INSO
7532-2
1st. Edition
Mar.2014

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian Natioal Standardization Organizaion

استاندارد ملی ایران
۷۵۳۲-۲
چاپ اول
اسفند ۱۳۹۲

نمودارهای کنترل- قسمت ۲: نمودارهای کنترل شوهارت

Control Charts- Part 2: Shewhart control charts

ICS:03.120.30

به نام خدا

آشنایی باسازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشوراست که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۱۳۹۰/۰۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف درکمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحبنظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی وغیردولتی حاصل می‌شود. پیشنویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و درصورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیشنویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که براساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و درکمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1] کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2]و سازمان بین‌المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] درکشورفعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی واقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به منظورحفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکزکالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان استاندارد اینگونه سازمان‌ها و مؤسسات را براساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و درصورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و برعملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیارفلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International organization for Standardization
2- International Electro technical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« نمودارهای کنترل- قسمت ۲: نمودارهای کنترل شوهارت »

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
اولیاء، محمدصالح (دکترای مهندسی صنایع)	عضو هیأت علمی دانشگاه یزد
دبیر:	
جعفری ندوشن،زهرا (فوق لیسانس میریت صنعتی)	کارشناس اداره کل استاندارد یزد
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
احمدی ندوشن، علیرضا (فوق لیسانس مدیریت اجرایی)	کارشناس استاندارد
بهاری‌فرد، ناهید (لیسانس **صنایع**)	کارشناس مجتمع تولیدی صنایع لاستیک یزد
خلیل زاده، فائزه (لیسانس الکترونیک)	کارشناس اداره کل استاندارد یزد
ماندگاری، مریم (فوق لیسانس مدیریت سیستم و بهره‌وری)	کارشناس اداره کل استاندارد یزد
هادیان، الهام (لیسانس آمار)	نماینده شرکت پارس معیارسنجش ایساتیس

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران		ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		ج
پیش گفتار		ه
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	اصطلاحات، تعاریف، نمادها، اختصارات و یکاها	۱
۴	ماهیت نمودارهای کنترلی شوهارت	۳
۵	انواع نمودارهای کنترل	۶
۶	نمودار کنترل مشخصه‌های کمی	۸
۷	رویه کنترل و تفسیر برای نمودارهای کنترل مشخصه‌های کمی	۱۳
۸	آزمون‌های روند برای موارد قابل تشخیص انحراف	۱۵
۹	کنترل فرایند، قابلیت فرایند و بهبود فرایند	۱۶
۱۰	نمودارهای کنترل مشخصه‌های وصفی	۱۷
۱۱	ملاحظات اولیه قبل از شروع یک نمودار کنترل	۲۰
۱۲	گام هایی در ساخت نمودار کنترل	۲۳
۱۳	احتیاط همراه با نمودارهای کنترلی شوهارت	۲۵
پیوست الف (اطلاعاتی) مثال‌های توضیحی		۲۹
پیوست ب (اطلاعاتی) ملاحظات عملی در رابطه با موارد انحراف قابل تشخیص		۴۸
پیوست پ (اطلاعاتی) کتابنامه		۵۰

پیش گفتار

استاندارد « نمودارهای کنترل- قسمت ۲: نمودارهای کنترل شوهارت » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده ودر سیصد و بیست و ششمین اجلاس کمیتهٔ ملی رایانه و فراوری داده‌ها مورخ ۱۳۹۲/۱۲/۱۲مورد تصویب قرارگرفته است، اینک به استناد بندیک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظرخواهد شد و هرپیشنهادی که برای اصلاح وتکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظردرکمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرارخواهدگرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرارگرفته به شرح زیراست:

1- ISO 7870-2:2013, Control charts- Part 2: Shewhart control charts

۲- واژه نامه مرکز آمار ایران – ویرایش سال ۱۳۸۶

نمودارهای کنترل- قسمت ۲: نمودارهای کنترل شوهارت

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین راهنما برای استفاده و درک رویکرد نمودار کنترل شوهارت به روش‌های کنترل آماری برای یک فرایند است.

این استاندارد، برای رفتار روش‌های کنترل فرایند آماری، فقط با استفاده از سیستم شوهارت نمودارها کاربرد دارد. برخی موارد تکمیلی سازگار با رویکرد شوهارت، نظیر استفاده از حدود اخطار، تحلیل روند روندها و ظرفیت فرایندها، به طور مختصر معرفی می‌شود. با این‌حال، چندین نوع دیگر از رویه‌های نمودار کنترل، در قالب یک توصیف کلی در استاندارد ISO 7870-1:2014 بیان شده است.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها وتجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 7870-1, Control charts- Part 1: General guidelines.

2-2 ISO 3534-2, Statistics – Vocabulary and symbols- Part 2: Applied statistics.

2-3 ISO16269-4, Statistical interpretation of data- part 4: Detection and treatment of outliers.

2-4 ISO5479, Statistical interpretation of data- Tests for departure from the normal distribution.

2-5 ISO22514 (all parts)[1], Statistical methods in process management- Capability and performance.

۳ اصطلاحات، تعاریف، نمادها، اختصارات و یکاها

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ISO3534-2:2006 به کار می‌رود.

۱- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۱۱۵۰۲ سال ۱۳۸۷ با منبع بین المللی ISO 22514-3 سال ۲۰۰۸ تدوین شده است.

۲-۳ نمادها و اختصارات

در این استاندارد، نمادهای زیر به کار می‌رود:

N اندازه زیرگروه، تعداد مشاهدات نمونه درهر زیر گروه

k تعداد زیرگروه‌ها

L حد مشخصه پایینی

L_{CL} حد کنترل پایینی

U حد مشخصه بالایی

U_{CL} حد کنترل بالایی

X مشخصه کیفیت اندازه گیری شده (مقادیر مجزا با $(X_1, X_2 X_3, \dots)$ بیان می‌شوند. بعضی اوقات از نماد Y به جای X استفاده می‌شود.

