر شركت انجام شود. مرحله بستر سازي در واقع به آماده كردن زير بناي كار مربوط است و اجراي صحيح آن، دستيابي به هدف را سريع تر و راحت مي‌كند.

### ۱-۱- توجيه مديريت

توجيه مديريت، اولين و مهمترين مرحله در اجراي SPC است. اجرا و پياده سازي SPC بدون حمايت مديريت با شكست مواجه خواهد شد و از اين رو، در صورت عدم حمايت مديريت، بهتر است كاري شروع نشود.
مديريت بايد SPC را بشناسد، مزيت و برتري اين روش نسبت به كنترل هاي معمول براي او به وضوح مشخص باشد و اهداف و دستاوردهاي حاصل از اين روش كنترل را بداند. و سپس دستور اجراي آن در سازمان صادر كند. به اين منظور، مديريت مي‌تواند به بررسي مزاياي SPC در برابر كنترل هاي معمول بپردازد كه در انتهاي فصل به آن اشاره شده است.
همچنين مديريت بايد بداند SPC كليدي نيست كه بوسيله آن بتوان همه قفل ها را باز كرد و با اجراي نبايد انتظار مرتفع شدن تمام مشكلات كيفي سازمان را داشته باشد.

### ۱-۲ـ تشكيل كميته راهبري

بعد از اينكه مديريت به اين نتيجه رسيد كه اجراي SPC مي‌تواند براي سازمان مفيد باشد، نوبت به آماده كردن ساختار اجرايي و مديريتي آن مي‌رسد. به اين منظور، مديريت شركت بايد يك نفر را به عنوان مسئول اجرايي و يك تيم را به عنوان كميته راهبري كنترل آماري فرآيند معرفي مي‌كند. بهتر است مسئول اجرايي SPC از بالاترين رده قسمت كيفيت سازمان (مدير يا معاون كيفيت) انتخاب شود تا بتواند وظيفه هدايت دوره هاي آموزشي داخل سازمان، ارتباط با مشتري (در ارتباط با SPC)،

تهيه برنامه زمان بندي اجراي SPC، گزارش پيشرفت كار و هدايت اجراي صحيح SPC در سازمان را به خوبي انجام دهد.
اعضاي تيم كميته راهبري معمولاً از مديران اجرايي بخش هاي كنترل كيفيت، تعميرات و نگهداري، توليد، امور مهندسي، خريد، فروش و بازاريابي و مسئول اجرايي SPC انتخاب مي‌شوند كه وظيفه سياستگذاري اجراي SPC، تصميم گيري در مورد اصلاح قالب با دستگاه، بررسي نظرها و پيشنهادهاي تيم هاي كاري، بررسي نتايج حاصل از اجراي SPC در سازمان، و تصميم گيري در مورد خريد ابزار، وسايل و ماشين آلات مورد نياز را بر عهده دارند.

## ۱-۳ – آموزش

بعد ازمشخص شدن مسئول اجرايي و كميته راهبري نوبت به اجراي آموزش مي‌رسد. واضح است كه لزومي ندارد افراد درگير SPC به يك اندازه با اين روش آشنا باشندبلكه هر كس بايد با توجه به وظايفي كه بر عهده دارد و به مقدار لازم آموزش ببيند. به اين منظور، پيشنهاد مي‌شود آموزش در سه سطح انجام شود.
سطح اول – آموزش اپراتورها شامل:تفاوت SPC با روش كنترل فعلي، شناخت شرايط خارج از كنترل روش محاسبه نقاط در نمودارها، نقطه گذاري در نمودارها و تشريح وظايف آنها در اجراي اين روش.
سطح دوم ـ آموزش مديران و سرپرستان شامل: اهداف و مزاياي SPC، نحوه تجزيه و تحليل نتايج حاصل از نمودارهاي كنترل و مفهوم قابليت فرآيند در آن بيان شود.
سطح سوم – آموزش مسئول اجرايي SPC، اعضاي كميته راهبري وكاركنان كنترل كيفيت شامل: تمام موضوعات ارائه شده در اين كتاب. اين افراد بايد SPC را به طور كامل بشناسند تا توان راهبري آن را در سطح شركت داشته باشند.
اين آموزش ها فقط يك بار در شروع كار صورت نمي گيرد، بلكه دوره هاي باز آموزي شش ماهه و سالانه نيز براي پرسنل طراحي مي‌شود.
برگزاري صحيح مرحله آموزش بسيار مهم است. رونالد بلانك كه بيش از ۱۵ سال در مورد اجراي SPC در شركت هاي مختلف تجربه دارد در كتاب «راهنمايي حل مشكلات اجرايي SPC» مي گويد: «اكثر مشكلات در SPC مربوط به آموزش نادرست يا آموزش به افراد غير مسئول است.»

## ۱-٤- تدوين رويه كنترل آماري فرآيند

آخرين قدم بستر سازي، تدوين رويه كنترل آماري فرآيند است. در اين رويه بايد به نكات زير به وضوح اشاره شده باشد:

- چگونگي تشخيص پارامترهاي نيازمند اجراي SPC
- روش تعيين اندازه نمونه، فركانس نمونه برداري و نحوه باز نگري آن
- تهيه نمودار مبنا
- حداقل $C_{PK}$ مورد نياز براي تصويب نمودار مبنا
- نحوه بازنگري نمودار مبنا

- شرايط لازم براي انتقال نمودارهاي كنترلي به خط توليد (جاري كردن نمودارها)
- شناسايي حالات خارج از كنترل و نحوه برخورد با آنها
- روش تصميم گيري در مورد فرآيند هاي ناتوان و محصولات توليد شده توسط اين گونه فرايندها
- چگونگي اجراي SPC (شرح وظايف، مسئولان، ارتباطات و ...)

وظيفه تهيه رويه به عهده مسئول اجرايي و تصويب آن به عهده كميته راهبري SPC است. همان طور كه گفته شد، اگر مطالب ارائه شده در كلاس هاي آموزشي سطح سوم، شامل همه موضوعات مطرح شده باشد، مسئول اجرايي SPC براحتي مي‌تواند رويه كنترل آماري فرآيند را تدوين كند. بنابراين بهتر است تهيه اين رويه پس از مطالعه كامل انجام شود.

## ۲- مرحله دوم: اجراي SPC

پس از برداشتن گامهاي مرحله اول، نوبت به اجراي مرحله دوم مي‌رسد. در اين مرحله، هشت گام لازم براي اجراي SPC در مورد هر فرآيند را معرفي مي‌كنيم. اين مراحل براي هر فرآيند از هر محصولي كه نياز به اجراي SPC داشته باشد عينا تكرار مي‌شود. در مواقع لزوم، به منظور سهولت فهم مطالب، از يك مثال كه شرح آن در ا دامه مطالب خواهد آمد، كمك مي گيريم. مثال (شماره ۷-۱): فرآيند مورد نظر، ماشينكاري قطر يك شفت به ابعاد ۰.۱ ± ۷۴ است. سازنده، با ميكرومتر، اين پارامتر (قطر شفت) را در خط توليد به صورت كمي كنترل مي‌كند. حداقل توانايي مورد انتظار مشتري $C_{PK}$ = 1.33 است.

### ۲-۱- تشكيل تيم اجرايي SPC

در اين قدم، براي هر فرآيند، تيمي به نام «تيم اجرايي SPC» تشكيل مي‌شود. اجراي SPC بدون كار تيمي نتايج چشمگيري به دنبال ندارد. در صورتي كه مديريت سازمان، وظيفه اجراي SPC را فقط وظيفه كنترل كيفيت بداند، با مقاومت شديد بخش توليد مواجه خواهد شد و در نتيجه، اجراي SPC يا متوقف مي‌شود يا به شكل يك كار صوري در مي‌آيد. تجربه نشان مي‌دهد براي اجراي صحيح و موفق SPC روي هر فرآيند بايد تيمي متشكل از اپراتور، سرپرست توليد و يك نفر از قسمت كنترل كيفيت وجود داشته باشد و مديريت، موفقيت يا عدم موفقيت كار را مربوط به همه اعضاي تيم بداند. به طور كلي در اجراي SPC هر چه قسمت توليد را بيشتر درگير كنيم، نتايج مثبت تري به دست خواهيم آورد. كيفيت را قسمت توليد در محصول ايجاد مي‌كند و بنابراين به عنوان يك ركن اصلي بايد در تيم اجراي SPC حضور داشته باشد.

قابل توجه اينكه هر يك از اين افراد مي‌توانند در بيش از يك تيم حضور داشته باشند. همچنين اعضاي هر تيم به اين سه نفر خلاصه نمي‌شود و در صورت لزوم، افرادي از قسمت هاي ديگر (طراحي، تعميرات، نگهداري و ...) مي‌توانند به تيم ها اضافه شوند.

## ۲-۲- انتخاب فرآيند

انتخاب فرآيند مناسب از مهمترين مراحل اجراي SPC است. اجراي كنترل آماري فرآيند براي فرايندهايي كه شرايط لازم را دارا نباشند، بيش از آنكه ثمر بخش باشد، زيان آور است. در هر فرآيند تيم اجرايي، وظيفه بررسي مناسب بودن فرآيند را براي اجراي SPC بر عهده دارد. در انتخاب فرايندهاي مناسب براي اجراي SPC بايد موارد زير را در نظر گرفت:

### فرآيند انتخاب شده داراي مرجع انتخابي معتبر باشد

گاه مشاهده مي‌شود توليد كنندگان فرآيند هايي را براي اجراي SPC انتخاب مي‌كنند كه در محل توليد كننده، مشكل كيفي خاصي در مورد آن فرآيند وجود ندارد و فقط به نمايش به مشتريان مبادرت به اين كار مي‌كنند. هنگام انتخاب فرآيند لازم است علت انتخاب يا به عبارت ديگر مرجع انتخاب به وضوح مشخص باشد. اين مراجع ممكن است عبارت باشند از: برگشتي بالا در خدمات پس از فروش، بالا بودن RPN فرآيند در فرم هاي FMEA، حساسيت مشتري به فرايند، بالا بودن هزينه هاي بازرسي، دوباره كاري و ضايعات.

### فرآيند انتخاب شده از مشخصه هاي اقلام ورودي نباشد

اجراي SPC روي پارامترهاي ورودي يا خريداري شده ممكن نيست زيرا هيچ تسلطي بر فرآيند توليد اين پارامتر نداريم. SPC را روي برخي ازمشخصه هاي فرآيند كه در محل توليد كننده ايجاد مي شود، اجرا كرد. در صورتي كه اقلام ورودي داراي پراكندگي باشند مي‌توان از پيمانكاران خواست كه SPC را روي پارامتر مورد نظر اجرا كنند.

### فرآيند انتخاب شده تا حد ممكن علت ايجاد مشكل باشد

براي روشن شدن اين مطلب مثالي مطرح مي‌كنيم. فرض كنيد شفت مورد نظر ما بعد از توليد، در همان كارخانه در ساخت موتور الكتريكي استفاده مي‌شود. بزرگ و كوچك شدن قطر شفت، باعث ايجاد نويز در موتورهاي الكتريكي مي شوود كه اين نويز، مشكل اساسي كارخانه ا ست. در اين حالت، اگر SPC روي پارامتر نويز اجرا شود تحت كنترل در آوردن و تواناسازي چندان امكانپذير نخواهد بود. روش صحيح اين است كه SPC را روي علت ايجاد مشكل كه پارامتر قطر شفت مي‌باشد اجرا كرده و اثر اين اجرا را روي نويز بررسي كنيم. به اين منظور، استفاده از نمودارهاي علت و معلول جهت شناخت علل مشكلات مفيد خواهد بود.

### مشكل مربوط به فرآيند انتخاب شده ناشي ازنوسانات توليد باشد

مشكل مربوط به فرآيند ها ممكن است از عواملي چون طرحي نا مناسب دستگاه، استفاده از مواد نا مرغوب، وجود نوسان هاي زياد در فرآيند و ... سرچشمه بگيرد. اجراي SPC زماني مي‌تواند مفيد باشد و به ما كمك كند كه مشكل، مربوط به نوسان‌هاي فرآيند باشد؛ مسلما در زماني كه مشكل

مربوط به مواد اوليه يا طراحي نامناسب دستگاه باشد، اجراي كنترل آماري فرآيند هيچ كمكي نمي كند.

### ۲-۳- ايجاد شاخص اندازه گيري بهره وري

پس از انتخاب فرآيند مورد نظر، تيم مجري SPC بايد شاخصي را به منظور اندازه گيري بهره وري اجراي SPC تهيه كند. تعريف صحيح اين شاخص، مديريت را در بررسي نتايج اجراي SPC ياري مي‌دهد. به وسيله اين شاخص، تيم مجري SPC به صورت كمي مشخص مي‌كند كه در شروع كار چه وضعيتي داشته و مدتي پس از اجراي SPC چه پيشرفتي صورت گرفته است. اين شاخص بايد به تصويب كميته راهبري برسد.

براي طراحي اين شاخص مي‌توان از اطلاعات بخش قسمت مرجع انتخابي كمك گرفت. در اين شاخص مي‌توان مواردي چون كاهش ضايعات خط توليد، كاهش دوباره كاري، افزايش ميزان توليد، كاهش زمان و توليد و ... را در نظر گرفت. براي مثال، در فرآيند ماشينكاري قطر شفت تيم مجري SPC، شاخص بهره وري را «در صد موتورهايي كه نويز بيشتر از استاندارد دارند» تعريف كرده است. در حال حاضر ۳۰ درصد موتورهاي الكتريكي توليد شده در اين كارخانه، نويز بيشتر از استاندارد دارند.

### ۲-٤- بررسي و بهبود اوليه فرآيند

تا اين مرحله، فرايندي كه قرار است روش كنترل آن به صورت SPC انجام شود، انتخاب و اعضاي تيم مجري كار معرفي شده اند و شاخص اندازه گيري بهره وري نيز تعريف شده است. معمولاً مشاهده مي‌شود تيم مجري SPC در همان ابتداي كار، شروع به نمونه گيري و طراحي نمودار مبنا مي‌كند كه اين كار صحيح نيست. اين تيم قبل از نمونه گيري بايد تغييرات مشخص فرآيند را شناسايي و حذف كند (براي شناسايي علل اكتسابي فرآيند مي توانيد از نمودار پارتو و علت و معلول كه از ابزار هاي هفتگانه SPC هستند كمك بگيريد). براي مثال، اگر از سيستم اندازه گيري ناكارايي در فرآيند استفاده

مي‌شود، قبل از اجراي SPC بايد براي آن سيستم اندازه گيري، MSA اجرا شود يا اگر دستگاه نياز به تنظيم دارد، تنظيم مورد نظر صورت گيرد. به بياني ديگر قبل از شروع SPC در يك فرايند، بايد مشكلاتي را كه قبلا از آنها آگاهي داريم برطرف كنيم.

اين عمليات در واقع «خانه تكاني فرايند» است. در گام هاي بعد توضيح خواهيم داد كه انجام ندادن اين عمليات چه مشكلاتي را به وجود خواهد آورد. در فرآيند مورد نظر ما (ماشينكاري قطر شفت) در قدم بررسي و بهبود اوليه فرايند، بهبود روش اندازه گيري و تنظيم مرغك دستگاه در دستور كار قرار گفت.

### ۲-۵- طراحي نمودار كنترل مبنا

پس از حذف تغييرات اوليه فرايند، نوبت به تهيه نمودار كنترل مبنا مي‌رسد. به طور كلي، نمودار مبنا بايد حداقل دو شرط را دارا باشد. شرط اول اينكه داراي حالت تحت كنترل باشد و شرط دوم اينكه

توانايي مناسبي را براي فرآيند توليد نشان دهد؛يعني در نمودارهاي كمي، مقدار توانايي فرآيند ($C_{pu}$, $C_{pk}$ و ...) از حداقل مورد انتظار مشتري بزرگتر و در نمودارهاي وصفي، مقدار خط مركزي نمودار كنترل (CL) از هدف مديريت كوچكتر باشد. پس از اجراي مراحل زير مي توانيد يك نمودار كنترل اوليه (مبنا) براي فرآيند به دست آوريد.

**گام اول: نمونه گيري**

براي تهيه نمودار كنترل مبنا، از نمونه گيري (جمع آوري اطلاعات) آغاز مي‌كنيم. براي نمونه گيري لازم است اندازه زير گروه، تعداد زير گروه ها و زمان نمونه گيري مشخص باشد. اندازه زير گروه ها بايد چنان باشد كه شرايط نرمال بودن برقرار شود. تعداد نمونه لازم براي نرمال شدن، به نوع نمودار (وصفي و كمي) بستگي دارد كه در فصل چهارم به آن اشاره شد. تعداد زير گروه ها بايد ٢٥ تا ٣٠ زير گروه باشد و زمان هاي نمونه گيري به صورت تصادفي مشخص مي‌شوند. پس از مشخص شدن اين سه عامل، شروع به جمع آوري اطلاعات مي‌كنيم. براي جمع آوري اطلاعات، بسته به نوع نمودار (كمي و وصفي) بايد هاي مربوطه به طور كامل تكميل شود (اين فرم ها، نمونه اي از برگه ثبت داده ها هستند.) در اين فرم ها در قسمت شرح تغييرات بايد به كليه تغييراتي كه در فاصله دو نمونه برداري اتفاق افتاده، اشاره شود. در ادامه خواهيم ديد كه تكميل كردن صحيح اين قسمت مي‌تواند كمك بزرگي براي تهيه نمودار مبنا باشد. در شكل (شماره ١١) نحوه تكميل اين فرم ها و نتايج نمونه گيري براي فرآيند ماشينكاري قطر شفت – كه به صورت كمي كنترل مي‌شود و نمايش داده شده است.

علاوه بر دقت در انتخاب اندازه زير گروه، تعداد زير گروه ها و زمان نمونه گيري، رعايت نكاتي كه در زير به آنها اشاره مي‌شود، اجراي كار را سهل تر مي‌كند:

الف – در هر نمونه گيري بايد نمونه هاي هر زير گروه پشت سر هم از فرآيند جمع آوري مي‌شوند. در شكل شماره ١ نمونه هاي هر زير گروه (هر ٥ تايي) به صورت پشت سر هم از فرآيند در حال توليد گرفته شده است. اين نمونه ها نمي توانند از قطعات جمع آوري شده در يك پالت به صورت تصادفي انتخاب شوند.

ب – پس از پايدار شدن فرايند، شروع به جمع آوري اطلاعات كنيد.

## فرم جمع‌آوری اطلاعات نمودار مبنا ($\bar{X}$،R)

شماره قطعه: ـــ | شرح فرایند: ماشینکاری | ماشین/دستگاه: B3.2

اپراتور: حسن اکبری | بازرس: آقای حسینی | پارامتر کنترلی: قطر شفت

ابزار اندازه گیری: کولیس ۰/۰۱ | شماره بازنگری: ۰۱ | تاریخ تهیه: ۷۹/۵/۴

| شماره گروه | تاریخ | ساعت | شماره نمونه | | | | | تغییرات تولید | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | ساعت تغییر | شرح تغییرات |
| ۱ | ۸۰/۵/۱۵ | ۸:۱۰ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۲ | ۷۳/۹۸ | | |
| ۲ | ۸۰/۵/۱۵ | ۸:۵۱ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۱ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۴ | | |
| ۳ | ۸۰/۵/۱۵ | ۹:۱۵ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۸ | | |
| ۴ | ۸۰/۵/۱۵ | ۹:۴۰ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۸۵ | | تعویض الماسه |
| ۵ | ۸۰/۵/۱۵ | ۱۰:۲۰ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۲ | | |
| ۶ | ۸۰/۵/۱۵ | ۱۱ | ۷۳/۹۹ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۷ | | |
| ۷ | ۸۰/۵/۱۵ | ۱۱:۱۰ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۵ | | |
| ۸ | ۸۰/۵/۱۵ | ۱۱:۵۵ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۹ | ۷۳/۹۸ | ۷۳/۹۵ | | |
| ۹ | ۸۰/۵/۱۵ | ۱۳:۵ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۲ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۲ | | |
| ۱۰ | ۸۰/۵/۱۵ | ۱۳:۲۵ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۱ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۶ | | |
| ۱۱ | ۸۰/۵/۱۵ | ۱۴:۲۰ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۹ | ۷۳/۹۲ | | |
| ۱۲ | ۸۰/۵/۱۵ | ۱۵:۱۱ | ۷۳/۹۲ | ۷۳/۹۲ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۴ | | |
| ۱۳ | ۸۰/۵/۱۵ | ۱۵:۵۰ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۷ | | ورود قطعات سازنده شماره (۲) به خط تولید |
| ۱۴ | ۸۰/۵/۱۵ | ۱۶:۳۰ | ۷۳/۹۹ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۳ | | |
| ۱۵ | ۸۰/۵/۱۶ | ۸:۱۵ | ۷۳/۹۸ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۸ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۵ | | |
| ۱۶ | ۸۰/۵/۱۶ | ۸:۳۵ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۲ | ۷۳/۹۲ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۴ | | |
| ۱۷ | ۸۰/۵/۱۶ | ۹ | ۷۳/۹۸ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۵ | | |
| ۱۸ | ۸۰/۵/۱۶ | ۹:۲۵ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۴ | | کالیبره کردن ابزار اندازه گیری |
| ۱۹ | ۸۰/۵/۱۶ | ۱۰ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۳ | | |
| ۲۰ | ۸۰/۵/۱۶ | ۱۰:۲۲ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۱ | | |
| ۲۱ | ۸۰/۵/۱۶ | ۱۰:۵۵ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۵ | | |
| ۲۲ | ۸۰/۵/۱۶ | ۱۱:۲۰ | ۷۳/۹۳ | ۷۳ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۸ | ۷۳/۹۵ | | |
| ۲۳ | ۸۰/۵/۱۶ | ۱۲ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۲ | ۷۳/۹۸ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۷ | | |
| ۲۴ | ۸۰/۵/۱۶ | ۱۳:۱۰ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۸ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۲ | | |
| ۲۵ | ۸۰/۵/۱۶ | ۱۳:۵۰ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۵ | ۷۳/۹۶ | | |
| ۲۶ | ۸۰/۵/۱۶ | ۱۴:۱۰ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۱ | ۷۳/۹۸ | | |
| ۲۷ | ۸۰/۵/۱۶ | ۱۴:۳۵ | ۷۳/۹۱ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۳ | ۷۳/۹۸ | | |
| ۲۸ | ۸۰/۵/۱۶ | ۱۵:۱۵ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۱ | ۷۳/۹ | ۷۳/۸۷ | ۷۳/۹۱ | | تنظیم دستگاه |
| ۲۹ | ۸۰/۵/۱۶ | ۱۵:۵۰ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۶ | ۷۳/۹۵ | | |
| ۳۰ | ۸۰/۵/۱۶ | ۱۶ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۷ | ۷۳/۹۹ | ۷۳/۹۴ | ۷۳/۹۴ | | |

**شکل ۱: نتایج نمونه گیري ماشینکاري قطر شفت**

براي مثال در فرآيند تزريق پلاستيك معمولاً چند قطعه اول توليد مشكل دارد و بعد از اينكه فرآيند پايدار شد، توليد نيز وضعيت عادي پيدا مي‌كند. جمع آوري اطلاعات براي تهيه نمودار مبنا بايد پس از اينكه فرآيند حالت (روند) عادي پيدا كرده، توليد انجام گيرد.

پ- در كنترل مشخصه كمي، اعداد خوانا شده توسط ابزار اندازه گيري را رند نكنيد. رند كردن اعداد خوانده شده باعث مي‌شود كه نمودارهاي كنترل، اطلاعات نادرست در اختيار شما قرار دهند.

ت- دقت ابزار اندازه گيري، بايد حداقل يكدهم طول ناحيه تلرانس فرآيند باشد.

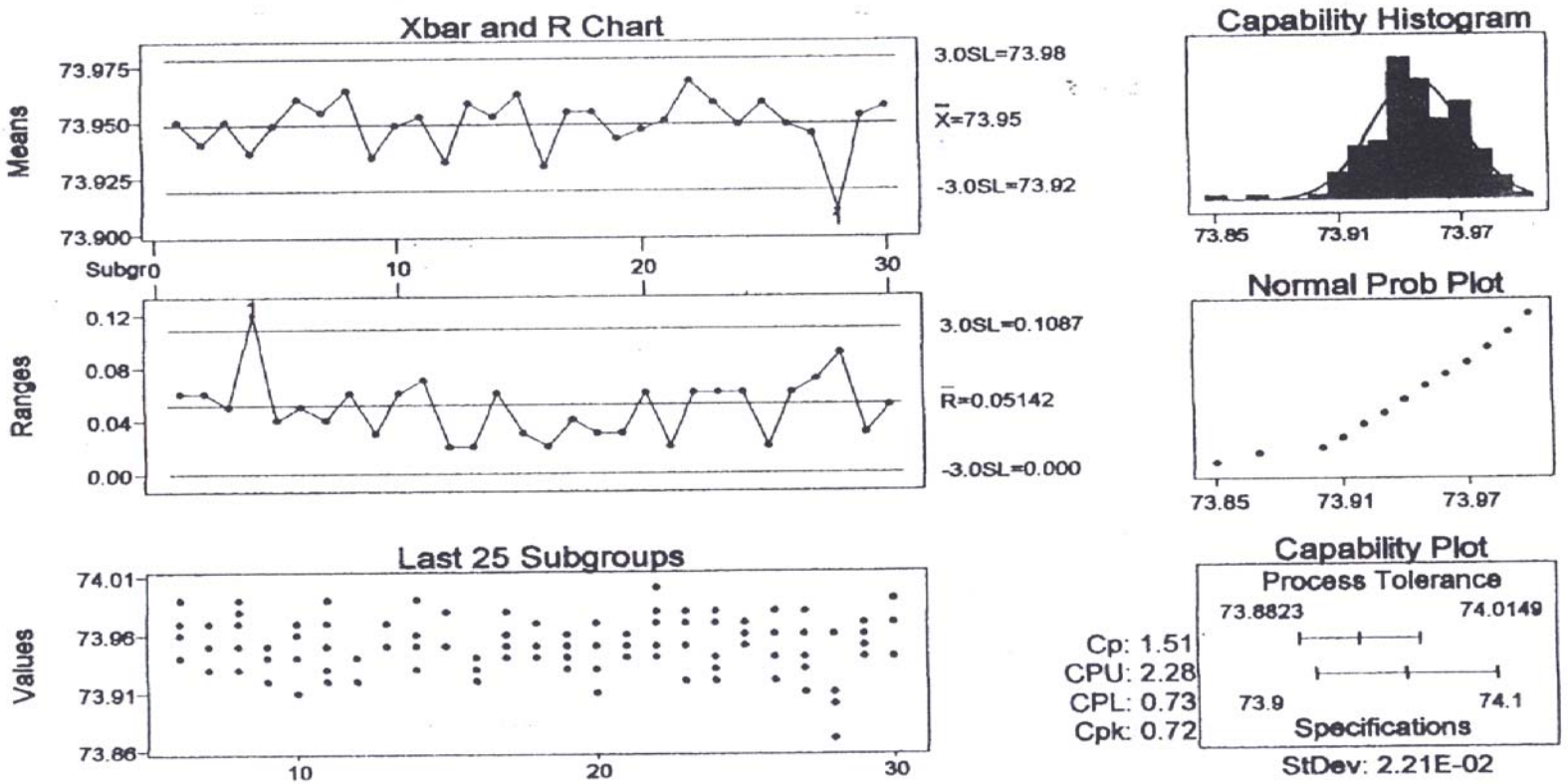
در فرآيند مورد نظر ما (ماشينكاري قطر شفت) طول ناحيه تلرانس ۰/۲ (USL –LSL =۷٤/۱-۷۳/۹=۰/۲) است بنابراين، دقت ابزار اندازه گيري بايد حداقل ۰/۰۲ باشد.

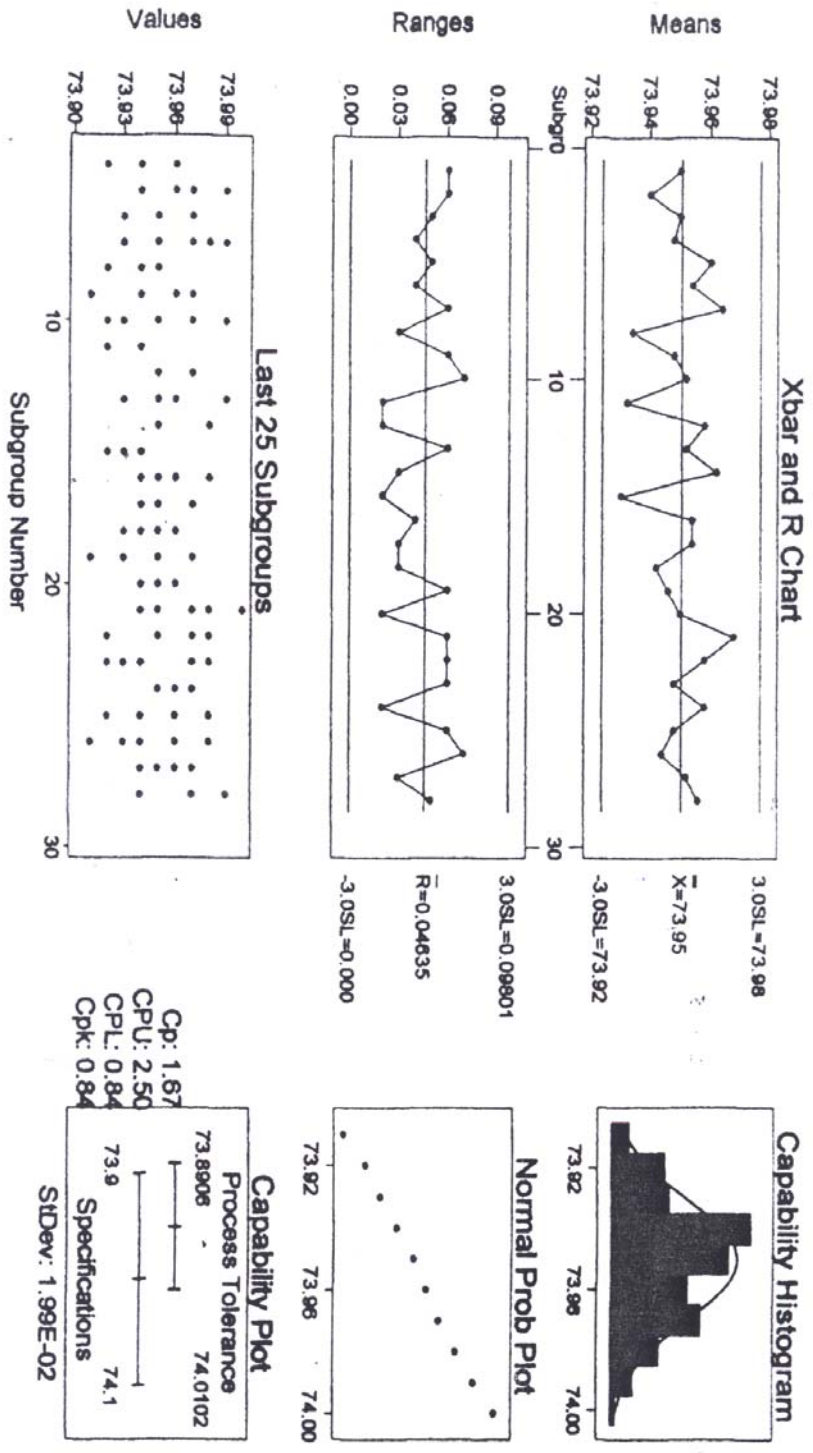
**گام دوم: محاسبه حدود اوليه و رسم نمودار**

در اين مرحله بايد حدود كنترل محاسبه و نقاط، داخل نمودار كنترل قرار گيرند. اين مرحله مي‌تواند به دو روش دستي و كامپيوتري انجام شود. با توجه به اينكه امروزه دسترسي به كامپيوتر به سهولت امكانپذير است، بهتر است اين كار را توسط نرم افزارهاي آماري انجام دهي

شكل شماره ۲ خروجي نرم افزار Minitab را براي مقادير كمي نشان مي‌دهد. اطلاعات لازم براي رسم اين نمودار از شكل شماره۱ استخراج شده است.

S.G.S.Co.


Xbar and R Chart
Means
73.975
73.950
73.925
73.900
3.0SL=73.98
X=73.95
-3.0SL=73.92
Subgr0
10
20
30
Ranges
0.12
0.08
0.04
0.00
3.0SL=0.1087
R=0.05142
-3.0SL=0.000
Last 25 Subgroups
Values
74.01
73.96
73.91
73.86
10
20
30
Capability Histogram
73.85
73.91
73.97
Normal Prob Plot
73.85
73.91
73.97
Capability Plot
Process Tolerance
73.8823
74.0149
Cp: 1.51
CPU: 2.28
CPL: 0.73
Cpk: 0.72
73.9
74.1
Specifications
StDev: 2.21E-02




**شکل ۲: محاسبه حدود کنترل نمودار اولیه توسط نرم افزار Minitab**

**گام سوم: بررسي وضعيت نقاط روي نمودار كنترل**

پس ازمحاسبه حدود كنترل و قرار دادن نقاط روي نمودار كنترل، بايد به بررسي ترتيب قرار گرفتن نقاط بپردازيم. همان طور كه در قبل نيز گفته شد، يكي از شرايطي كه مي توانيم نمودار اوليه را به عنوان نمودار مبنا قبول كنيم، اين است كه نقاط رسم شده روي نمودار، شرايط خارج از كنترل نداشته باشند. اگر نقاط روي نمودار كنترل، شرايط خارج از كنترل نشان ندادند، به مرحله بعد مي رويم؛ اما در صورت مشاهده شدن شرايط خارج از كنترل، با توجه به شماره نمونه خارج از كنترل، به فرم جمع آوري اطلاعات نمودار مبنا مراجعه و علل خارج از كنترل شدن (علت اكتسابي) را شناسايي و حذف كنيم.

پس از حذف تغييرات اكتسابي مشاهده شد، اطلاعات نقطه يا نقاط خارج از كنترل را از فرم جمع آوري اطلاعات نمودار مبنا كنار مي گذاريم.

اگر تعداد نقاط خارج از كنترل بيشتر از ٥ نقطه باشد، به اين معناست كه فعاليت بخش (٢-٤)، يعني بررسي و بهبود اوليه فرآيند به درستي صورت نگرفته و اگر دوباره نمونه گيري كنيم. همين مشكل وجود خواهد داشت. در نتيجه، اين قدم را به درستي انجام داده، دوباره نمونه گيري مي‌كنيم. اگر با نمودارهاي $(\overline{X},R)$ يا $(\overline{X},S)$ كار مي‌كنيد، از آنجا كه حدود نمودار $\overline{X}$ وابسته به مقدار $\overline{R}$ يا $\overline{S}$ است، بررسي نقاط را از نمودار R يا S آغاز كنيد. پس از حذف نقاط خارج از كنترل از مجموعه اطلاعات، با اطلاعات باقيمانده، مراحل دوم (محاسبه حدود اوليه و رسم نمودار) و سوم (شناسايي و حذف نقاط خارج از كنترل و علل آنها) را تكرار كنيد. خاطر نشان مي‌كنيم كه سرانجام نمودار مبنا بايد شامل حداقل ٢٠ تا ٢٥ نمونه تحت كنترل باشد.