$\bar{X}$ (X بار) میانگین زیرگروه

$\bar{\bar{X}}$ (X دوبار) متوسط میانگین زیرگروه

μ مقدار واقعی میانگین فرایند

σ مقدار واقعی انحراف استاندارد فرایند

σ_0 یک مقدار معین از σ

$\tilde{X}$ میانه یک زیرگروه

$\bar{\tilde{X}}$ متوسط میانه‌های زیرگروه

R دامنه تغییرات زیرگروه: تفاوت بین کمترین و بیشترین مشاهدات یک زیرگروه

$\bar{R}$ متوسط مقادیر R برای همه زیرگروه‌ها

R_m دامنه جابجایی: مقدار مطلق تفاوت بین دو مقدار متوالی $|X_2 - X_3|$ ، $|X_1 - X_2|$ و از قبیل

$\bar{R}_m$ متوسط $(n-1)R_m$ مقدار در یک مجموعه از n مقدار مشاهده شده

s انحراف استاندارد نمونه به دست آمده از مقادیر داخل یک زیرگروه:

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

$\bar{s}$ متوسط انحرافات استاندارد نمونه زیرگروه

$\hat{\sigma}$ مقدار انحراف استاندارد تخمینی فرایند

p نسبت یا کسری از واحدها در یک زیرگروه با یک طبقه‌بندی معین

$\bar{p}$ مقدار متوسط نسبت یا کسر

np تعداد واحدها با یک طبقه‌بندی معین در یک زیرگروه

p_0 یک مقدار مفروض از p

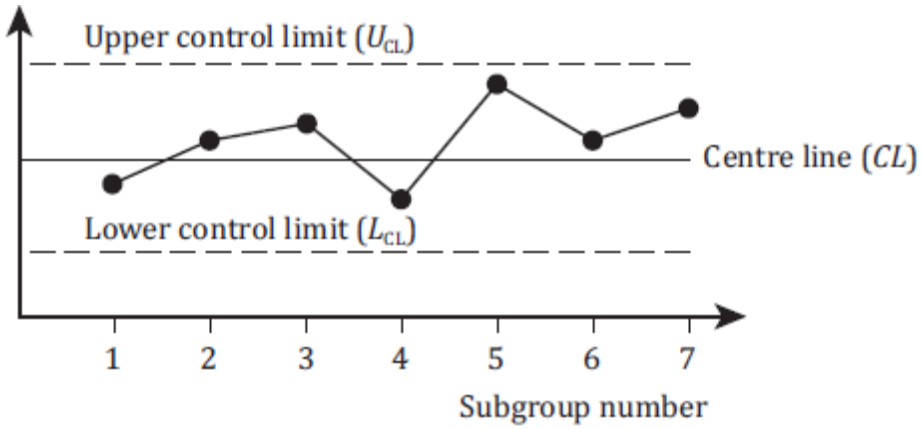
np_0	یک مقدار مفروض از np (برای یک p_0 معین)
C	تعداد وقایع در یک زیرگروه
c_0	یک مقدار مفروض از c
$\bar{c}$	مقدار متوسط از c مقدار برای همه زیرگروه‌ها
U	تعداد وقایع در هر واحد در یک زیرگروه
$\bar{u}$	مقدار متوسط u مقدار
u_0	یک مقدار مفروض از u

۴ ماهیت نمودارهای کنترلی شوهارت

نمودار کنترلی شوهارت، نموداری است که مقدار آماری به دست آمده از متغیرها یا داده‌های کیفی را نمایش می‌دهد. در یک نمودار کنترلی شوهارت، لازم است داده‌ها از زیرگروه‌های منطقی در فواصل نسبتاً منظم از فرایند به‌دست آیند. فواصل می‌تواند بر حسب زمان (به طور مثال ساعت) یا مقدار (هر بهر) در نظر گرفته شود. معمولاً، داده‌ها از فرایند به شکل نمونه‌ها یا زیرگروه‌هایی شامل مشخصه‌های یکسان فرایند، محصول یا خدمت با واحدهای قابل اندازه‌گیری یکسان و اندازه زیرگروه یکسان به دست می‌آیند. از هر زیرگروه یک یا چند مشخصه زیرگروه از قبیل متوسط زیرگروه، $\bar{X}$، و دامنه زیرگروه، R، انحراف استاندارد، S، یا یک مشخصه قابل شمارش نظیر نسبت واحدها با یک طبقه‌بندی معین، در نظر گرفته می‌شود.

نمودار کنترلی شوهارت، یک طرح از مقادیر مشخصه معین زیرگروه برای چندین زیرگروه است. این نمودار شامل یک خط مرجع (CL) است که در یک مقدار مرجع از مشخصه رسم شده واقع می‌شود. در اجرا برای تعیین وضعیت کنترل آماری، مقدار مرجع معمولا متوسط مقدار آماری در نظر گرفته می‌شود. برای کنترل فرایند، مقدار مرجع ممکن است مقدارمشخصه در طولانی مدت، همانطور که در مشخصه محصول بیان شده، باشد. این مقدار مرجع می‌تواند یک مقدار از مشخصه رسم شده برمبنای تجربه گذشته همراه با فرایند، هنگامی که در یک وضعیت کنترل آماری قراردارد، یا براساس مقادیر هدف ضمنی محصول یا خدمت باشد.

نمودار کنترل از نظر آماری دارای دو خط حدود معین، یکی بالا یا کنار خط مرکزی، که حد کنترل بالایی (U_{cl}) نامیده می‌شود و دیگری حدکنترل پایینی یا (L_{cl}) می‌باشد (به شکل ۱ رجوع شود).



شکل۱- پیرامون یک نمودار کنترل

حدود کنترل در نمودارهای شوهارت در فاصله سه σ از هر طرف از خط مرکزی قرار می‌گیرند، به طوری‌که σ انحراف استانداردی معین یا تخمینی از انحراف استاندارد جامعه است. شوهارت بر این مبنا از حدود سه سیگما استفاده می‌کند که این حدود با توجه به برقراری تعادل هزینه جستجو برای مشکلات فرایند، هرگاه چنین مشکلاتی وجود نداشته باشد و هزینه عدم موفقیت برای یافتن مشکلات، هرگاه فرایند آن‌طور که باید، اجرا نشود، اقتصادی است. اگر حدود خیلی نزدیک به خط مرکزی قرار گیرند، منجر به این می‌شود جستجوهای زیادی برای مشکلاتی که وجود ندارند صورت گیرد و اگر حدود خیلی دور از خط مرکزی باشند، خطر عدم شناسایی مشکلات موجود در فرایند را افزایش می‌دهد. با این فرض که آمار رسم شده، تقریباً به صورت نرمال توزیع شده، حدود سه سیگما نشان می‌دهد که حدود کنترل تقریباً، ٪ ۹۹٫۷ از مقادیر آماری را در بر گرفته و فرایند در وضعیت کنترل آماری قرار دارد. به بیان دیگر، هنگامی که فرایند در وضعیت کنترل آماری قرار دارد، احتمال خطر ٪ ۰٫۳ است ، یا به طور متوسط سه مرتبه در هزار مرتبه، نقطه رسم شده خارج از حدود کنترل، یعنی بالا یا پایین حدود کنترل قرار می‌گیرد. واژه « تقریباً » بدین دلیل استفاده می‌شود که انحراف از فرضیات موجود، از قبیل شکل توزیع داده‌ها، بر احتمالات مقادیر، تأثیر خواهد گذاشت. در حقیقت انتخاب حدود k سیگما، به جای حدود سه سیگما، وابسته به هزینه بررسی و انجام اقدامات مناسب در مقابل پیامدهای عدم انجام اقدامات است.