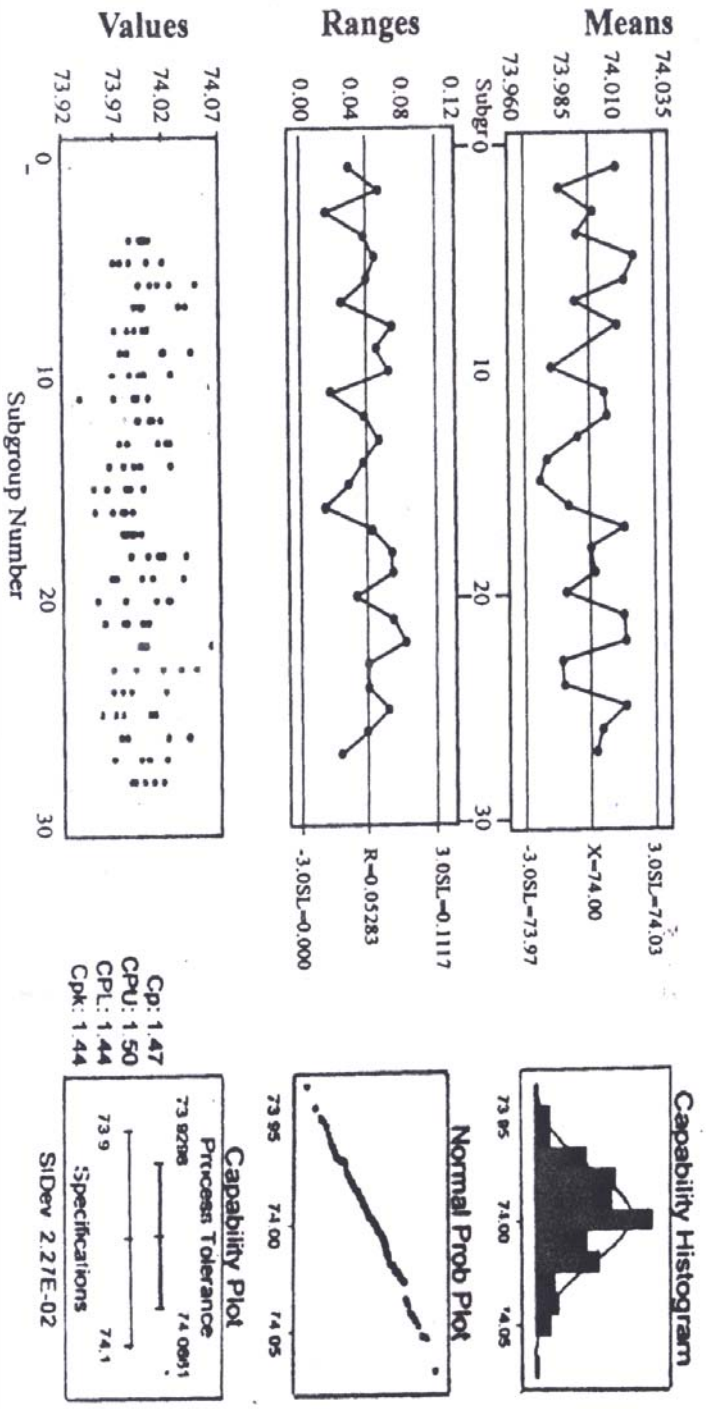
در مثال قطر شفت، نمونه هاي شماره ٤ و ٢٨ خارج از كنترل بودند كه پس از بررسي و حذف علل اكتسابي به وجود آورنده آنها، نمودار شكل(شماره٣) به دست آمده است.

**گام چهارم: انجام اقدامات اصلاحي (در صورت لزوم)**

همان طور كه در ابتداي اين قدم اشاره شد، نمودارهاي كنترل بايد دو شرط داشته باشند تا بتوان از آنها به عنوان نمودار مبنا استفاده كرد. در اين مرحله به بررسي شرط دوم، يعني بزرگتر بودن مقدار توانايي فرآيند ($C_{pu}$,$C_{pk}$ و ...) در نمودارهاي كمي و كوچكتر بودن مقدار CL در نمودارهاي وصفي از حداقل مورد انتظار مشتري مي‌پردازيم. تا اينجا يك نمودار تحت كنترل در دست داريم و اكنون نوبت محاسبه توانايي فرآيند (در صورت كمي بودن نمودار كنترل) است. چنانچه از كامپيوتر استفاده مي كنيد، نرم افزار اين محاسبه را انجام خواهد داد. در قسمت پايين سمت راست شكل (شماره٣)، مقادير $C_p$ و $C_{pk}$ مشاهده مي‌شود.

پس از مشخص شدن توانايي فرآيند بايد آن را با حداقل مورد انتظار مشتري مقايسه كنيم. در صورتي كه مقدار توانايي فرايند، بزرگتر از انتظار مشتري باشد (و در نمودارهاي وصفي، چنانچه CL كوچكتر از حداقل مورد انتظار مشتري باشد) اين نمودار كنترل مي‌تواند به عنوان نمودار مبنا استفاده شود و به اين ترتيب، كار اين مرحله به

پایان مي‌رسد. در غیر این صورت باید بانجام اقدام اصلاحي مناسب، فرآیند را توانا کرد. در این مرحله مي‌توان از نمودار پارتو، نمودار علت و معلول و نمودار تمرکز نقص ها به منظور توانمند کردن فرآیند کمک گرفت.




**شکل ۳: نمودار کنترل پس از حذف نقاط خارج از کنترل**

همان طور که قبلا نیز گفته شد، در میزان توانايي فرآيند، دو عامل انحراف معیار و میانگین فرایند، نقش اصلي را بر عهده دارند. کوچك کردن انحراف معیار فرآیند یا منطبق کردن میانگین فرآیند بر مقدار اسمي نقشه یا هر دو کار با هم مي‌تواند باعث افزایش مقدار توانايي فرآیند شود. پس اقدام اصلاحي باشد در جهت کاهش تغییرات یا انطباق میانگین باشد. تجربه نشان داده که در اکثر فرآیند هاي توليدي، انطباق میانگین فرآیند بر مقدار اسمي سهل الوصول تر است.

در این مرحله، مقایسه دو مقدار $C_p$ و $C_{pk}$ مي‌تواند کمك بزرگي باشد. اگر مقدار $C_p$ کوچکتر از حداقل مورد انتظار مشتري بود، بهتر است پراکندگي فرآیند را کاهش دهید.

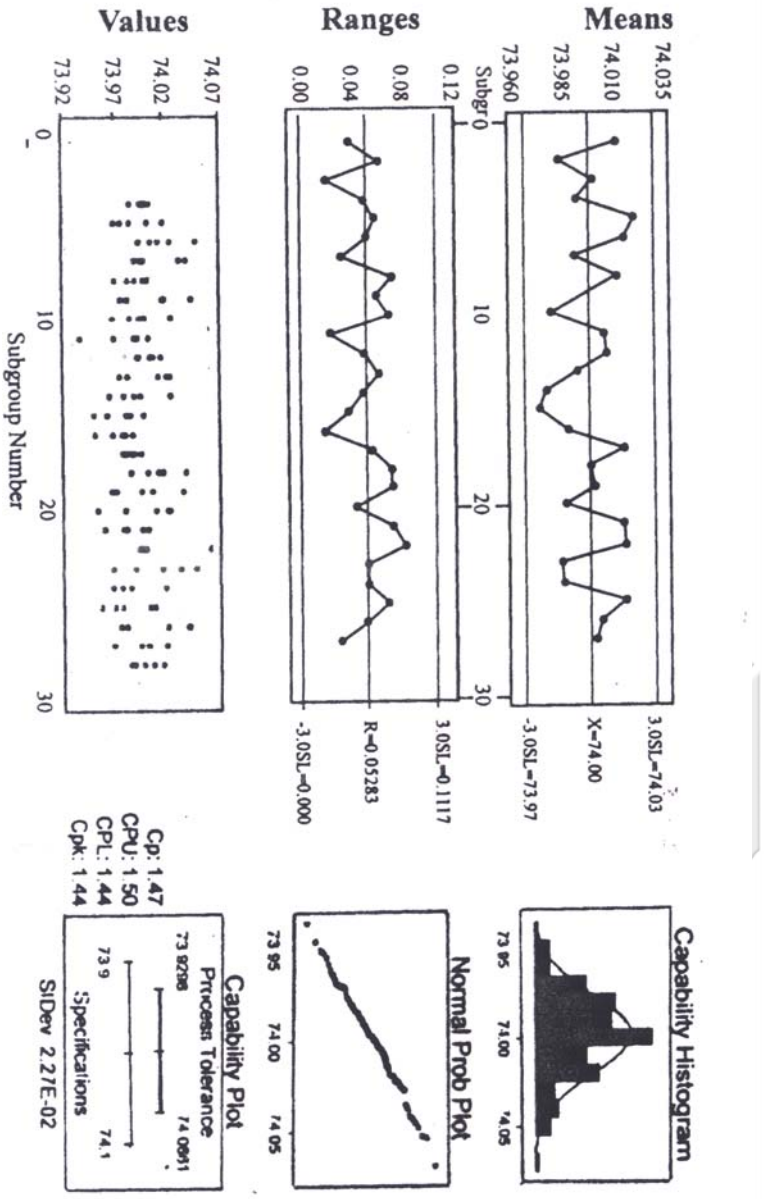
اگر $C_{pk}$ اختلاف فاحشي با $C_p$ داشت (اختلاف $C_p$ و $C_{pk}$ بیش از ۲۵ درصد مقدار $C_{pk}$ باشد) و مقدار $C_p$ نیز بزرگتر از حداقل مورد انتظار مشتري بود، بهتر است ابتدا میانگین فرآیند را بر مرکز حدود نقشه (یا مقدار هدف) منطبق کنید.

در شکل (شماره ۳) ملاحظه کردید که اختلاف $C_p$ با $C_{pk}$ قابل توجه است و مقدار $C_p$ نیز از حداقل مورد انتظار مشتري بزرگتر است. بنابراین با انجام اقدام اصلاحي که تغییر قرار فیکسچر دستگاه بود، میانگین فرآیند را بر مقدار اسمي نقشه یعني عدد ۷٤ منطبق مي‌کنیم.

پس از انجام اقدام اصلاحي، براي تهیه نمودار مبنا باید چهار مرحله قبل (نمونه گیري، محاسبه حدود اولیه و رسم نمودار، بررسي وضعیت نقاط روي نمودار کنترل و انجام اقدامات اصلاحي) را تکرار کنیم. سرانجام خروجي بخش (۲-۵) نمودار کنترل شکل (شماره ٤) است که دو خصوصیت تحت کنترل بودن و توانا بودن را دارد. بنابراین به عنوان نمودار مبنا پذیرفته مي‌شود.

در مثال ماشین کاري شفت، مشتري حداقل انتظار خود را $C_{pk} = 1.33$ بیان کرده که با انجام اقدام اصلاحي و تکرار چهار مرحله نمودار کنترل، شکل (شماره٤) به عنوان نمودار مبنا به دست آمده است.

در پایان این نکته را یادآور مي شویم که چنانچه توانايي فرایندي کمتر از حداقل مورد انتظار مشتري بود و انجام اقدام اصلاحي مورد نیاز نیز براي توانمند کردن فرآیند امکان نداشت (به علت هزینه زیاد یا وقت گیر بودن اقدام اصلاحي و ...) به منظور شناسایي بهبود فرآیند مي توانیم نمودار کنترل (ناتوان) را با شرط تحت کنترل بودن به جاي نمودار مبنا قول کنیم؛ اما در این حالت، خروجي فرآیند باید صد در صد بازرسي شود و در اولین فرصت، اقدام اصلاحي متقضي صورت پذیرد.




**شكل ٤: نمودار مبنا براي ماشينكاري قطر شفت**

## ٢-٦- اجراي كنترل آماري فرآيند

تا اين مرحله، نمودار كنترلي مبنا براي فرآيند تهيه شده است. اكنون نوبت آن رسيده است كه اين نمودارها به منظور شناسايي حالت هاي خارج از كنترل فرآيند (زمان بروز تغييرات اكتسابي) يا تشخيص بهبود در فرآيند ها، وارد خطوط توليد شوند.

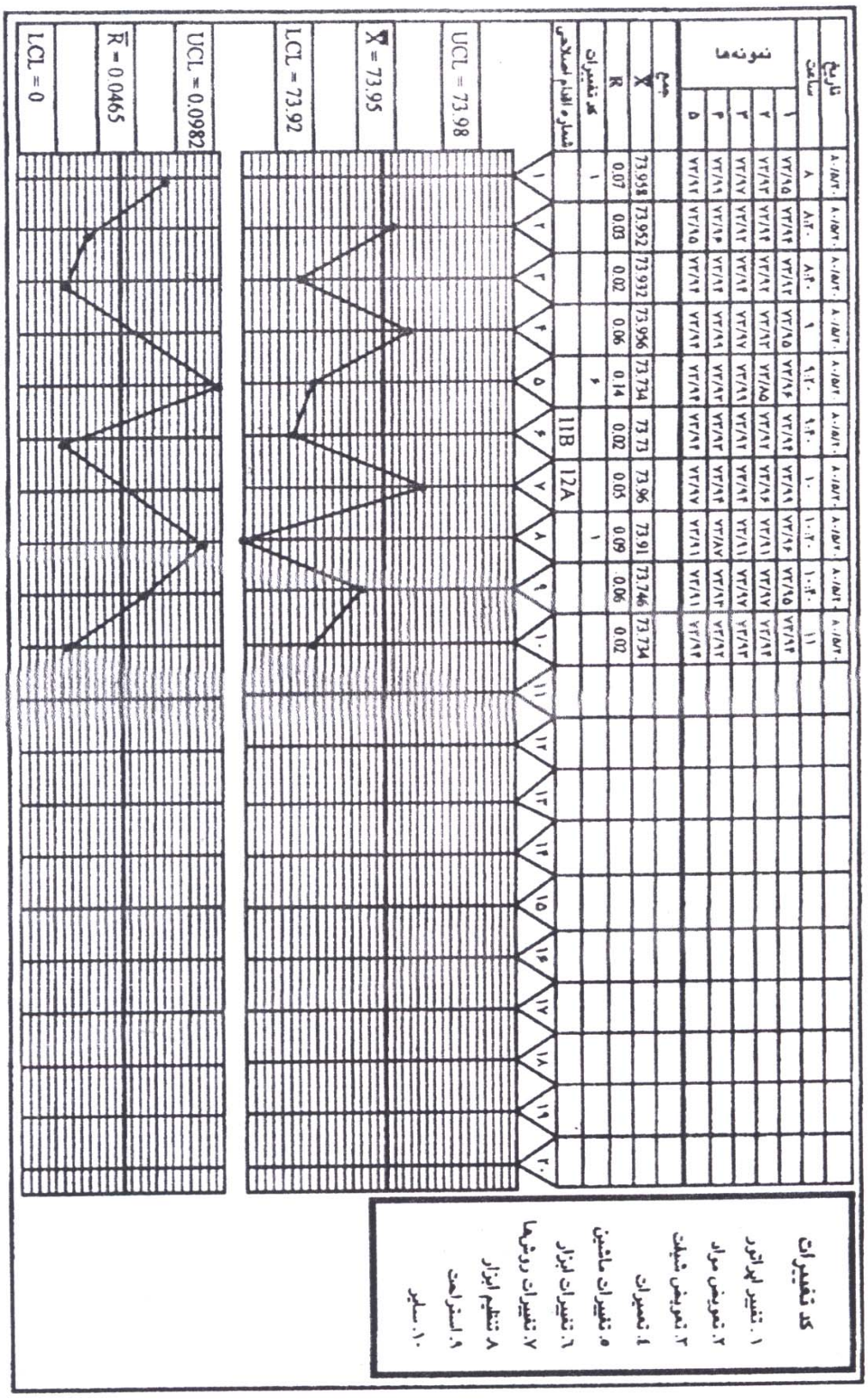
روش كار به شرح زير است:

- بسته به نوع نمودار كنترل (وصفي يا كمي) از فرم هاي مربوطه استفاده مي‌شود. قسمت بالاي فرم، شامل شماره قطعه، شرح فرآيند و ... را تكميل كرده، سپس حدود نمودارهاي كنترل مبنا را كه در مرحله قبل به دست آمده، در قسمت پايين فرم به صورت خطوط افقي ترسيم كنيد. اين فرم ها وارد خطوط توليد شده، در محل فرايند، جايي كه اپراتور بتواند آن را براحتي مشاهده كند، نصب مي‌شود.
- در زمان هاي كنترل، بايد نمونه هاي هر زير گروه پشت سر هم از فرآيند جمع آوري شوند و بهتر است در شروع كار سعي كنيد فاصله بين زمان هاي كنترل كوچك باشد. سپس محاسبات لازم را انجام داده، نقاط نظر آنها را در نمودار كنترل قرار دهيد.

در مثال شفت، در هر زمان كنترل، پنج نمونه پشت سر هم از فرآيند جمع آوري كرده، محاسبات لازم انجام شده و نقاط نظير آنها در نمودار كنترل ثبت شده اند. اين كار به شكل متوالي در زمان هاي كنترل تكرار شده و براي نمايش بهتر، نقاط به وسيله خطوط به يكديگر متصل شده اند.

در اينجا خوب است به قسمت كد تغييرات در فرم ها نيز اشاره كنيم. در قسمت كد تغييرات، در زمان نمونه گيري بايد كد كليه تغييراتي كه در فاصله دو نمونه برداري اتفاق افتاده ثبت شود. اين كدها براي شناسايي و حذف تغييرات اكتسابي به كار مي‌رود. به محض مشاهده شرايط خارج از كنترل در نمودارهاي كنترل، تيم بايد به بررسي فرآيند و شناخت تغييرات اكتسابي واقع شده بپردازد. كد تغييرات در اين قسمت مي‌تواند تيم مجري را در شناسايي تغيير اكتسابي ايجاد شده كمك كند. در پشت فرم هاي مربوطه محلي بايد تعبيه شود كه براي هر نقطه خارج از كنترل بايد به آن مراجعه و يك سطر آن را تكميل كرد.

شكل هاي (٥) و (٦) نتيجه اجراي اين گام ها را براي مثال ماشينكاري قطر شفت نشان مي‌دهد. در اين قدم توجه به اين نكته لازم است كه تعداد نمونه ها در هر زمان كنترل حتماً بايد با تعداد نمونه هاي هر زير گروه در زمان تهيه نمودار مبنا برابر باشد.




**شکل ۵: اجراي کنترل آماري فرآيند در خط توليد**

| شماره نقطه خارج از كنترل | علت بروز مشكل | شرح اقدام اصلاحي | شماره اقدام اصلاحي | مسئول رفع عيب | تاريخ اقدام اصلاحي | ساعت اقدام اصلاحي |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ٥ | تعويض ابزار ماشينكاري | استفاده از ابزار برش مناسب | ١١B | تعميرات | ٨٠/٥/٢٠ | ٩ :٣٠ |
| ٨ | عدم تسلط اپراتور جديد | آموزش لازم به اپراتور توليد داده شد | ١٢A | سرپرست توليد | ٨٠/٥/٢٠ | ١٠: ٢٥ |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

**شكل ٦: نحوه برخورد با حالت هاي خارج از كنترل**

در ادامه مطالب، به دو موضوع باقيمانده و تكميل كننده اين قدم اشاره مي‌كنيم:

١ـ شناسايي شرايط بهبود فرآيند ها به وسيله نمودارهاي كنترل

در ابتداي اين قدم اشاره كرديم كه هدف از به كار بردن نمودارهاي كنترل در خطوط توليد، شناسايي حالت هاي خارج از كنترل فرآيند (زمان بروز تغييرات اكتسابي) يا تشخيص بهبود در فرآيند هاست. در اين قسمت توضيح ميدهيم كه اگر در فرآيند ها بهبودي حاصل شده باشد، انواع نمودارهاي كنترل چگونه آن را نمايش ميدهند.

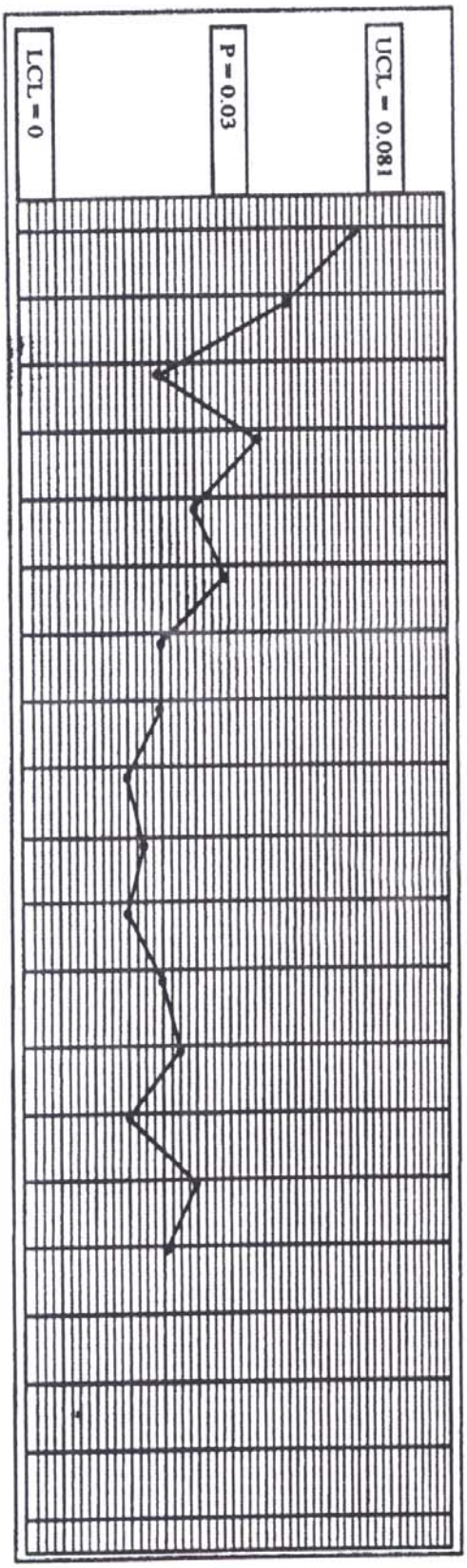
S.G.S.Co.

**الف- نمودارهاي وصفي**

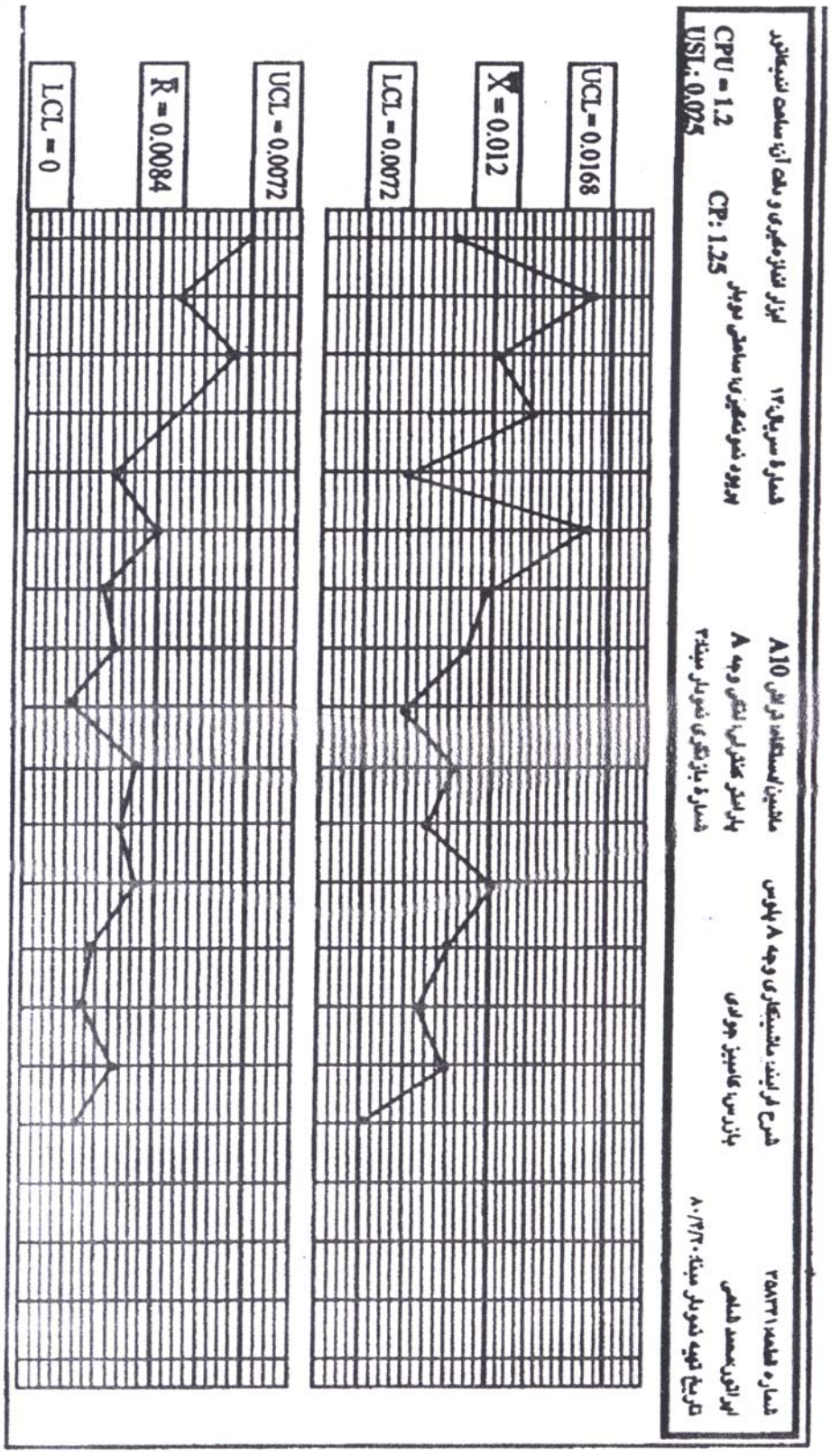
اگر از نمودار وصفي استفاده مي كنيد و در فرايند، بهبودحاصل شده، نقاط به سمت حد پايين كنترل (LCL) حركت مي‌كنند. اين حالت در شكل (شماره٧) نمايش داده شده است.

**ب- نمودارهاي كنترل با شاخص توانايي $C_{pu}$**

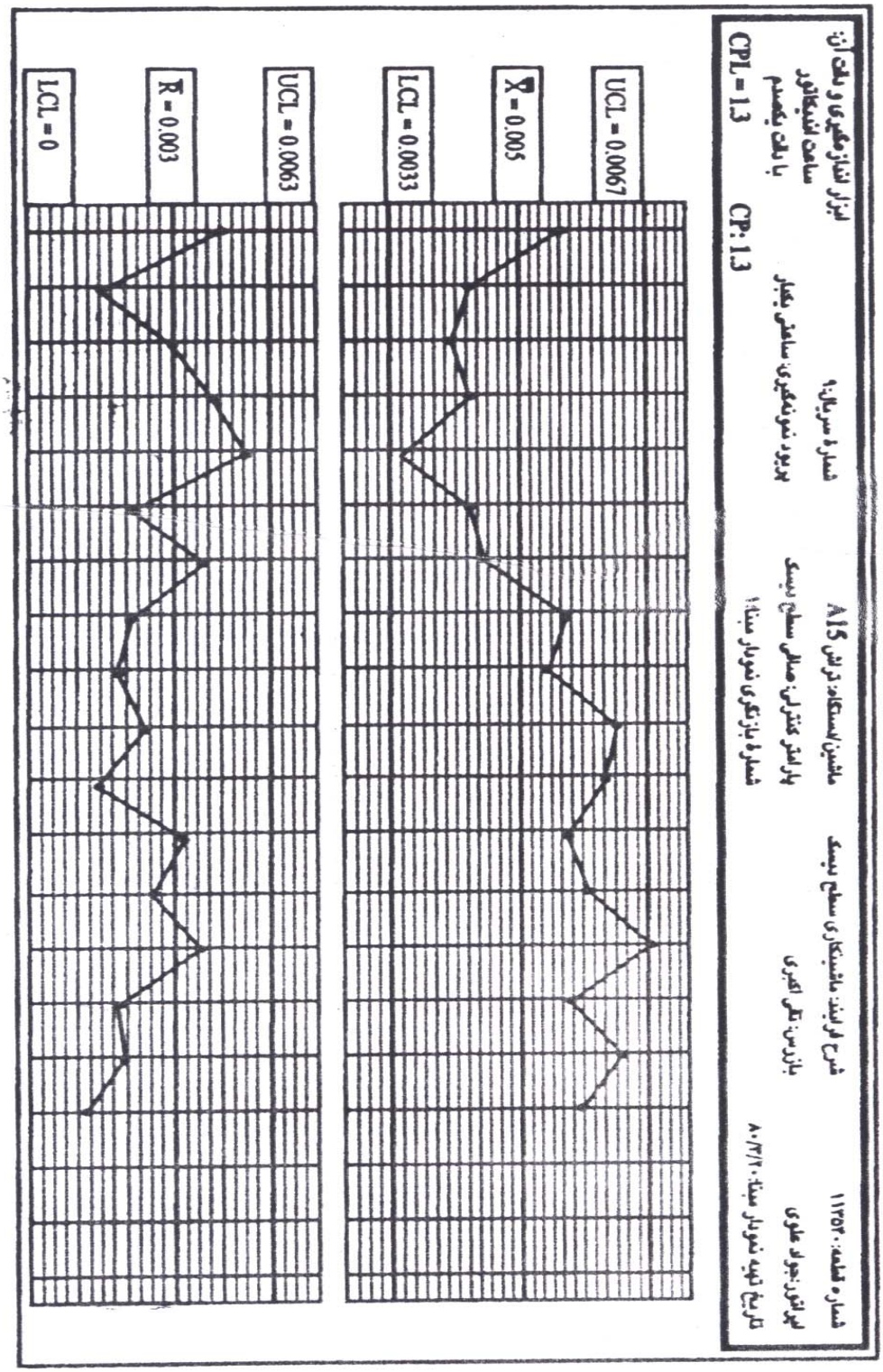
اگر در اين گونه فرآيند ها، بهبود حاصل شده باشد،نقاط در نمودار $\overline{X}$ به سمت حد پايين حدود كنترل، و نقاط در نمودار R به سمت حد پايين حدود كنترل حركت مي‌كنند يا اينكه هر دو حالت با هم اتفاق مي افتد. اين حالت در شكل (شماره٨) نمايش داده شده است.




**شكل ۷: شناسايي بهبود فرايندهاي وصفي به وسيله نمودار كنترل**




**شکل ۸: شناسايي بهبود فرايندها با شاخص توانايي cpuبه وسيله نمودار کنترل**




**شکل ۹: شناسايي بهبود فرآيند ها با شاخص توانايي cpl به وسيله نمودار كنترل**

**پ- نمودار کنترل با شاخص توانايي $C_{pl}$**

در صورت بهبود در اين گونه فرايندها، نقاط در نمودار $\overline{X}$ به سمت حد بالاي حدود كنترل، و نقاط در نمودار R به سمت حد پايين حدود كنترل حركت مي‌كنند يا اينكه هر دو حالت با هم اتفاق مي افتد. اين حالت در شكل (شماره ۹) نمايش داده شده است.

**ت- نمودارهاي كنترل $(I,MR)-(\overline{X},S)-(\overline{X},R)$ با شاخص توانايي $C_{pk}$**

در صورت بهبود در اين گونه فرايندها نقاط داخل نمودار $\overline{X}$ به سمت انطباق ميانگين فرآيند بر مقدار اسمي نقشه، يا نقاط داخل نمودار R (يا S) به سمت حد پايين حدود كنترل حركت مي‌كنند يا اينكه هر دو حالت با هم اتفاق مي افتد. اين حالت در شكل (شماره ۱۰) نمايش داده شده است.

نكته آخر و اساسي در بهبود فرايندها، اين است كه مطمئن شويم بهبود، دائمي است و علت بهبود را نيز دريافته ايم.

۲ـ نحوه بروز كردن نمودارهاي كنترل

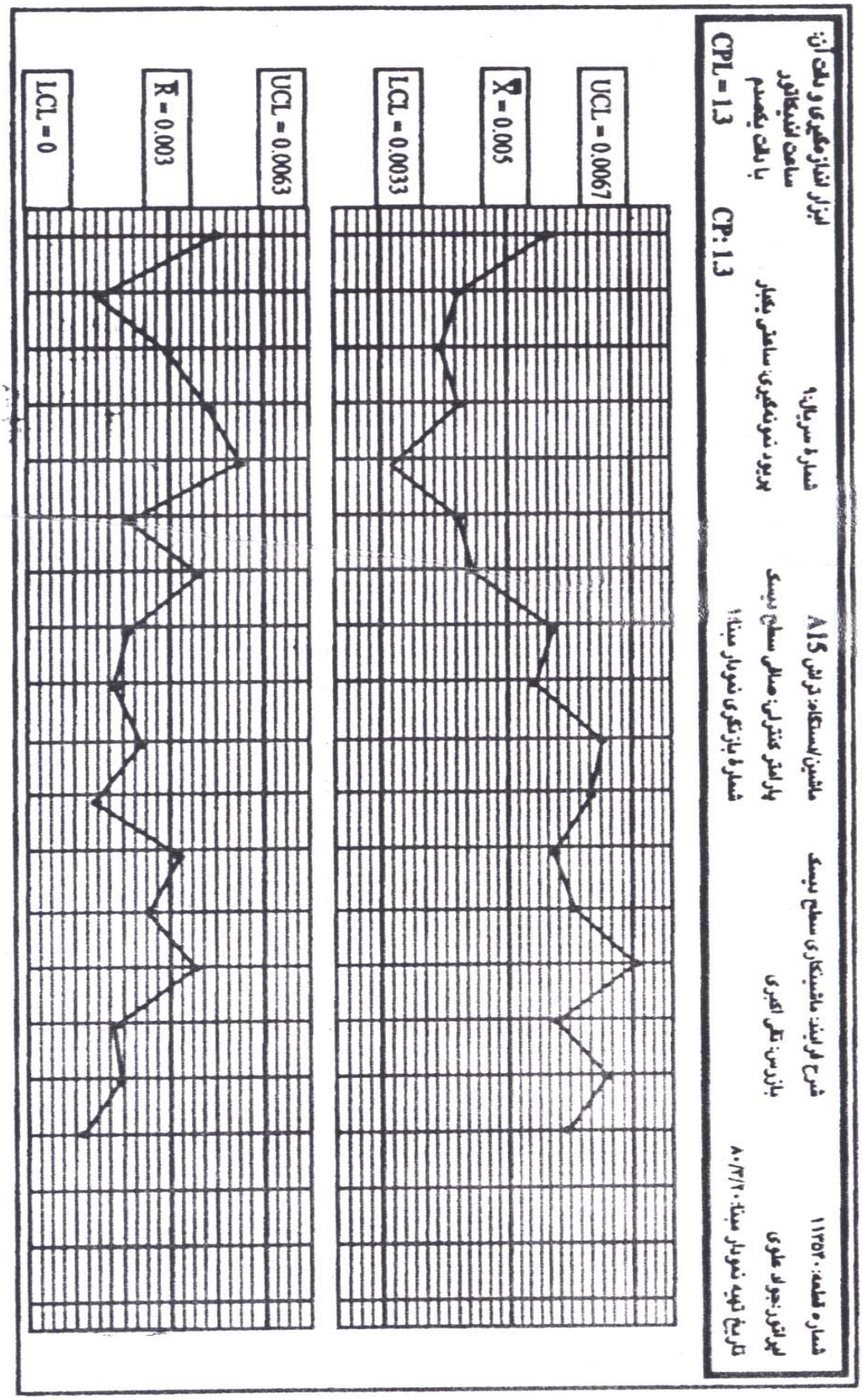
حدود كنترل نمودار مبنا، دائمي نيستند و بايد به روز شوند. زماني نمودارهاي كنترل مبنا را به روز مي‌كنيم كه تغييري دائمي در ميانگين يا واريانس فرآيند يا هر با هم، صورت گرفته باشد كه اثر اين تغييرات با حركت پايدار نقاط به سمت بالا يا پايين خط مركزي (CL) در نمودارهاي كنترل قابل رؤيت است.