باید توجه داشت که برخی متخصصین، ترجیح می‌دهند از عامل ۳٫۰۹ به جای سه سیگما استفاده کنند تا مقدار احتمال اسمی ۰٫۲ درصد یا یک مشاهده نادرست در هر هزار مشاهده، را فراهم کنند، اما شوهارت عامل ۳ را انتخاب کرد، به طوری که این منجر به تلاش برای درنظر گرفتن احتمالات دقیق نمی‌شود. به طور مشابه، برخی متخصصین از مقادیر احتمال واقعی برای نمودار بر مبنای توزیع‌های غیر نرمال، مثلاً برای دامنه‌ها و نسبت عدم انطباق، استفاده می‌کنند. از طرف دیگر، نمودار کنترل شوهارت از حدود ۳± سیگما از منظر تأکید بر تفسیر تجربی استفاده می‌کند.

احتمال این که تخطی از حدود، واقعاً یک رویداد تصادفی باشد تا یک علامت واقعی، به حدی ضعیف در نظر گرفته می‌شود که هنگامی که نقطه‌ای خارج از حدود ظاهر شود، باید اقدام اصلاحی انجام شود. از آنجایی‌که،

اقدام اصلاحی در این نقطه لازم می‌شود، گاهی اوقات به حدود کنترل سه سیگما، « حدود اقدام » گفته می‌شود.

در بسیاری از مواقع، به صرفه است که حدود دو سیگما را نیز روی نمودار نشان دهیم. آن‌گاه، هر مقدار نمونه‌ای که خارج از حدود دو سیگما قرار گیرد، می‌تواند به عنوان اخطاری از در شرف وقوع بودن موقعیت خارج از کنترل، تلقی شود. همچنین به خطوط حد دو سیگما، گاهی اوقات « حدود هشدار » نیز می‌گویند. در حالی‌که هیچ اقدام اصلاحی در نتیجه چنین هشدار لازم نیست، بعضی کاربران ممکن است به منظور تعیین این‌که آیا اقدام اصلاحی نمایان می‌شود یا خیر، بخواهند فوراً زیرگروه دیگری با همان اندازه را انتخاب کنند.

هنگام ارزیابی وضعیت فرایند با استفاده از حدود کنترل، احتمال دو نوع خطا وجود دارد. خطای نوع اول هنگامی رخ می‌دهد که فرایند واقعاً در وضعیت کنترل قرار دارد اما نقاط رسم شده، به تصادف، خارج از حدود کنترل قرار می‌گیرد. در نتیجه، نمودار به علت یک نتیجه نادرست، علامت می‌دهد که فرایند خارج از کنترل است. در این صورت به منظور تلاش برای یافتن علت مشکلی که وجود ندارد، متقبل هزینه می‌شویم.

خطای نوع دوم هنگامی رخ می‌دهد که فرایند تحت کنترل نیست، اما نقاط رسم شده به طور تصادفی داخل حدود کنترل قرار می‌گیرند. در این مورد، نمودار هیچ علامتی نمی‌دهد و به اشتباه منجر به این می‌شود که فرایند تحت کنترل آماری باشد. ممکن است هزینه قابل توجهی به سبب عدم موفقیت در تشخیص این‌که تغییر در موقعیت فرایند یا تغییرپذیری آن اتفاق افتاده، و در نتیجه منجر به تولید محصول نامنطبق شده، متقبل شویم. خطر رخدادن این نوع خطا، تابع سه چیز است: وسعت حدود کنترل، اندازه نمونه و درجه‌ای که فرایند خارج از کنترل است. در کل، به علت این‌که میزان بزرگی تغییر در فرایند نمی‌تواند معلوم شود، خیلی کم می‌توان حدود اندازه واقعی خطر این نوع خطا را تعیین نمود.

از آن‌جایی‌که در حالت کلی، تخمین معناداری از خطر و هزینه خطای نوع دوم در هر موقعیت معینی امکان‌پذیر نمی‌باشد، سیستم نمودار کنترلی شوهارت طراحی شده تا اولین نوع خطا را کنترل کند. هنگامی که فرض نرمال بودن در نظر گرفته شود و حدود کنترل سه سیگما استفاده شود، اندازه این خطا ۰٫۳ درصد است. به عبارت دیگر، هنگامی که فرایند تحت کنترل باشد، این خطا فقط سه مرتبه در هر ۱۰۰۰ نمونه اتفاق می‌افتد.

در حقیقت، انتخاب حدود k سیگما به جای حدود سه سیگما وابسته به هزینه بررسی و انجام اقدام مناسب، در برابر پیامدهای انجام ندادن هیچ اقدامی است.

هنگامی که فرایند در کنترل آماری باشد، نمودار کنترل روشی ارائه می‌کند که در برخی موارد مشابه با آزمون فرضیه صفر آماری، مبنی براین است که به طور پیوسته فرایند تغییر نکرده و در کنترل آماری باقی می‌ماند. به این علت که در مرحله یک، اغلب عدم اطمینان در رابطه با مواردی از قبیل توزیع احتمال مشخصه مورد نظر، تصادفی بودن و انحراف مشخص از مشخصه فرایند از مقدار هدف که معمولاً با پیشرفت فرایند، تعریف نمی‌شود، وجود دارد، نمودار کنترل شوهارت نباید یک آزمون فرض در موارد ناب در نظر گرفته شود. والتر شوهارت بر فایده تجربی نمودار کنترل برای تشخیص انحرافات از یک فرایند « در کنترل » تأکید نمود و تأکیدی بر داشتن تفسیرهای احتمالی نکرد.