نكته بسيار در خور توجه اين است كه تغييرات ميانگين و واريانس فرآيند مي‌تواند مطلوب يا نا مطلوب باشد. چنانچه تغييرات ميانگين و واريانس در جهت بهبود فرايندها باشد، حالت مطلوبي است، اما اگر تغييرات ميانگين و ورايانس خلاف جهت بهبود فرايندها باشد، حالت نامطلوبي مي‌شود. در حالت نا مطلوب بايد حتي الامكان تغيير اكتسابي به وجود آمده را حذف كرد تا فرآيند به وضعيت اوليه باز گردد. شكل (شماره ۱۱) يك نمودار كمي و شكل (شماره ۷-۱۲) يك نمودار كنترل وصفي را نشان مي‌دهد كه بايد بروز شوند.

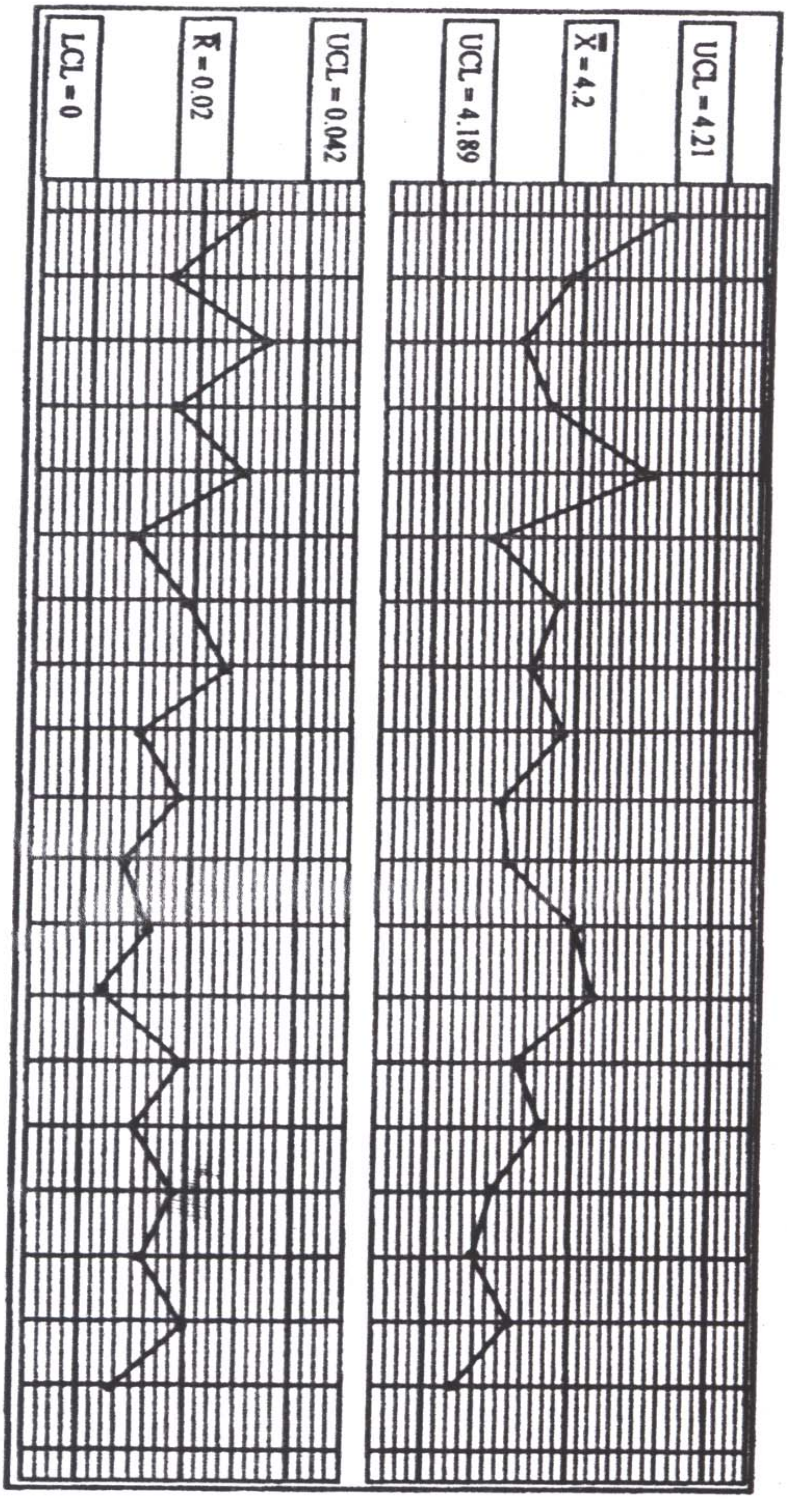
**۲-۷- استفاده از SPC به منظور كنترل فرآيند**

تا اين مرحله، نمودارهاي كنترل در خطوط توليد جاري شده اند و تغييرات اكتسابي فرآيند شناخته و حذف شده اند. اكنون زمان آن رسيده كه در روش بازرسي قبلي تجديد نظر كرده، دستورالعملي براي كنترل فرايند، با لحاظ كردن SPC در آن، تهيه كنيم. نكته اصلي در تهيه دستورالعمل كنترل اين است كه فاصله زماني بين دو نمونه برداري و تعداد نمونه هاي را در هر زمان كنترل مشخص كنيم.

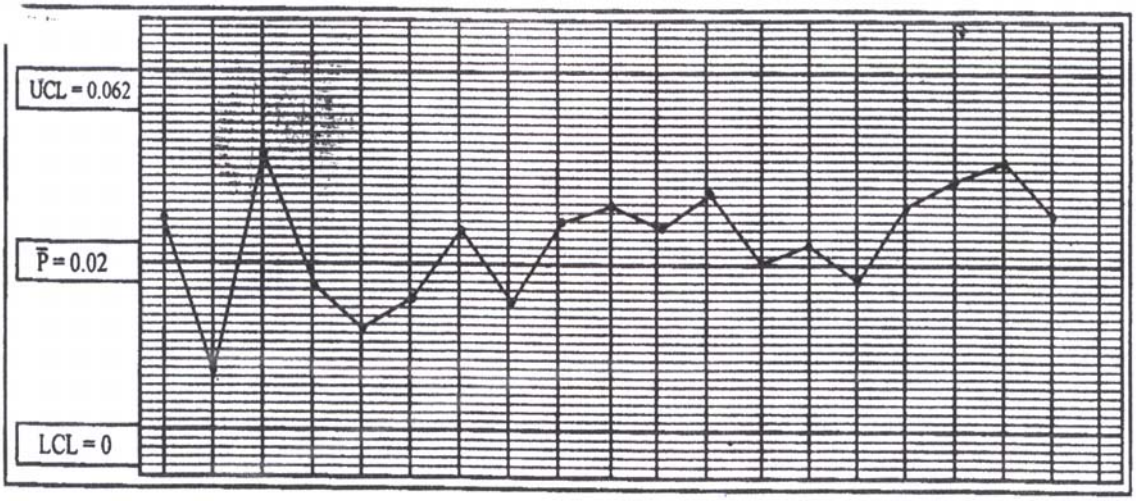
S.G.S.Co.




**شکل ۱۰: شناسايي بهبود فرآيند ها با شاخص توانايي $C_{PK}$ به وسيله نمودار كنترل**




**شكل ١١: نمودار كنترل كمي كه بايد به روز شود (حالت مطلوب)**




**شكل ۱۲: نمودار كنترل وصفي كه بايد به روز شود (حالت نامطلوب)**

براي شروع، در كنترل كمي، مقدار توانايي فرآيند و در كنترل هاي وصفي، مقدار خط مركزي (CL) را با حداقل انتظار مشتري مقايسه مي‌كنيم كه دو حالت پيش خواهد آمد.

**حالت اول: مقدار توانايي فرآيند از حداقل مورد انتظار مشتري كوچك تر است.**

در اين حالت مي توانيم از SPC به عنوان ابزاري براي شناخت فرآيند استفاده كنيم؛ ولي چون مقدار ضايعات فرآيند (ضايعات فرآيند با مقدار توانايي فرآيند ارتباط مستقيم دارد كه در ادامه مطالب، آن را بررسي خواهيم كرد) زياد است، خروجي فرآيند بايد به صورت صد در صد كنترل شود. بنابراين در اين حالت، اندازه نمونه همان اندازه زير گروه هاي نمودار مبناست و چون كنترل به صورت ۱۰۰ درصد اعمال مي‌شود، فاصله زماني بين دو نمونه برداري معنايي ندارد و مي توانيم از همان نتايج كنترل، استفاده كرده، اطلاعات را وارد نمودار مبنا كنيم.

**حالت دوم: مقدار توانايي فرآيند از حداقل مورد انتظار مشتري بزرگ تر است**

در اين حالت، اندازه نمونه همان اندازه زير گروه هاي نمودار مبنا خواهد بود. در تعيين فاصله زماني بين دو نمونه برداري، دو عامل مقدار توانايي فرآيند و نرخ توليد، نقش اصلي را ايفا مي‌كنند. مقدار توانايي فرآيند با فاصله زماني دو نمونه برداري ارتباط مستقيم، و نرخ توليد با فاصله زماني دو نمونه برداري ارتباط معكوس دارد، به اين معنا كه با افزايش نرخ توليد بايد فاصله زماني بين دو نمونه برداري كوچكتر، و با افزايش توانايي فرآيند، فاصله زماني بين دو نمونه برداري بزرگ تر شود. براي تعيين فاصله زماني بين دو نمونه برداري،دو راه وجود دارد. يكي اينكه تيم مجري SPC با توجه به دو

عامل گفته شده و استفاده از سوابق موجود و نيز مشورت با افراد خبره (مدير توليد، مدير كنترل كيفيت و ...) آن را تعيين كند و ديگر اينكه با استفاده از فرمول هاي رياضي تحت عنوان «روش هاي ARL» كه در مراجع مختلف به آنها اشاره شده، اين زمان مشخص شود.

در مثال قطر شفت كه توانايي فرآيند از حداقل انتظار مشتري $C_{PK}$ = 1.33 بزرگ تر بود، تيم مجري، اندازه نمونه را ٥ و زمان بين دو نمونه برداري را ٢٠ دقيقه تعيين كرده است.

جدول (شماره١) ارتباط $C_{PK}$ و مقدار ضايعات را نشان مي‌دهد. اين جدول مي‌تواند مشتري را براي تعيين حداقل توانايي مورد انتظار كمك كند. در طراحي اين جدول، دو فرض در نظر گرفته شده است. اول اينكه توزيع فرآيند نرمال باشد و دوم اينكه ميانگين فرآيند بر مقدار اسمي نقشه منطبق باشد. در صورت برقرار نبودن دو فرض فوق، رابطه بين مقدار $C_{PK}$ و ضايعات بايد محاسبه شود (نرم افزارهاي آماري اين محاسبات را انجام مي‌دهند.)

**جدول ١: رابطه بين $C_{PK}$ و مقدار ضايعات**

| مقدار ضايعات PPM | $C_{pk}$ | مقدار ضايعات PPM | $C_{pk}$ |
|---|---|---|---|
| ٦٤ | ١/٣٣ | ٦٢٠/١٣٣ | ٠/٥ |
| ٢٦ | ١/٤ | ٨٦٠/٧١ | ٠/٦ |
| ٧ | ١/٥ | ٧٣٠/٣٥ | ٠/٧ |
| ٢ | ١/٦ | ٣٩٦/١٦ | ٠/٨ |
| ٣٤٠PPB$^2$ | ١/٧ | ٩٣٤/٦ | ٠/٩ |
| ٦٠ | ١/٨ | ٧٠٠/٢ | ١ |
| ١٢ | ١/٩ | ٩٦٦ | ١/١ |
| ٢ | ٢ | ٣١٨ | ١/٢ |
| | | ٩٦ | ١/٣ |

S.G.S.Co.

در انتها لازم است به منظور كمك به تهيه دستورالعمل، به روش كنترل فورد اشاره كنيم. حداقل توانايي فرآيند مورد نياز شركت فورد، ١/٣٣ است (جدول ٧-٢).

### ٢-٨- تواناسازي فرآيند (در صورت لزوم)

در زمان تهيه نمودار مبنا اگر نتوانستيم مرحله توانمند كردن فرآيند را به علت هزينه زايي يا زمان بر بودن اجرا كنيم و در مقطعي، تصميم به توانا سازي فرآيند گرفتيم، به اين گام مراجعه مي‌كنيم. در اين مرحله لازم است بعد از اتمام توانمند كردن فرآيند (حذف تغييرات ذاتي) بخش هاي (٢-٤) تا (٢-٧) را تكرار كنيم. مثلا در شركت توليدكننده اي مشخصه ارتفاع لبه يك قطعه پرسي براي اجراي SPC در نظر گرفته شده بود. نمودار تهيه شده علاوه بر تحت كنترل بودن بايد توانا باشد كه در اين فرايند، خصوصيت دوم وجود نداشت. تيم مجري تشخيص داد كه براي توانمند كردن فرايند، تعمير

اساسي قالب ضرورت دارد،اما اين كار زمان بر بود. توليد كننده با توافق مشتري شروع به توليد كرد. خروجي اين فرآيند به صورت بازرسي ۱۰۰ درصد كنترل مي‌شد و SPC نيز به عنوان ابزاري براي شناخت فرآيند به كار مي‌رفت. در يك مقطع زماني كه توليد كننده از سفارش هاي خود جلو افتاد، تصميم به تعمير قالب و در نتيجه، توانمند سازي فرآيند گرفت. پس از تعمير قالب براي اجراي SPC ديگر نمي شد از نمودار كنترل قبلي استفاده كرد و از اين رو به منظور اجراي SPC بخش هاي (۲-٤) تا (۲-۷) را تكرار كردند.

در انتهاي اين مرحله دوباره تاكيد مي‌كنيم كه براي هر فرآيند انتخاب شده، اين هشت گام بايد تكرار شود.

**جدول ۲-چگونگی تفسیر نمودار کنترل در فرآیند و اتخاذ عکس العمل (نیازمندی های خاص شرکت فورد)**

| آخرین نقطه در نمودار کنترل نشان می دهدکه فرایند: | اقدام در مورد خروجی فرایند بر اساس توانایي فرايند ($C_{PK}$) | | |
|---|---|---|---|
| | $C_{PK} < 1.33$ | $1.33 < C_{PK} < 1.67$ | $C_{PK} < 1.67$ |
| تحت کنترل است | بازرسی ۱۰۰ درصد | محصول را بپذیرید | محصول را بپذیرید |
| در جهت نامطلوب از کنترل خارج شده، اما تمام اقلام نمونه در حدود نقشه هستند. | بازرسی ۱۰۰ درصد | تمام محصولات تولید شده بین نقطه قبل تا این نقطه را بازرسی ۱۰۰ درصد کرده، علت را پیدا و رفع کنید | علت اصلی را پیدا کرده، آن را رفع کنید، اما محصول را بپذیرید. |
| از کنترل خارج شده و چند قلم از نمونه خارج از حدود نقشه هستند. | بازرسی ۱۰۰ درصد | علت را پیداکرده، آن را رفع کنید و تمام محصولات تولید شده بین نقطه قبل تا این نقطه را بازرسی ۱۰۰ درصد کنید | علت را پیداکرده، آن را رفع کنید و تمام محصولات تولید شده بین نقطه قبل تا این نقطه را بازرسی ۱۰۰ درصد کنید |

**انتخاب نمودار کنترل و مشخصه مناسب برای کنترل فرآیند**

**مقایسه نمودارهای وصفی و کمی**

| نمودارهای کمی | نمودارهای وصفی |
|---|---|
| مشخصات قابل اندازه گیری (طول) | مشخصات غیر قابل قابل اندازه گیری (رنگ) |
| تنها یک مشخصه را مورد بررسی قرار می دهد | قادر است ترکیبی از چند مشخصه رامورد بررسی قرار دهد |
| به محاسبات بیشتری نیاز دارد | ابزار ساده ای است |
| اطلاعات را با جزئیات زیاد در اختیار ما قرار می هد | اطلاعات کلی در اختیار ماقرار میدهد |
| اندازه نمونه های کوچکتر مورد استفاده قرار می گیرد | اندازه نمونه بزرگتر است |
| زمان و هزینه بیشتری صرف می کند | بازرسی ارزان وسریع است |
| می تواند اطلاعاتی برای پیشگیری از ضایعات تولید در اختیار بگذارد | نمی تواند قبل از تولید اطلاعی در مورد ضایعات بدست بدهد |

# فصل ۴

## ارزيابي اجراي SPC

S.G.S.Co.

**چگونگی تشخیص نیاز به رفع عیب سیستم SPC**

زمانی که یک سیستم SPC به درستی عمل نمی کند، احتمالاً یک چند مورد از علائم زیر را در آن مشاهده خواهید کرد:

- نرخ خرابی بسیار متغیر
- بهره وری بسیار متغیر
- وجود خطاهای محاسباتی مکرر در مراحل محاسباتی SPC
- بالا بودن هزینه اجرای SPC
- عدم پذیرش و همکاری با نمایندگان مشتری یا ممیزان کیفیت در زمان ممیزی سیستم SPC از طرف تولید
- ابزار شکایت از طرف کارکنان به دلیل اجبار در اجرای SPC
- پایین بودن قابلیت فرایندها
- مشاهده حالت خارج از کنترل در اغلب نمودارهای کنترلی
- تنظیمات مکرر فرایند

هر یک از این علائم ممکن است نشانه ای از عدم همخوانی با سیستم SPC باشد و اگر چند حالت از موارد یاد شده به طور همزمان رخ دهند، به احتمال بسیار زیاد سیستم SPC با مشکلات عدیده ای روبه روست و نیاز به رفع اشکال جدی دارد. این علائم، می تواند در ارتباط با کلیه نمودارهای کنترل پدید آیند.

تغییرات زیاد در بهره وری و نرخ ضایعات، مواردی هستند که استفاده از SPC برای پیشگیری از آنها پیشنهاد می شود. در صورتی که هر یک از علائم یاد شده در فرایندی که با سیستم SPC کنترل می شود مشاهده شود، می توان نتیجه گرفت که این سیستم به هیچ وجه کارا نیست. در شرایط دیگر، مخصوصاً زمانی که هزینه اجرای SPC بالا باشد، وجود این علائم نشان دهنده اجرای SPC برای پارامتری است که نیازی به این سیستم ندارد. SPC در خصوص پارامترهای فرایند، مثل : فشار هوا، دما، سرعت تخلیه، ضربه و زمان گرمایش، به طور بسیار موثری عمل می کند. زمانی که از SPC برای مشخصات محصول به عنوان بررسی و شناخت فرایند استفاده می شود، باید به این نکته مهم توجه کنید که اندازه گیری ها بلافاصله پس از ساخت آن مشخصه صورت گیرد. در تولید پیوسته، انجام اندازه گیری و تنظیم فرایند چندین ساعت پس از تولید محصول، هیچ سودی ندارد.

اشتباهات در اجرای SPC نتیجه گیری های نامطلوب ارزیابی ها و مقاومت کارکنان، عمدتاً ناشی از آموزش ناکافی یا آموزش به افراد غیر مسئول است. باید توجه داشت که تنها کارگر دستگاه نیازمند آموزش SPC نیست بلکه سرپرست تولید، مهندسان و مدیران نیز از جمله افرادی هستند که به آموزش در این زمینه نیاز دارند. افراد مسئول اگر درک صحیحی از SPC نداشته باشند، حمایت های آنها نیز ظاهری بوده و SPC بدون حمایت همه جانبه این افراد نمی تواند عملی شود.

تعداد زیاد نقاط خارج از کنترل، قابلیت فرایند پایین و خارج از کنترل شدن مداوم فرایند، بیانگر این نکته است که اجرای سیستم SPC درست آغاز نشده و یا در حین اجرا از مسیر صحیح خود منحرف

شده است. این حالات زمانی رخ می دهند که یک شرکت، SPC را ابتدا با نمودارهای کنترل شروع کرده باشد. برای اجرای صحیح یک پروژه SPC، باید قبل از تهیه نمودارهای کنترل، علل قابل تشخیص ایجاد تغییرات را شناسایي و حذف کرد. این کار نیازمند شناخت کامل فرایند و انجام کار عملی برای شناسایي علل قابل تشخیص است. پس از مشخص شدن این علت ها می توان اقدامات اصلاحی لازم را برای از بین بردن کامل آنها انجام داد. بعد از این مرحله، باید تحت کنترل بودن و پایداری فرایند را بررسی کرد. برای شروع می توانید SPC را به صورت آزمایشی در یک فرایند اجرا کنید. اگر فرایند بعد از ۲۵ تا ۳۰ نمونه، تحت کنترل بود و روند، الگوی تکراری و یا نقاط خارج از کنترلی در آن مشاهده نشد، می توان قضاوت کرد که فرایند شما پایدار است. تنها بعد از حصول اطمینان از حذف علل تغییرات و پایداری فرایند است که می توان نمودارهای کنترل را ترسیم کرد.

مجری SPC، باید دارای دانش و اختیار لازم برای تحت کنترل درآوردن فرایند باشد، چرا که این عمل باید بلافاصله پس از مشاهده شرایط خارج از کنترل صورت گیرد. اگر مجری SPC کار اجرا یا تحت کنترل در آوردن فرایند را به شخص دیگری واگذار کند، ممکن است کار تنظیم و تحت کنترل در آوردن فرایند به تاخیر افتاده و تا مدتی در شرایط خارج از کنترل به تولید محصول ادامه دهد.

حالات و علائم مورد اشاره در ابتدای این فصل، ممکن است به علت وسعت زیاد فعالیت های SPC و یا مشکلات فراوان در اجرای آن نیز به وجود آید. البته بروز تمام مشکلات یاد شده در ابتدای اجرای این شیوه، امری بدیهی است و نبود آنها به معنای عدم وجود آنها از ابتدا نیست. بلکه شاید به این معنی باشد که مشکلات در ممیزی های داخلی مشخص شده و از بین رفته اند. اگر شرکت شما دارای گواهینامه ISO 9000 یا QS 9000 باشد، حتماً با نحوه اجرای ممیزی داخلی آشنا هستید.

البته گاهی اوقات مشکلات بسیار مخفی بوده یا در محدوده ای خاص بروز می کنند. به همین دلیل، سیستم های SPC نیاز به ارزیابی زود به زود و مستمر دارند. ارزیابی های سالانه یا شش ماهه نمی توانند مسائل ظریف را حل کنند. برای مشخص شدن این نوع مشکلات باید ارزیابی های دوره ای به صورت ماهانه یا دوماهانه انجام گطرد. همچنین ارزیابی ها باید در دو سطح سیستم SPC و نمودارهای SPC صورت پذیرند.

**ارزیابی سیستم SPC**

ارزیابی سیستم SPC شامل بررسی دوره ای قابلیت فرایند، هیستوگرام ها و ممیزی اثربخشی آموزش هاست.

مقدار قابلیت فرایند (CpK) باید برای همه فرایندها به طور ماهانه بررسی شود. شناسایی فرایندهایي که قابلیت پایینی دارند، برای انجام به موقع اقدامات اصلاحی مورد نیاز، اهمیت بسیاری دارد. این کار حتی در زمانی که فرایند تحت کنترل است می بایستی اعمال شود. تا زمانی که کاهشی در مقادیر CpK هر فرایند مشاهده نشود، مشکل خاصی در ارتباط با سیستم CpK وجود نخواهد داشت، اما روند نزولی CpK نشان می دهد که برخی کارها به درستی انجام نمی شوند.

هیستوگرام فرایند نیز باید به صورت دوره ای و با استفاده از اطلاعات جاری، بررسی شود. در این مرحله، تغییر در چولگی یاکشیدگی فرایند چندان مورد توجه نیست، اما تغییر در نوع توزیع فرایند

(تبدیل توزیع نرمال به چند متغیره) باید اصلاح شود. این اصلاحات می توانند از بروز مشکلات آتی جلوگیری کنند.

اثر بخشی آموزش نیز باید بررسی شود. یکی از راه های اندازه گیری میزان اثربخشی آموزش SPC، گرفتن امتحان کتبی از افراد آموزش دیده است. سوالات این امتحان باید بر حسب موقعیت وسطح آموزش افراد طراحی شود. راه دیگر برای اندازه گیری اثربخشی آموزش، مشاهده نحوه فعالیت های افراد به هنگام اجرای SPC است.

**ارزیابی نمودارهای SPC**

ارزیابی در سطح نمودارها، در واقع بررسی نمودارهای SPC به منظور شناخت اشکلات و بررسی کمبودهاست. بعضی  از شرکت ها برای این منظور فهرست بررسی (چک لیستی) تهیه کرده اند.

اشتباه در تخمین تعداد نمونه، محاسبات یا ترسیم نقاط، ناشی از آموزش نادرست یا ناکافی است. نمودارهای کنترلی که به روز نیستند و یا توانايي مشخص کردن زمان انجام اقدامات اصلاحی را ندارند، معرف بی نظمی در سازمان هستند و برای رفع این بی نظمی حتماً می بایستی اقدامات لازم صورت پذیرد.

مزیت پیگیری اشکالات اجرای SPC در این است که به مجریان این روش کمک می کند تا نیازهای آموزشی یا بهبود آموزشی کنونی را مشخص سازند. اگر نمودار پارتو مربوط به اشکالات اجرای SPC را ترسیم کنیم، آشکار می شود که چه قسمت هايي نیازمند آموزش هستند. پیگیری تعداد اشتباهات هر شخص، می تواند برای مشخص کردن نیازهای آموزشی آتی او و دیگران کمک موثری باشد. زمانی که اجرای SPC به درستی آغاز شود و ادامه یابد، نمودارهای کنترل در اغلب اوقات تحت کنترل خواهند بود. در نتیجه از میزان اقدامات اصلاحی کاسته می شود، نسبت نقص ها تقلیل می یابد و هزینه اجرای SPC کاهش خواهد یافت .

S.G.S.Co.

**نشانه ها و دلائل بروز مسائل سیستم SPC**

| | |
|---|---|
| اشتباهات محاسباتی مکرر و یا حدود کنترل غلط | ✸ آموزش غیر کافی و نامناسب SPC<br>✸ زمان غیر کافی برای انجام SPC<br>✸ اطلاعات غیر کافی برای محاسبات صحیح |
| عدم پاسخگويي و واکنش نشان ندادن در برابر نمودارهای کنترلی | ✸ عدم مشاهده نمودار کنترل در بستر تولید<br>✸ درک ناقص از فرایندی که کنترل می شود<br>✸ عدم آموزش افراد مناسب<br>✸ عدم انجام SPC توسط افراد مناسب<br>✸ رسم کننده نقاط بر روی نمودار همان کسی نیست که مسئولیت تنظیم فرایند را برعهده دارد |
| وجود تعداد بسیار زیاد نمودار کنترلی در فرایند | ✸ روش انتخاب پارامترهای نیازمند SPC، غلط است.<br>✸ SPC به جای متغیرهای فرایند، روی مشخصه های محصول انجام می پذیرد |
| هدف از اجرای SPC و روش اجرای آن در قسمتهای مختلف سازمان متفاوت است. | ✸ سیاست ها و رویه های SPC، مکتوب و استاندارد نشده است.<br>✸ تمام کارکنان SPC، توسط یک نفر و با یک روش واحد آموزش ندیده اند. |

**نشانه های وجود پراکندگی زیاد در فرایند و علل بروز آنها**

| علامت | علت |
|---|---|
| خارج شدن مکرر نقاط از حدود کنترل | ✸ حدود کنترل اشتباه محاسبه شده اند<br>✸ R&R ضعیف گیج<br>✸ علل قابل تشخیص تغییرات، قبل از رسم نمودارها حذف نشده اند.<br>✸ توزیع فراوانی، دارای کشیدگی زیاد است.<br>✸ عدم شناخت کافی از فرایندی که کنترل می شود |
| نقض مکرر قوانین و سترن الکتریک در فرایند | ✸ توزیع داده ها، غیر نرمال است<br>✸ علل قابل تشخیص تغییرات، قبل از رسم نمودار برطرف نشده اند<br>✸ R&R ضعیف گیج |

S.G.S.Co.

## نشانه ها و علل انحراف از میانگین مکرر

| علامت | علت |
|---|---|
| میانگین فرایند بر مرکز حدود کنترل منطبق نیست | ✸ میانگین فرایند نسبت به آخرین محاسبه حدود کنترل، تغییر کرده است.<br>✸ حدود کنترل بر اساس داده های ناقص محاسبه شده اند<br>✸ حدود کنترل غلط محاسبه شده اند. |
| فرایند، حدود کنترل را رعایت می کند، ولی تغییرات مکرر در میانگین فرایند رخ می دهد | ✸ یکی از پارامترهای فرایند که بر میانگین تاثیر می گذارد، مکرراً تغییر می کند (مثلاً تغییر مواد یا تعویض ابزار)<br>✸ تغییرات متعددی در روش یا کارکنان اندازه گیری رخ می دهد |
| میانگین فرایند تدریجاً تغییر می کند | ✸ برخی از ابزار آلات و تجهیزات در طول زمان فرسوده می شوند<br>✸ تغییرات تدریجی محیطی در حال رخ دادن است.<br>✸ پارامتر فرایند به تدریج در حال تغییر است |

## اقدامات اصلاحی موثر

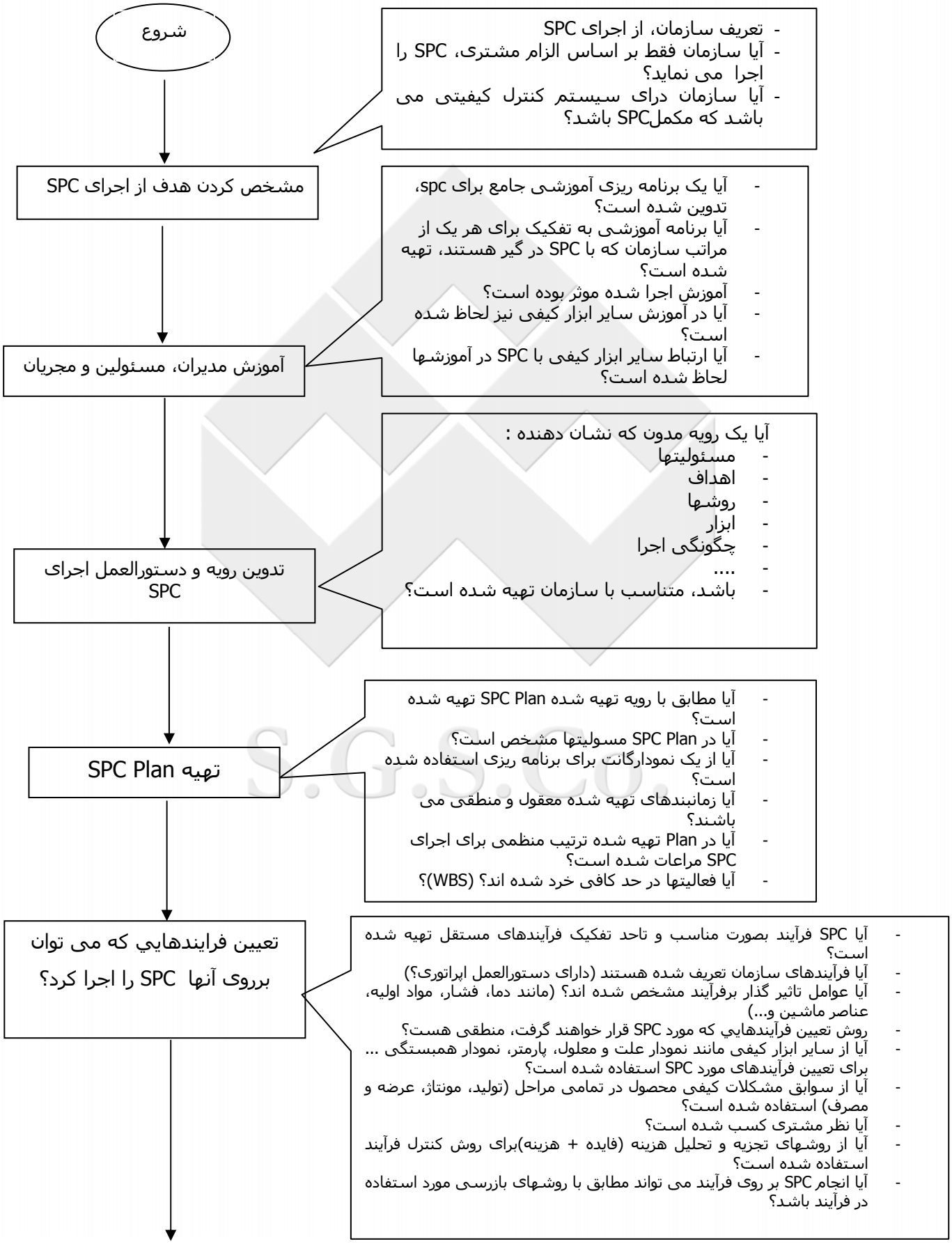
| مشکل | اقدامات اصلاحی |
|---|---|
| آموزش ناکافی | ✸ آموزشهای گروهی براساس نوع شغل و سطح دانش ریاضی افراد ترتیب داده شود. سپس به صورت تخصصی تر و بر اساس وظایف محوله افراد و با استفاده از داده ها و مثالهای واقعی مربوط به کار افراد، کامل گردد.<br>✸ دوره های باز آموزی هر ۶ ماه یا یک سال یک بار برگزار شود.<br>✸ آزمون هایي برای افراد شرکت کننده در کلاس SPC ترتیب داده شود و به کسانی که این آزمون ها را با موفقیت پشت سر می گذارد، جایزه ای اهدا شده و یا در جمع همکاران تشویق شوند. |

S.G.S.Co.

| | |
|---|---|
| زمان ناکافی برای SPC | ✸ از نرم افزارهای SPC استفاده کنید<br>✸ به هنگام برنامه ریزی زمان عملیات تولید، زمان مورد نظر برای SPC را نیز در آن ادغام کرده و آن را در محاسبات استانداردهای زمانی تولید منظور کنید<br>✸ فعالیتهای SPC را به صورت متمرکز و فقط در ایستگاه کاری مورد نظر انجام دهید و آن را در سطح کارگاه پراکنده نکنید. این فعالیت ها نباید به دفتر کنترل کیفی منتقل شوند. |
| در معرض دید نبودن نمودارها یا فقدان مسئولیت نسبت به نمودار | ✸ رسم کننده نمودار SPC باید همان شخصی باشد که مسئولیت تنظیم فرایند را بر عهده دارد<br>✸ نمودارها باید به طور بر جسته ای در معرض دید و در ایستگاه های کاری نصب شوند<br>✸ اگر از نرم افزار استفاده می شود، باید نمایشگرهایي اضافی در محلهای پر رفت و آمد و در معرض دید نصب شوند |
| نبود داده های کافی برای انجام محاسبات | ✸ در رویه ها و دستورالعملهای SPC اندازه و تعداد زیر گروه های انتخابی حتماً به صورت مکتوب درج شود. حداقل ۲۵ زیر گروه باید وجود داشته باشد. |

S.G.S.Co.