در بند ۸ چنین توصیف شده که هنگامی که یک مقدار رسم شده، خارج از حدود کنترل قرار گیرد یا یک سری از مقادیر، روند نامعمولی را نشان دهد، وضعیت کنترل آماری نمی‌تواند برای مدت طولانی قابل قبول باشد. هنگامی که چنین اتفاقی رخ دهد، بررسی برای تعیین عوامل قابل تشخیص آغاز و فرایند ممکن است متوقف یا تنظیم شود. زمانی که عامل قابل تشخیص تعیین و حذف شود، فرایند آماده ادامه دادن است. همان طور که در بالا بحث شد، در موارد نادر، عامل قابل تشخیص نمی‌تواند پیدا شود و چنین استنتاج می‌شود که نقطه خارج از حدود، وقوع یک رویداد خیلی نادر یا عامل تصادفی را نشان می‌دهد که منجر به یک مقدار خارج از حدود کنترل شده و حتی با این وجود فرایند تحت کنترل است.

حدود کنترل ایجاد شده در مرحله یک، حدود کنترل آزمایشی هستند چون آن‌ها بر مبنای داده‌ها، در زمانی که فرایند تحت کنترل نبوده، هستند. ممکن است اثبات شود که شناسایی عوامل دقیق برای علائم داده شده توسط نمودار کنترل، در این مرحله به علت فقدان اطلاعات در مورد مشخصه‌های عملیاتی تاریخی فرایند، مشکل باشد. با این‌حال، هنگامی که عوامل خاص انحراف، بتواند شناسایی و اقدام اصلاحی انجام شود، هرگاه داده‌های عطف به ماسبق فرایند، تحت تأثیر عامل خاص قرار گیرند، باید از ملاحظات حذف شده و پارامترهای نمودار کنترل دوباره تعیین شوند. این رویه تکراری، تا زمانی ادامه می‌یابد که نمودار کنترل آزمایشی هیچ علامتی را نشان ندهد و آن موقع فرایند می‌تواند تحت کنترل در نظر گرفته شود و از این رو پایدار و قابل پیش‌بینی است. از آن‌جایی‌که در مرحله یک، برخی داده‌ها باید از ملاحظات حذف شوند، کاربر ممکن است به منظور حفظ قابل اعتماد بودن فرایند، مجبور باشد داده‌های اضافه‌تری از فرایند را به دست آورد.

از زمانی که کنترل آماری برقرار می‌شود، خط مرکزی و حدود کنترل نمودار کنترل آزمایشی نهایی که در مرحله یک شناسایی شده، به عنوان پارامترهای نمودار کنترل برای ادامه پایش فرایند در نظر گرفته می‌شوند. اکنون هدف در مرحله دوم این است که علاوه بر شناسایی سریع عوامل خاصی که ممکن است دریک فاصله زمانی بر فرایند تأثیر گذارد، فرایند را در وضعیت کنترل حفظ کنیم. باید بدانیم که ممکن است جابجایی از مرحله یک به مرحله دو بسیار زمانبر و مشکل باشد. با این‌حال، از آن‌جایی‌که عدم موفقیت برای حذف عوامل خاص منجر به این خواهد شد که انحراف فرایند بسیار بالا رود، حیاتی است. در این مورد، نمودار کنترل، حدود کنترلی که خیلی گسترده در نظر گرفته شده‌اند خواهد داشت، جدای از این نتیجه که نمودار کنترل به قدر کافی حساس به شناسایی عوامل دقیق و خاص نمی‌باشد.

جزئیات رویه ایجاد نمودارهای کنترل برای یک فرایند در ادامه بحث می‌شود.

۵ انواع نمودارهای کنترل

نمودارهای کنترل شوهارت اساساً دو نوع هستند: نمودارهای کنترلی مشخصه‌های کمی و نمودارهای کنترلی مشخصه‌های وصفی. برای هریک از نمودارهای کنترل دو موقعیت مشخص وجود دارد:

الف هنگامی که هیچ مقدار پارامتر فرایند مفروضی، داده نشده است؛

ب هنگامی که مقدار پارامتر فرایند مفروض، داده شده است؛

مقادیر فرایند مفروض ممکن است از طریق الزامات یا مقادیر هدف، یا از مقادیر تخمینی پارامترها در طی مدت طولانی از زمان تحت کنترل بودن فرایند، تعیین شود.

۵-۱ نمودارهای کنترل در جایی‌که هیچ مقدار مفروضی، داده نشده است

در اینجا هدف اینست که ببینیم آیا مقادیر مشاهده شده از مشخصه‌های رسم شده، نظیر $\bar{X}$، R یا هر آماره دیگری، در بین خودشان به وسیله یک مقدار بزرگ‌تر از آنچه که بتواند فقط با شانس توصیف شود، تغییر می‌کنند. نمودارهای کنترل فقط با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از نمونه‌های حاصل از فرایندها ایجاد می‌شوند. نمودارهای کنترل برای مشخص کردن انحرافاتی که عامل آن‌ها غیر تصادفی بوده و با هدف تحت وضعیت کنترل آماری درآوردن فرایند استفاده می‌شود.

۵-۲ نمودارهای کنترل با توجه به این‌که مقادیر مفروض، معلوم است

هدف اینست که ببینیم که آیا برای چندین زیرگروه از n مشاهده، مقادیر مشاهده شده $\bar{X}$، s و از این قبیل، به ترتیب متفاوت با مقادیر مفروض μ_0، σ_0 و از این قبیل است. به مقدار بیشتر از آنچه که انتظار می‌رود فقط به سبب عوامل تصادفی به وجود آید. تفاوت بین نمودارها با مقادیر پارامتر مفروض و آن‌هایی که هیچ مقدار از پیش تعیین شده‌ای ندارند، الزامات اضافی مربوط به تعیین موقعیت مرکز و انحراف فرایند است. مقادیر مشخص شده ممکن است بر اساس تجربه به دست آمده با استفاده از نمودارهای کنترل بدون هیچ اطلاعات یا مقادیر مشخص شده قبلی باشد. همچنین ممکن است برمبنای مقادیر اقتصادی ایجادشده براساس ملاحظات نیاز برای خدمت و هزینه تولید یا مقادیر اسمی تخصیص یافته توسط مشخصه‌های محصول باشد.

ترجیحاً، مقادیر مشخص شده باید از طریق بررسی داده‌های اولیه‌ای که فرض می‌شود تا خصوصیت همه داده‌های آینده را داشته باشد ، تعیین شود. برای عملکرد مؤثر نمودارهای کنترل، مقادیر مشخص شده باید سازگار با تغییرپذیری ذاتی فرایند باشد. از نمودارهای کنترل بر مبنای چنین مقادیر از پیش تعیین شده‌ای عملاً، در طول عملکرد فرایند استفاده می‌شود تا فرایندها را کنترل و محصول یا خدمت را به طور یکنواخت در سطح دلخواه حفظ کنند.

۵-۳ انواع نمودارهای کنترل مشخصه‌های کمی[1] و مشخصه‌های وصفی[2]

نمودارهای کنترل زیر در نظر گرفته می‌شوند:

الف نمودارهای کنترل مشخصه‌های کمی، زمانی استفاده می‌شود که اندازه‌ها در یک مقیاس پیوسته باشد:

۱ نمودار میانگین ($\bar{X}$) و دامنه (R) و نمودار انحراف استاندارد (s) ؛

۲ نمودار (X) های مجزا و دامنه جابجایی (R_m)؛

۳ نمودار میانه ($\tilde{X}$) و نمودار دامنه (R).

ب نمودارهای کنترل مشخصه‌های وصفی ، زمانی استفاده می‌شود که اندازه‌ها قابل شمارش بوده یا داده‌ها طبقه‌بندی شده باشند.

---

1 - Variables
2 - Attributes

۱ نمودار p برای تعداد واحدهای یک طبقه‌بندی معین در تعداد کل واحدها در نمونه که برحسب نسبت یا درصد بیان می‌شود؛
۲ نمودار np برای تعداد واحدهای یک طبقه‌بندی معین، جایی‌که اندازه نمونه ثابت باشد؛
۳ نمودار c برای تعداد وقوع، جایی‌که فرصت وقوع ثابت باشد؛
۴ نمودار u برای تعداد وقوع در هرواحد، جایی‌که فرصت وقوع متغیر باشد.

شکل ۲، فرایند انتخاب یک نمودار کنترل مناسب برای یک موقعیت معین را نشان می‌دهد.

۶ نمودارهای کنترل مشخصه‌های کمی

نمودارهای کنترل مشخصه‌های کمی، یا نمودار برای داده‌های متغیر، و به خصوص مرسوم‌ترین آن‌ها یعنی نمودار $(\overline{X})$ و R، کاربرد رایج نمودارهای کنترل را برای کنترل فرایندها نشان می‌دهد.

نمودارهای کنترل برای مشخصه‌های کمی، به ویژه، به چند دلیل مفید هستند:

الف بیشتر فرایندها و خروجی آن‌ها دارای مشخصه‌های قابل اندازه‌گیری هستند، از اینرو داده‌های متغیرتولید کرده و بنابراین به طور بالقوه از نظر کاربردی گسترش می‌یابند.

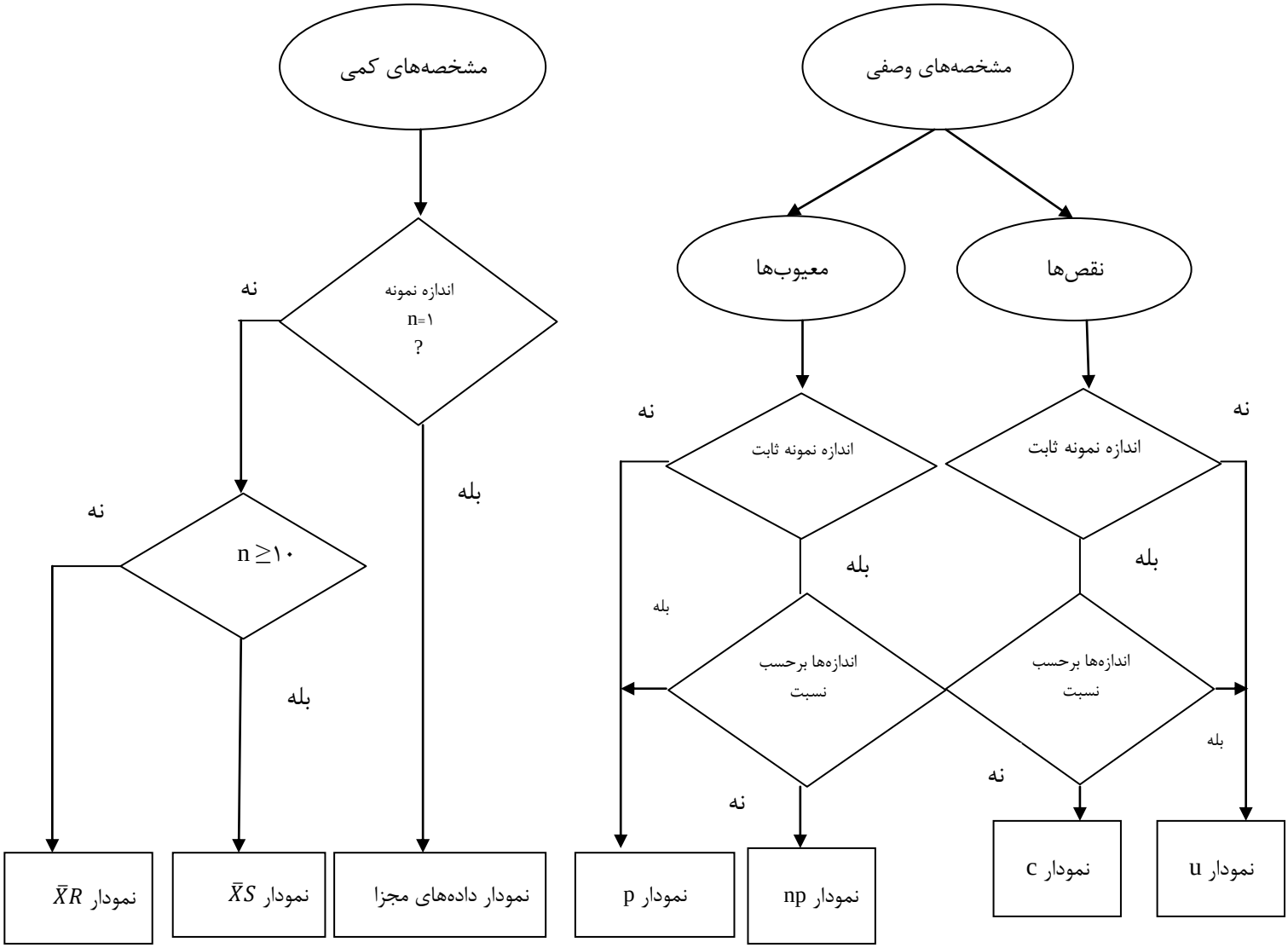
ب ازآنجایی‌که اطلاعات مشخص در مورد میانگین و انحراف معیار فرایند به طور مستقیم به دست آمده است، نمودارهای مشخصه‌های کمی آموزنده‌تر از نمودارهای مشخصه‌های وصفی هستند. نمودارهای مشخصه‌های کمی اغلب علامت نشانگری در فرایند است قبل از اینکه اقلام نامنطبق تولید شوند.