در ذیل نموداری ساده برای اجرای SPC ترسیم شده و براساس آن آنچه که ممیزان و ارزیابان فرایند و SPC بایستی در هر مرحله مورد توجه قراردهند، مورد بحث قرار می گیرد:



تعیین تعداد نمونه، اندازه نمونه و پریود نمونه برداری

- تعداد نمونه تعریف شده متناسب با تمامی تغییرات دربازده زمانی تولید می باشد؟
- آیا تعداد نمونه ها حساسیت لازم را برای نشان دادن تغییرات فرآیند دارا می باشد؟
- آیا اندازه نمونه متناسب با نوع تولید می باشد؟
- آیا اندازه نمونه به لحاظ هزینه ایي، مقرون به صرفه می باشد؟
- آیا اندازه نمونه می تواند در لحظه نمونه برداری تقریباً نشان دهنده میانگین و انحراف استاندارد فرآیند باشد؟
- آیا در نمونه برداری های وضعی اندازه نمونه به حدی است که تغییرات درونی فرآیند را نشان دهد؟
- آیا پریود نمونه برداری متناسب با تغییرات ذاتی و تغییرات احتمالی خاصی می باشد؟

تهیه نمودار مبنا

- آیا نمودارمبنای تهیه شده، نشان دهنده تغییرات در طول زمان می باشد؟
- آیا الگوی خاص در نمودارها مشاهده می شود که نشان دهنده بروز علل خاصی باشد؟
- آیا نمودار مبنای تهیه شده نشان دهنده علل خاصی می باشد؟

انجام اقدامات اصلاحی بر روی فرآیند و بازنگری نمودار کنترل (در صورت نیاز)

- آیا اقدامات اصلاحی مناسب برای حذف علل خاص بطور کامل انجام شده است؟
- آیا تنظیمات مناسب صورت گرفته است؟
- آیا سوابق اقدامات ثبت و مستند شده است؟
- آیا نمودار مبنای مجدد محاسبه و تدوین شده است؟

استاندارد نمودن نمودار مبنا

- آیا قابلیت عملکرد فرآیند بصورت استاندارد مشخص شده است؟
- آیا قابلیت در حد لازم می باشد؟
- آیا در صورت کم بودن قابلیت/عملکرد اقدامات اصلاحی مناسب صورت گرفته است؟
- آیا در صورت پایین بودن قابلیت/عملکرد، روشهای جبرانی برای بازرسی محصول خروجی تعریف شده است؟
- آیا قابلیت/عملکرد پایین به اطلاع مشتری رسانده شده است؟
- آیا توزیع فرآیند محاسبه شده نرمال می باشد؟

مشخص کردن شاخصهای قابلیت و عملکرد فرآیند

اجرایي کردن نمودار کنترل با مشخص نمودن مسئول کنترل و پریود نمونه برداری

- آیا مسئول اجرای نمودار در خط مشخص شده است؟
- آیا مسئول مربوط، مسئول تنظیم فرایند نیز می باشد؟
- آیا مسئول مربوطه، احساس مسئولیت لازم را دارد؟
- آیا مسئول مربوطه، شناخت لازم را از فرآیند دارد؟
- آیا پریود نمونه برداری در طول زمان، متناسب با دوره های احتمالی بروز علل خاص می باشد؟
- آیا در صورت مشاهده علل خاص، اقدام لازم صورت گرفته است؟
- آیا سوابق بروز علل خاص، ثبت و مستند شده است؟
- آیا در تجزیه و تحلیل بروز علل خاص، از ابزارهای کیفی ، مانند پارتو، علت و معلول و... استفاده شده است؟
- آیا ابزار کنترلی قبلاً کالیبره شده اند؟
- آیا سیستم کنترلی مورد تجزیه و تحلیل (MSA) قرار گرفته است؟

ارزیابی اجرای نمودارهای کنترل بعد از هفته اول
- آیا نمودارها در دوره های زمانی مورد بررسی قرار گرفته اند؟
- آیا روند نمودارها در طول زمان مورد بررسی قرار گرفته است؟
- آیا نمودار مبنا در دوره های منطقی بازنگری شده اند؟
- آیا قابلیت فرآیند متناسب با نمودارهای مبنا مجدداً محاسبه شده اند؟
ارزیابی سیستم SPC
- آیا کلیات سیستم مورد ممیزی قرار گرفته است؟
- آیا سوابق حفظ و مستند شده است؟
- آیا سوابق مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است؟
- آیا اثربخشی سیستم با شاخص های مناسب، بررسی شده اند؟
- آیا آموزش های برگزار شده متناسب با سطح اجرای سیستم می باشد؟
انجام اصلاحات و اقدامات اصلاحی در صورت نیاز (در فرآیند و سیستم SPC)

S.G.S.Co.

## منحنی های OC

### منحنی OC برای طرحهای یکبار نمونه گیری operating characteristic (OC) curve

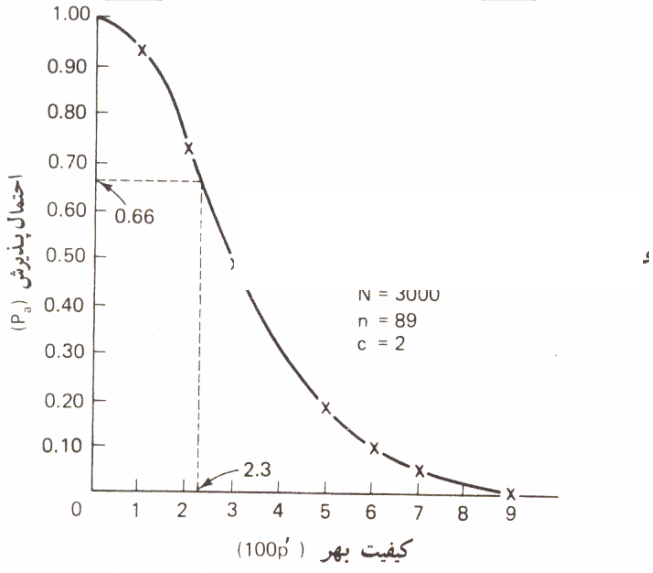
یک روش بسیار خوب ارزیابی طرحهای نمونه گیری، منحنی مشخصه عملکرد (یا منحنیOC) می باشد. در قضاوت درباره یک طرح بخصوص، دانستن اینکه طرح، یک بهر با یک درصد معین اقلام معیوب را با چه احتمالی می پذیرد یا رد می کند لازم می باشد. منحنی OC این اطلاعات را نشان می دهد و نمونه آن در شکل زیر نشان داده شده است.

رسم منحنی OC را با یک مثال بررسی می کنیم. یک طرح یکبار نمونه گیری دارای حجم بهر۳۰۰۰۰= N اندازه نمونه n=۸۹ و عدد پذیرش c=۲ می باشد. فرض آنستکه بهرها از یک جریان ثابت محصول می آیند و می توان آانها را بینهایت فرض کرد. در نتیجه از توزیع احتمال دو جمله ای می توان برای محاسبه احتمالات استفاده نمود. خوشبختانه برای تقریباً تمام طرحهای نمونه گیری، توزیع پوآسن یک تقریب عالی توزیع دوجمله ای محسوب می شود. بنابراین برای تعیین احتمال پذیرش یک بهر می توان از توزیع پوآسن استفاده کرد.

در رسم منحنی با متغیرهای Pa (احتمال پذیرش) و Ṕ (نسبت اقلام معیوب بهر)، برای Ṕ یک مقدار فرض شده و دیگری محاسبه می شود. پذیرش بهر بستگی به عدد پذیرش C = ۲ دارد و وقتی در نمونه ۰ معیوب ، ۱ معیوب یا ۲ معیوب وجود داشته باشد، پذیرش بهر امکانپذیر می گردد.

برای رسم منحنی، تقریباً هفت نقطه لازم است. از جدول زیر می توان برای انجام محاسبات این هفت نقطه استفاده کرد. مراحل انجام محاسبات عبارتند از :

**منحنی OC برای طرح یکبار نمونه گیری**



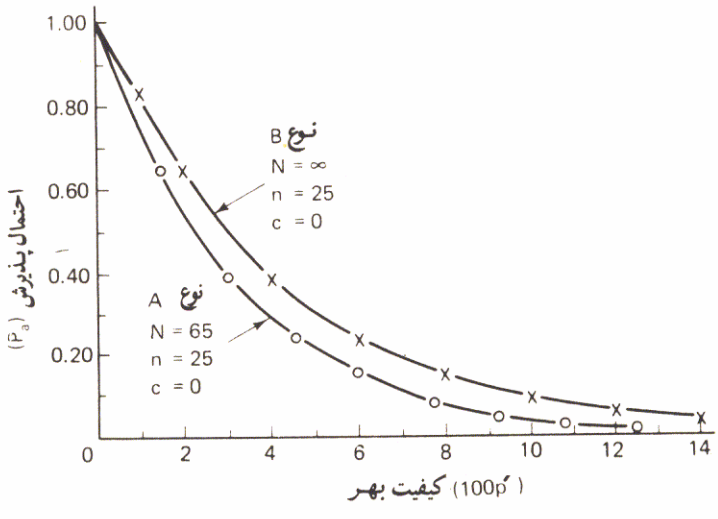

(۱) در نظر گرفتن مقادیرṔ ، (۲) محاسبه مقادیر nṔ و (۳) بدست آوردن مقادیر Pa از جدول توزیع تجمعی پوآسن بازاء مقادیر nṔ و C .

**احتمالات پذیرش برای طرح یکبار نمونه گیری : n=۸۹، c=۲**

| مقادیر فرض شده نسبت اقلام معیوب بهر (ṕ) | اندازه نمونه (n) | nṕ | احتمال پذیرش |
|---|---|---|---|
| ۰/۰۱ | ۸۹ | ۰/۹ | ۰/۹۳۹ |
| ۰/۰۲ | ۸۹ | ۱/۸ | ۰/۷۳۱ |
| ۰/۰۳ | ۸۹ | ۲/۷ | ۰/٤۹٤ |
| ۰/۰۵ | ۸۹ | ٤/۵ | ۰/۱۷٤ |
| ۰/۰٦ | ۸۹ | ۵/۳ | ۰/۱۰٦ |
| ۰/۰۹ | ۸۹ | ٦/۲ | ۰/۰۵۵ |
| ۰/۰۹ | ۸۹ | ۸/۰ | ۰/۰۱٤ |

با رسم منحنی، احتمال پذیرش یک بهر بازاء یک درصد معین اقلام معیوب بدست می آید. بنابراین اگر کیفیت یک بهر ارائه شده ۲/۳ درصد معیوب باشد احتمال پذیرش آن ۰/۶۶ می شود. به عبارت دیگر اگر ۵۵ بهر از فرآیندی که ۲/۳ درصد معیوب تولید می کند با این طرح نمونه گیری بازرسی شوند ۳۶ بهر (۳۶=(۰/۶۶) ۵۵) پذیرفته شده و ۱۹ بهر (۱۹=۳۶-۵۵) رد خواهند شد.

با یک منحنی مشخصه عملکرد تاثیر یک طرح نمونه گیری خاص ارزیابی می شود. اگر منحنی OC یک طرح نمونه گیری بیانگر عدم رضایتبخش بودن آن طرح باشد باید یک طرح دیگر انتخاب شده و منحنی OC آن بررسی شود.




## خصوصیات منحنی OC

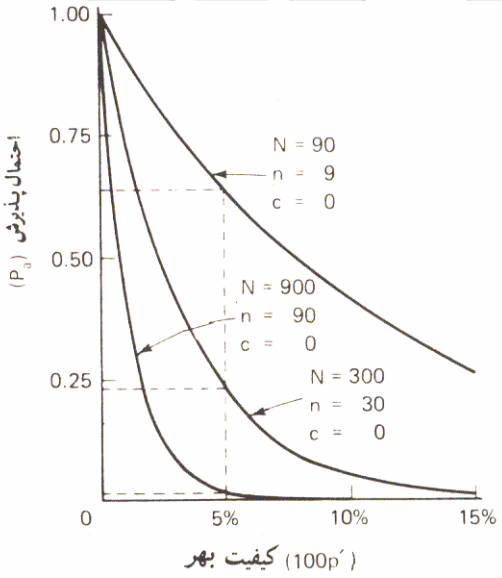
طرحهای نمونه گیری بمنظور پذیرش با خصوصیات مشابه می توانند منحنی های OC متفاوت داشته باشند. چهار مورد از این خصوصیات و اطلاعات مربوط به منحنی های OC آنها در زیر بررسی شده است.

**اندازه نمونه بصورت یک درصد ثابت اندازه بهر.**

قبل از استفاده از مفاهیم آماری در نمونه گیری به منظور پذیرش، معمولاً به بازرسان دستور داده می شد که یک درصد ثابت بهر را نمونه برداری کنند. اگر این مقدار مثلاً ۱۰ درصد حجم بهر باشد طرحهای مربوط به اندازه های بهر ۹۰۰، ۳۰۰ و ۹۰ می شوند:

| | | |
|---|---|---|
| N=900 | n=90 | C =0 |
| N=300 | n=30 | C =0 |
| N=90 | n=9 | C =0 |

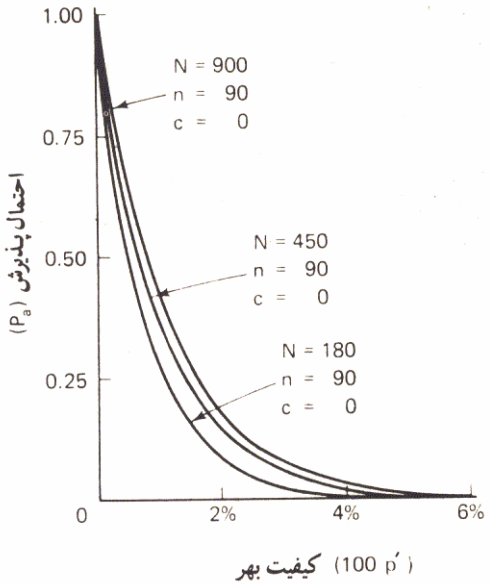
شکل زیر منحنی های OC این سه طرح را نشان می دهد. از منحنی ها بخوبی سطوح مختلف حمایت مشهود است. برای مثال بهرهائی که ۵ درصد معیوب دارند با طرح مربوط به حجم بهر ۹۰۰، ۲ درصد شانس پذیرش، با طرح مربوط به حجم بهر ۳۰۰، ۲۲ درصد شانس پذیرش و با طرح مربوط به حجم بهر ۹۰، ۶۳ درصد شانس پذیرش پیدا می کنند.




**منحنی های OC برای اندازه های نمونه ای که ۱۰ درصد اندازه بهر می باشند**

**اندازه نمونه ثابت**

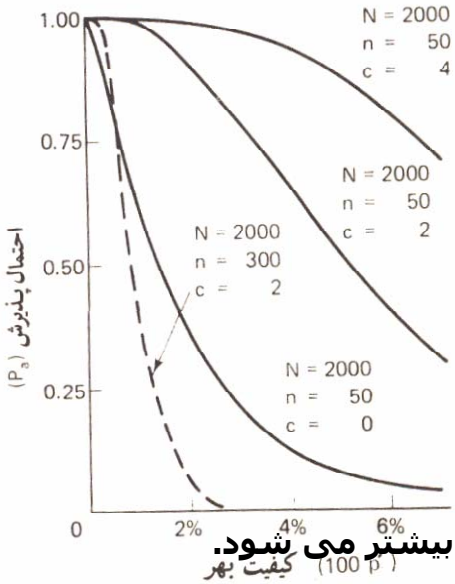
وقتی از اندازه نمونه معین یا ثابت استفاده شود، منحنی های OC خیلی شبیه بیکدیگر می شوند. شکل زیر این خصوصیت را برای منحنی های نوع A وقتیکه $n \geq 10\%\ N$ است نشان می دهد. طبعاً برای منحنی های نوع B یا وقتی $n < 10\%\ N$ باشد منحنی ها یکسان می شوند. اندازه نمونه بیشتر از اندازه بهر در تعیین شکل منحنی OC و حمایت کیفی حاصل از آن موثر می باشد.