پ اگرچه به دست آوردن یک قلم داده اندازه‌گیری شده ، معمولاً هزینه برتر از به دست آوردن یک قلم داده بله یا خیراست، برای یک پایش معادل اثربخش، اندازه های زیرگروه‌هایی که برای مشخصه های کمی نیاز می‌شود، تقریباً همیشه کمتر از اندازه آن برای وصفی‌هاست. این موضوع به کاهش هزینه بازرسی کل در بعضی موارد و برای کوتاه کردن شکاف زمانی بین وقوع یک مشکل در فرایند و اقدام اصلاحی آن کمک می‌کند.

ت این نمودارها، میانگین دیداری فراهم می‌کنند تا به طور مستقیم عملکرد فرایند را صرفنظر از مشخصات، ارزیابی کنیم. یک نگاه دقیق به نمودارهای مشخصه‌های کمی ، همراه با بازنگری هیستوگرام‌ها در فواصل مناسب، اغلب منجر به ایده‌ها یا پیشنهاداتی برای بهبود فرایند خواهد شد.

برای همه کاربردهای نمودار کنترل مشخصه‌های کمی در این استاندارد ملی، فرض می‌شود که توزیع مشخصه‌های کیفیت نرمال است وانحراف از این فرض، بر عملکرد نمودارها اثر خواهد گذاشت. عوامل مورد استفاده برای پردازش حدود کنترل بااستفاده از فرض نرمال بودن در نظر گرفته شده است. از آنجایی‌که بیشترین حدود کنترلی به عنوان راهنمای تجربی در تصمیم‌گیری استفاده می‌شود ،به طور معقول، انحراف کم از وضعیت نرمال نباید باعث نگرانی شود. در هرمورد، به دلیل تئوری حد مرکزی، حتی هنگامی که مشاهدات منفرد موجود نباشد، بازهم میانگین ها تمایل دارند دارای توزیع نرمال باشند. این موضوع فرض نرمال بودن را در هنگام ارزیابی کنترل برای نمودارها، حتی برای اندازه‌های نمونه خیلی کم ۴یا ۵ ، توجیه می‌کند. هنگامی که با مشاهدات منفرد سر و کار داریم با توجه به قابلیت اهداف مطالعه، شکل واقعی توزیع مهم است. کنترل‌های دوره‌ای در مورد پیوستگی اعتبار چنین فرض‌هایی به ویژه برای اطمینان از این که

فقط از داده‌های یک جامعه منفرد استفاده می‌شود، توصیه می‌گردد. باید توجه داشت که توزیع دامنه‌ها و انحراف استانداردها نرمال نیستند. اگرچه، برای محاسبه حدود کنترل برای نمودار دامنه یا انحراف معیار، نرمال بودن در تعیین مقادیر ثابت ضرورت دارد، لیکن انحراف کم از نرمال بودن داده‌های فرایند، نباید نگرانی اصلی در استفاده از این نمودارها به عنوان یک رویه تصمیم‌گیری تجربی باشد.



شکل ۲- انواع نمودارهای کنترل

نمودارهای مشخصه‌های کمی می‌تواند داده‌های فرایند را برحسب سرعت (تغییرپذیری فرایند) و موقعیت (متوسط فرایند) توصیف کند. به این دلیل، نمودارهای کنترل برای مشخصه‌های کمی تقریباً همیشه به صورت زوجی آماده و تحلیل می‌شوند، یک نمودار برای موقعیت و دیگری برای سرعت. از آنجایی‌که نمودار برای سرعت، اساس و مجوزی برای تخمین انحراف استاندارد فرایند فراهم می‌کند، معمولاً ابتدا تحلیل می‌شود. از نتیجه تخمین انحراف استاندارد فرایند، می‌توان در ایجاد حدود کنترل برای نمودار موقعیت استفاده نمود.

هر نمودار می‌تواند یا با حدود کنترل تخمینی، در مواردی که حدود برمبنای اطلاعات به دست آمده از داده‌های نمونه رسم شده بر روی نمودار است رسم شود، یا با حدود کنترل از پیش تعیین شده برمبنای مقادیر مشخص پذیرفته شده قابل کاربرد برای اندازه‌های آماری رسم شده بر روی نمودار، رسم شود. از اندیس صفر (0) در جدول ۱و۳ برای تشخیص مقادیر معین، نظیر μ_0 برای میانگین فرایند مشخص یا σ_0 برای انحراف استاندارد فرایند مشخص، استفاده شود.
در ادامه، به طور معمول از نمودارهای کنترل مشخصه‌های کمی استفاده می‌شود.

۶-۱ نمودار میانگین ($\bar{X}$) و نمودار دامنه (R)، یا نمودار میانگین ($\bar{X}$) و نمودار انحراف استاندارد (s).

از نمودارهای ($\bar{X}$) و R زمانی می‌توان استفاده نمود که اندازه نمونه زیرگروه کم یا نسبتاً کم و معمولاً کمتر از ۱۰ باشد. نمودارهای $\bar{X}$ و s به ویژه در مورد اندازه های نمونه زیرگروه بزرگ $(n \geq 10)$ ترجیح دارد، از آنجایی‌که هرچه اندازه نمونه بزرگ‌تر شود، دامنه برای تخمین انحراف استاندارد فرایند، دارای اثربخشی کمتری می‌شود. زمانی که وسایل الکترونیکی در دسترس هستند، برای محاسبه حدود فرایند، انحراف استاندارد ترجیح دارد.
جدول ۱ و ۲ فرمول حدود کنترل و عوامل را برای هریک از این نمودارهای کنترل مشخصه‌های کمی نشان می‌دهد.

جدول ۱- فرمول حدود کنترل برای نمودارهای کنترل متغیرهای شوهارت

آماره	حدود کنترل تخمینی		حدود کنترل از پیش تعیین شده	
	خط مرکزی	L_{CL} و U_{CL}	خط مرکزی	L_{CL} و U_{CL}
$\bar{X}$	X	$\bar{\bar{X}} \mp A_2\bar{R}$ یا $\bar{\bar{X}} \mp A_3\bar{s}$	μ_0	$\mu_0 \pm A\sigma_0$
R	$\bar{R}$	$D_4\bar{R}, D_3\bar{R}$	$d_2\sigma_0$	$D_2\sigma_0, D_1\sigma_0$
s	$\bar{s}$	$B_4\bar{s}, B_3\bar{s}$	$c_4\sigma_0$	$B_6\sigma_0, B_5\sigma_0$
یادآوری- μ_0 و σ_0 مقادیر مفروض هستند.				

۶-۲ نمودار کنترل برای داده‌های منفرد (X) و نمودار کنترل برای دامنه‌های جابجایی (R_m)

در برخی موقعیت‌های کنترل فرایندکه انتخاب زیرگروه‌های منطقی قابل تشخیص نبوده، یا غیرممکن و غیر عملی است، ضروری است فرایند را برمبنای خواندن داده‌های منفرد با استفاده از نمودارهای X و R_m ارزیابی کنیم.

در مورد نمودارهای کنترل برای داده‌های منفرد، از آنجایی‌که زیرگروه‌های منطقی وجود ندارد، تا تخمینی از تغییرپذیری فراهم کنیم، حدود کنترل برمبنای معیار تغییر به دست آمده از دامنه‌های جابجایی دو مشاهده متوالی به دست می‌آید. دامنه جابجایی عبارت است از مقدار مطلق تفاوت زوج‌های متوالی از اندازه‌گیری‌ها در یک سری، به طورمثال مقدار مطلق تفاوت بین اولین و دومین اندازه‌گیری، سپس بین دومین و سومین و الی آخر. از دامنه‌های جابجایی، متوسط دامنه جابجایی، $\bar{R}_m$، برای ایجاد نمودارهای کنترل محاسبه شده و استفاده می‌شود. همچنین از کل مجموعه داده‌ها، متوسط کلی، $\bar{X}$، محاسبه می‌شود. جدول۳ فرمول حدود کنترل نمودارهای کنترل برای داده‌های منفرد و نمودارهای کنترل برای دامنه‌های جابجایی را نشان می‌دهد.

جدول ۲- عامل‌های محاسبه خطوط نمودار کنترل

مشاهدات در زیرگروه‌های با اندازه n	عامل‌ها برای حدود کنترل										عامل‌ها برای خط مرکزی	
	نمودار $\bar{X}$			نمودار S				نمودار R				
	A	A_2	A_3	B_3	B_4	B_5	B_6	D_1	D_2	D_3	D_4	C_4	D_2
۲	۲٫۱۲۱	۱٫۸۸۰	۲٫۶۵۹	-	۳٫۲۶۷	-	۲٫۶۰۶	-	۳٫۶۸۶	-	۳٫۲۶۷	۰٫۷۹۷۹	۱٫۱۲۸
۳	۱٫۷۳۲	۱٫۰۲۳	۱٫۹۵۴	-	۲٫۵۶۸	-	۲٫۲۷۶	-	۴٫۳۵۸	-	۲٫۵۷۵	۰٫۸۸۶۲	۱٫۶۹۳
۴	۱٫۵۰۰	۰٫۷۲۹	۱٫۶۲۸	-	۲٫۲۶۶	-	۲٫۰۸۸	-	۴٫۶۹۸	-	۲٫۲۸۲	۰٫۹۲۱۳	۲٫۰۵۹
۵	۱٫۳۴۲	۰٫۵۷۷	۱٫۴۲۷	-	۲٫۰۸۹	-	۱٫۹۶۴	-	۴٫۹۱۸	-	۲٫۱۱۴	۰٫۹۴۰۰	۲٫۳۲۶
۶	۱٫۲۲۵	۰٫۴۸۳	۱٫۲۸۷	۰٫۰۳۰	۱٫۹۷۰	۰٫۰۲۹	۱٫۸۷۴	-	۵٫۰۷۹	-	۲٫۰۰۴	۰٫۹۵۱۵	۲٫۵۳۴
۷	۱٫۱۳۴	۰٫۴۱۹	۱٫۱۸۲	۰٫۱۱۸	۱٫۸۸۲	۰٫۱۱۳	۱٫۸۰۶	۰٫۲۰۵	۵٫۲۰۴	۰٫۰۷۶	۱٫۹۲۴	۰٫۹۵۹۴	۲٫۷۰۴
۸	۱٫۰۶۱	۰٫۳۷۳	۱٫۰۹۹	۰٫۱۸۵	۱٫۸۱۵	۰٫۱۷۹	۱٫۷۵۱	۰٫۳۸۸	۵٫۳۰۷	۰٫۱۳۶	۱٫۸۶۴	۰٫۹۶۵۰	۲٫۸۴۷
۹	۱٫۰۰۰	۰٫۳۳۷	۱٫۰۳۲	۰٫۲۳۹	۱٫۷۶۱	۰٫۲۳۲	۱٫۷۰۷	۰٫۵۴۷	۵٫۳۹۴	۰٫۱۸۴	۱٫۸۱۶	۰٫۹۶۹۳	۲٫۹۷۰
۱۰	۰٫۹۴۹	۰٫۳۰۸	۰٫۹۷۵	۰٫۲۸۴	۱٫۷۱۶	۰٫۲۷۶	۱٫۶۶۹	۰٫۶۸۶	۵٫۴۶۹	۰٫۲۲۳	۱٫۷۷۷	۰٫۹۷۲۷	۳٫۰۷۸
۱۱	۰٫۹۰۵	۰٫۲۸۵	۰٫۹۲۷	۰٫۳۲۱	۱٫۶۷۹	۰٫۳۱۳	۱٫۶۳۷	۰٫۸۱۱	۵٫۵۳۵	۰٫۲۵۶	۱٫۷۴۴	۰٫۹۷۵۴	۳٫۱۷۳
۱۲	۰٫۸۶۶	۰٫۲۶۶	۰٫۸۸۶	۰٫۳۵۴	۱٫۶۴۶	۰٫۳۴۶	۱٫۶۱۰	۰٫۹۲۳	۵٫۵۹۴	۰٫۲۸۳	۱٫۷۱۷	۰٫۹۷۷۶	۳٫۲۵۸
۱۳	۰٫۸۳۲	۰٫۲۴۹	۰٫۸۵۰	۰٫۳۸۲	۱٫۶۱۸	۰٫۳۷۴	۱٫۵۸۵	۱٫۰۲۵	۵٫۶۴۷	۰٫۳۰۷	۱٫۶۹۳	۰٫۹۷۹۴	۳٫۳۳۶
۱۴	۰٫۸۰۲	۰٫۲۳۵	۰٫۸۱۷	۰٫۴۰۶	۱٫۵۹۴	۰٫۳۹۹	۱٫۵۶۳	۱٫۱۱۸	۵٫۶۹۶	۰٫۳۲۸	۱٫۶۷۲	۰٫۹۸۱۰	۳٫۴۰۷
۱۵	۰٫۷۷۵	۰٫۲۲۳	۰٫۷۸۹	۰٫۴۲۸	۱٫۵۷۲	۰٫۴۲۱	۱٫۵۴۴	۱٫۲۰۳	۵٫۷۴۰	۰٫۳۴۷	۱٫۶۵۳	۰٫۹۸۲۳	۳٫۴۷۲
۱۶	۰٫۷۵۰	۰٫۲۱۲	۰٫۷۶۳	۰٫۴۴۸	۱٫۵۵۲	۰٫۴۴۰	۱٫۵۲۶	۱٫۲۸۲	۵٫۷۸۲	۰٫۳۶۳	۱٫۶۳۷	۰٫۹۸۳۵	۳٫۵۳۲
۱۷	۰٫۷۲۸	۰٫۲۰۳	۰٫۷۳۹	۰٫۴۶۶	۱٫۵۳۴	۰٫۴۵۸	۱٫۵۱۱	۱٫۳۵۶	۵٫۸۲۰	۰٫۳۷۸	۱٫۶۲۲	۰٫۹۸۴۵	۳٫۵۸۸
۱۸	۰٫۷۰۷	۰٫۱۹۴	۰٫۷۱۸	۰٫۴۸۲	۱٫۵۱۸	۰٫۴۷۵	۱٫۴۹۶	۱٫۴۲۴	۵٫۸۵۶	۰٫۳۹۱	۱٫۶۰۹	۰٫۹۸۵۴	۳٫۶۴۰
۱۹	۰٫۶۸۸	۰٫۱۸۷	۰٫۶۹۸	۰٫۴۹۷	۱٫۵۰۳	۰٫۴۹۰	۱٫۴۸۳	۱٫۴۸۹	۵٫۸۸۹	۰٫۴۰۴	۱٫۵۹۶	۰٫۹۸۶۲	۳٫۶۸۹
۲۰	۰٫۶۷۱	۰٫۱۸۰	۰٫۶۸۰	۰٫۵۱۰	۱٫۴۹۰	۰٫۵۰۴	۱٫۴۷۰	۱٫۵۴۹	۵٫۹۲۱	۰٫۴۱۵	۱٫۵۸۵	۰٫۹۸۶۹	۳٫۷۳۵
۲۱	۰٫۶۵۵	۰٫۱۷۳	۰٫۶۶۳	۰٫۵۲۳	۱٫۴۷۷	۰٫۵۱۶	۱٫۴۵۹	۱٫۶۰۶	۵٫۹۵۱	۰٫۴۲۵	۱٫۵۷۵	۰٫۹۸۷۶	۳٫۷۷۸
۲۲	۰٫۶۴۰	۰٫۱۶۷	۰٫۶۴۷	۰٫۵۳۴	۱٫۴۶۶	۰٫۵۲۸	۱٫۴۴۸	۱٫۶۶۰	۵٫۹۷۹	۰٫۴۳۵	۱٫۵۶۷	۰٫۹۸۸۲	۳٫۸۱۹
۲۳	۰٫۶۲۹	۰٫۱۶۲	۰٫۶۳۳	۰٫۵۴۵	۱٫۴۵۵	۰٫۵۳۹	۱٫۴۳۸	۱٫۷۱۱	۶٫۰۰۶	۰٫۴۴۳	۱٫۵۵۷	۰٫۹۸۸۷	۳٫۸۵۸
۲۴	۰٫۶۱۲	۰٫۱۵۷	۰٫۶۱۹	۰٫۵۵۵	۱٫۴۴۵	۰٫۵۴۹	۱٫۴۲۹	۱٫۷۵۹	۶٫۰۳۲	۰٫۴۵۲	۱٫۵۴۸	۰٫۹۸۹۲	۳٫۸۹۵
۲۵	۰٫۶۰۰	۰٫۱۵۳	۰٫۶۰۶	۰٫۵۶۵	۱٫۴۳۵	۰٫۵۵۹	۱٫۴۲۰	۱٫۸۰۵	۶٫۰۵۶	۰٫۴۵۹	۱٫۵۴۱	۰٫۹۸۹۶	۳٫۹۳۱