**منحنی های OC برای اندازه نمونه ثابت (نوع A)**

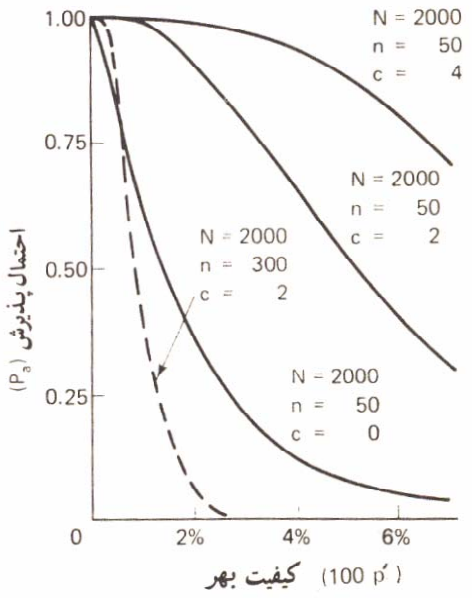
**با افزایش حجم نمونه شیب منحنی بیشتر می شود.**

شکل زیر تغییر در شکل منحنی OC را نشان می دهد. با افزایش حجم نمونه، شیب منحنی بیشتر شده و به یک خط مستقیم عمودی نزدیک می شود. طرحهای نمونه گیری با اندازه های بزرگ نمونه بهتر می توانند بین بهرهای با کیفیت قابل قبول و بهرهای با کیفیت غیر قابل قبول تمایز ایجاد کنند. بنابراین مشتری، تعداد کمتری بهرهای با کیفیت بد پذیرفته شده خواهد داشت و تولید کننده نیز با تعداد کمتری بهرهای با کیفیت خوب رد شده مواجه خواهد شد.




**با کاهش عدد پذیرش شیب منحنی بیشتر می شود.**

تغییر در شکل منحنی OC با تغییر در عدد پذیرش، در شکل زیر نشان داده شده است.




**منحنی های OC مربوط به تغییر در عدد پذیرش**

با کاهش عدد پذیرش، شیب منحنی بیشتر می شود. از این حقیقت اغلب برای توجیه استفاده از طرحهای نمونه گیری با عدد پذیرش صفر استفاده شد است. با اینحال شیب منحنی OC طرح نمونه گیری N =۲۰۰۰، n =۳۰۰ و c=۲ که با خط چین نشان داده شده است بیشتر از طرح با c= ۰ می باشد. یک اشکال طرحهای نمونه گیری با c=۰ اینستکه منحنی آنها بجای داشتن حالت مسطح افقی قبل از نزول، بسرعت سقوط می کنند.

از آنجائیکه این موضوع به ریسک تولید کننده مربوط می شود (این ریسک در زیر توضیح داده خواهد شد)، طرحهای نمونه گیری با c = ۰ برای تولید کننده سخت گیرانه تر عمل می کنند. طرحهای نمونه گیری با اعداد پذیرش بزرگتر از صفر در حقیقت می توانند بهتر از طرحهای با عدد پذیرش صفر باشند. با اینحال لازمه این طرحهائی که بهرها را تنها بخاطر داشتن یک معیوب در نمونه رد می کنند بدین و بی علاقه می باشند. امتیاز عمده طرحهای نمونه گیری با c=۰ این برداشت است که محصول معیوب تحمیل نمی گردد.

S.G.S.Co

# ضمیمه

S.G.S.Co.

ضمیمه E

## جدول مقادیر ثابت و فرمولهاي نمودارهاي کنترل

| | $\bar{X}$ and R Charts* | | | | $\bar{X}$ and s Charts* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Chart for Averages (X) | Chart for Ranges (R) | | | Chart for Averages (X) | Charts for Standard Deviations (s) | | |
| Subgroup Size | Factors for Control Limits | Divisors for Estimate of Standard Deviation | Factors for Control Limits | | Factors for Control Limits | Divisors for Estimate of Standard Deviation | Factors for Control Limits | |
| n | $A_2$ | $d_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $A_3$ | $c_4$ | $B_3$ | $B_4$ |
| 2 | 1.880 | 1.128 | – | 3.267 | 2.659 | 0.7979 | – | 3.267 |
| 3 | 1.023 | 1.693 | – | 2.574 | 1.954 | 0.8862 | – | 2.568 |
| 4 | 0.729 | 2.059 | – | 2.282 | 1.628 | 0.9213 | – | 2.266 |
| 5 | 0.577 | 2.326 | – | 2.114 | 1.427 | 0.9400 | – | 2.089 |
| 6 | 0.483 | 2.534 | – | 2.004 | 1.287 | 0.9515 | 0.030 | 1.970 |
| 7 | 0.419 | 2.704 | 0.076 | 1.924 | 1.182 | 0.9594 | 0.118 | 1.882 |
| 8 | 0.373 | 2.847 | 0.136 | 1.864 | 1.099 | 0.9650 | 0.185 | 1.815 |
| 9 | 0.337 | 2.970 | 0.184 | 1.816 | 1.032 | 0.9693 | 0.239 | 1.761 |
| 10 | 0.308 | 3.078 | 0.223 | 1.777 | 0.975 | 0.9727 | 0.284 | 1.716 |
| 11 | 0.285 | 3.173 | 0.256 | 1.744 | 0.927 | 0.9754 | 0.321 | 1.679 |
| 12 | 0.266 | 3.258 | 0.283 | 1.717 | 0.886 | 0.9776 | 0.354 | 1.646 |
| 13 | 0.249 | 3.336 | 0.307 | 1.693 | 0.850 | 0.9794 | 0.382 | 1.618 |
| 14 | 0.235 | 3.407 | 0.328 | 1.672 | 0.817 | 0.9810 | 0.406 | 1.594 |
| 15 | 0.223 | 3.472 | 0.347 | 1.653 | 0.789 | 0.9823 | 0.428 | 1.572 |
| 16 | 0.212 | 3.532 | 0.363 | 1.637 | 0.763 | 0.9835 | 0.448 | 1.552 |
| 17 | 0.203 | 3.588 | 0.378 | 1.622 | 0.739 | 0.9845 | 0.466 | 1.534 |
| 18 | 0.194 | 3.640 | 0.391 | 1.608 | 0.718 | 0.9854 | 0.482 | 1.518 |
| 19 | 0.187 | 3.689 | 0.403 | 1.597 | 0.698 | 0.9862 | 0.497 | 1.503 |
| 20 | 0.180 | 3.735 | 0.415 | 1.585 | 0.680 | 0.9869 | 0.510 | 1.490 |
| 21 | 0.173 | 3.778 | 0.425 | 1.575 | 0.663 | 0.9876 | 0.523 | 1.477 |
| 22 | 0.167 | 3.819 | 0.434 | 1.566 | 0.647 | 0.9882 | 0.534 | 1.466 |
| 23 | 0.162 | 3.858 | 0.443 | 1.557 | 0.633 | 0.9887 | 0.545 | 1.455 |
| 24 | 0.157 | 3.895 | 0.451 | 1.548 | 0.619 | 0.9892 | 0.555 | 1.445 |
| 25 | 0.153 | 3.931 | 0.459 | 1.541 | 0.606 | 0.9896 | 0.565 | 1.435 |

$UCL_{\bar{X}}, LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \pm A_2\bar{R}$
$UCL_R = D_4\bar{R}$
$LCL_R = D_3\bar{R}$
$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$

$UCL_{\bar{X}}, LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \pm A_3\bar{s}$
$UCL_s = B_4\bar{s}$
$LCL_s = B_3\bar{s}$
$\hat{\sigma} = \bar{s}/c_4$

* From ASTM publication STP-15D, *Manual on the Presentation of Data and Control Chart Analysis*, 1976; pp 134-136. Copyright ASTM, 1916 Race Street, Philadelphia, Pennsylvania 19103. Reprinted, with permission.

## APPENDIX E - Table of Constants and Formulas for Control Charts (Cont.)

| | Median Charts, ** | | | | Charts for Individuals* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Chart for Medians (X) | Chart for Ranges (R) | | | Chart for Individuals (X) | Chart for Ranges (R) | | |
| | Factors for Control Limits | Divisors for Estimate of Standard Deviation | Factors for Control Limits | | Factors for Control Limits | Divisors for Estimate of Standard Deviation | Factors for Control Limits | |
| Subgroup Size | $\tilde{\bar{A}}_2$ | $d_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $E_2$ | $d_2$ | $D_3$ | $D_4$ |
| 2 | 1.880 | 1.128 | - | 3.267 | 2.660 | 1.128 | - | 3.267 |
| 3 | 1.187 | 1.693 | - | 2.574 | 1.772 | 1.693 | - | 2.574 |
| 4 | 0.796 | 2.059 | - | 2.282 | 1.457 | 2.059 | - | 2.282 |
| 5 | 0.691 | 2.326 | - | 2.114 | 1.290 | 2.326 | - | 2.114 |
| 6 | 0.548 | 2.534 | - | 2.004 | 1.184 | 2.534 | - | 2.004 |
| 7 | 0.508 | 2.704 | 0.076 | 1.924 | 1.109 | 2.704 | 0.076 | 1.924 |
| 8 | 0.433 | 2.847 | 0.136 | 1.864 | 1.054 | 2.847 | 0.136 | 1.864 |
| 9 | 0.412 | 2.970 | 0.184 | 1.816 | 1.010 | 2.970 | 0.184 | 1.816 |
| 10 | 0.362 | 3.078 | 0.223 | 1.777 | 0.975 | 3.078 | 0.223 | 1.777 |

$UCL_{\tilde{X}}, LCL_{\tilde{X}} = \tilde{\bar{X}} \pm \tilde{\bar{A}}_2 \bar{R}$

$UCL_R = D_4\bar{R}$

$LCL_R = D_3\bar{R}$

$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$

$UCL_X, LCL_X = \bar{\bar{X}} \pm E_2\bar{R}$

$UCL_R = D_4\bar{R}$

$LCL_R = D_3\bar{R}$

$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$

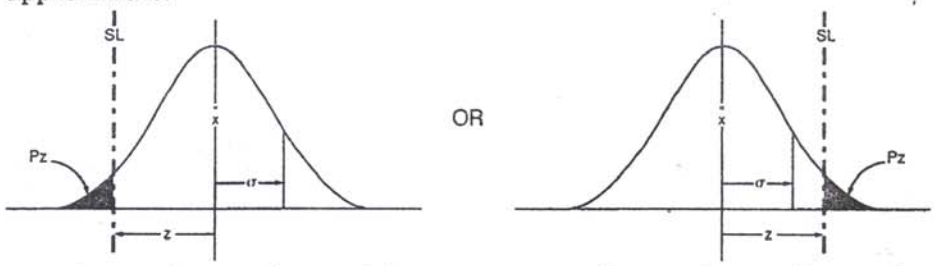
* From ASTM publication STP-15D, *Manual on the Presentation of Data and Control Chart Analysis*, 1976; pp 134-136. Copyright ASTM, 1916 Race Street, Philadelphia, Pennsylvania 19103. Reprinted, with permission.

** $\tilde{\bar{A}}_2$ Factors Derived from ASTM-STP-15D Data and Efficiency Tables Contained in W. J. Dixon and F.J. Massey, Jr., *Introduction to Statistical Analysis*, Third Edition, 1969; Page 488; McGraw-Hill Book Company, New York.

# ضمیمه F

# توزیع نرمال استاندارد

$P_z$ = the proportion of process output beyond a particular value of interest (such as a specification limit that is z standard deviation units away from the process average (for a process that is in statistical contro and is normally distributed). For example, if z = 2.17, $P_z$ = .0150 or 1.5%. In any actual situation, this pro portion is only approximate.




| \|z\| | x.x0 | x.x1 | x.x2 | x.x3 | x.x4 | x.x5 | x.x6 | x.x7 | x.x8 | x.x9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4.0 | .00003 | | | | | | | | | |
| 3.9 | .00005 | .00005 | .00004 | .00004 | .00004 | .00004 | .00004 | .00004 | .00003 | .00003 |
| 3.8 | .00007 | .00007 | .00007 | .00006 | .00006 | .00006 | .00006 | .00005 | .00005 | .00005 |
| 3.7 | .00011 | .00010 | .00010 | .00010 | .00009 | .00009 | .00008 | .00008 | .00008 | .00008 |
| 3.6 | .00016 | .00015 | .00015 | .00014 | .00014 | .00013 | .00013 | .00012 | .00012 | .00011 |
| 3.5 | .00023 | .00022 | .00022 | .00021 | .00020 | .00019 | .00019 | .00018 | .00017 | .00017 |
| 3.4 | .00034 | .00032 | .00031 | .00030 | .00029 | .00028 | .00027 | .00026 | .00025 | .00024 |
| 3.3 | .00048 | .00047 | .00045 | .00043 | .00042 | .00040 | .00039 | .00038 | .00036 | .00035 |
| 3.2 | .00069 | .00066 | .00064 | .00062 | .00060 | .00058 | .00056 | .00054 | .00052 | .00050 |
| 3.1 | .00097 | .00094 | .00090 | .00087 | .00084 | .00082 | .00079 | .00076 | .00074 | .00071 |
| 3.0 | .00135 | .00131 | .00126 | .00122 | .00118 | .00114 | .00111 | .00107 | .00104 | .00100 |
| 2.9 | .0019 | .0018 | .0018 | .0017 | .0016 | .0016 | .0015 | .0015 | .0014 | .0014 |
| 2.8 | .0026 | .0025 | .0024 | .0023 | .0023 | .0022 | .0021 | .0021 | .0020 | .0019 |
| 2.7 | .0035 | .0034 | .0033 | .0032 | .0031 | .0030 | .0029 | .0028 | .0027 | .0026 |
| 2.6 | .0047 | .0045 | .0044 | .0043 | .0041 | .0040 | .0039 | .0038 | .0037 | .0036 |
| 2.5 | .0062 | .0060 | .0059 | .0057 | .0055 | .0054 | .0052 | .0051 | .0049 | .0048 |
| 2.4 | .0082 | .0080 | .0078 | .0075 | .0073 | .0071 | .0069 | .0068 | .0066 | .0064 |
| 2.3 | .0107 | .0104 | .0102 | .0099 | .0096 | .0094 | .0091 | .0089 | .0087 | .0084 |
| 2.2 | .0139 | .0136 | .0132 | .0129 | .0125 | .0122 | .0119 | .0116 | .0113 | .0110 |
| 2.1 | .0179 | .0174 | .0170 | .0166 | .0162 | .0158 | .0154 | .0150 | .0146 | .0143 |
| 2.0 | .0228 | .0222 | .0217 | .0212 | .0207 | .0202 | .0197 | .0192 | .0188 | .0183 |
| 1.9 | .0287 | .0281 | .0274 | .0268 | .0262 | .0256 | .0250 | .0244 | .0239 | .0233 |
| 1.8 | .0359 | .0351 | .0344 | .0336 | .0329 | .0322 | .0314 | .0307 | .0301 | .0294 |
| 1.7 | .0446 | .0436 | .0427 | .0418 | .0409 | .0401 | .0392 | .0384 | .0375 | .0367 |
| 1.6 | .0548 | .0537 | .0526 | .0516 | .0505 | .0495 | .0485 | .0475 | .0465 | .0455 |
| 1.5 | .0668 | .0655 | .0643 | .0630 | .0618 | .0606 | .0594 | .0582 | .0571 | .0559 |
| 1.4 | .0808 | .0793 | .0778 | .0764 | .0749 | .0735 | .0721 | .0708 | .0694 | .0681 |
| 1.3 | .0968 | .0951 | .0934 | .0918 | .0901 | .0885 | .0869 | .0853 | .0838 | .0823 |
| 1.2 | .1151 | .1131 | .1112 | .1093 | .1075 | .1056 | .1038 | .1020 | .1003 | .0985 |
| 1.1 | .1357 | .1335 | .1314 | .1292 | .1271 | .1251 | .1230 | .1210 | .1190 | .1170 |
| 1.0 | .1587 | .1562 | .1539 | .1515 | .1492 | .1469 | .1446 | .1423 | .1401 | .1379 |
| 0.9 | .1841 | .1814 | .1788 | .1762 | .1736 | .1711 | .1685 | .1660 | .1635 | .1611 |
| 0.8 | .2119 | .2090 | .2061 | .2033 | .2005 | .1977 | .1949 | .1922 | .1894 | .1867 |
| 0.7 | .2420 | .2389 | .2358 | .2327 | .2297 | .2266 | .2236 | .2206 | .2177 | .2148 |
| 0.6 | .2743 | .2709 | .2676 | .2643 | .2611 | .2578 | .2546 | .2514 | .2483 | .2451 |
| 0.5 | .3085 | .3050 | .3015 | .2981 | .2946 | .2912 | .2877 | .2843 | .2810 | .2776 |
| 0.4 | .3446 | .3409 | .3372 | .3336 | .3300 | .3264 | .3228 | .3192 | .3156 | .3121 |
| 0.3 | .3821 | .3783 | .3745 | .3707 | .3669 | .3632 | .3594 | .3557 | .3520 | .3483 |
| 0.2 | .4207 | .4168 | .4129 | .4090 | .4052 | .4013 | .3974 | .3936 | .3897 | .3859 |
| 0.1 | .4602 | .4562 | .4522 | .4483 | .4443 | .4404 | .4364 | .4325 | .4286 | .4247 |
| 0.0 | .5000 | .4960 | .4920 | .4880 | .4840 | .4801 | .4761 | .4721 | .4681 | .4641 |

# Cumulative Standard Normal Distribution

$$\Phi(z) = \int_{-\infty}^{z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2}\, du$$