*برای اندازه نمونه $n > 10$ توصیه نمی‌شود.

باتوجه به نمودارهای کنترل برای داده‌های منفرد، باید به برخی نکات توجه کرد:

الف نمودارها برای داده‌های منفرد به اندازه نمودارهای برمبنای زیرگروه‌ها حساس به تغییرات فرایند نیستند.

ب اگر توزیع فرایند نرمال نباشد، در تفسیر نمودارها برای داده‌های منفرد، باید مراقبت شود.

پ نمودارها برای داده‌های منفرد، تغییرپذیری فرایند را از متوسط تفاوت متوالی بین مشاهدات مجزا می‌کند. و بدین ترتیب دلالت بر این دارد که داده‌ها برحسب زمان مرتب شده‌اند و این‌که هیچ تغییر معناداری در فرایند در بین مجموعه‌ای از هر دو داده منفرد متوالی واقع نشده است. اگر خط تولید در بین راه متوقف شود، غیرمنطقی است که به طور مثال، داده‌ها را از دو رشته ناپیوسته از تولید یک بسته محصول شیمیایی جمع آوری کرده و یک دامنه تغییر بین آخرین بسته از رشته اول و اولین بسته از رشته بعدی محاسبه کنیم.

جدول ۳- فرمول حدود کنترل برای نمودارهای کنترل برای داده‌های منفرد

آماره	حدود کنترل تخمینی		حدود کنترل از پیش تعیین شده	
	خط مرکزی	L_{CL} و U_{CL}	خط مرکزی	L_{CL} و U_{CL}
داده‌های منفرد، X	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm 2.660\bar{R}_m$	μ_0	$\mu_0 \pm 3\sigma_0$
دامنه جابجایی، R_m	$\bar{R}_m$	3.267 $\bar{R}_m$ 0	1.128 σ_0	3.686 σ_0 0

یادآوری۱- μ_0 و $\boldsymbol{\sigma_0}$ مقادیر از پیش تعیین شده هستند

یادآوری۲- $\bar{R}_m$، متوسط دامنه جابجایی دو مشاهده را معین می‌کند.

۳-۶ نمودارهای کنترل برای میانه‌ها $(\tilde{X})$

نمودارهای میانه، نوع دیگر نمودارهای $\bar{X}$ برای کنترل موقعیت فرایندها در زمانی است که بخواهیم تأثیر مقادیر کرانگی[1] در یک زیرگروه را کاهش دهیم. این نوع نمودار می‌تواند برای زیرگروه‌های ایجادشده از اندازه‌های نمونه‌هایی با تغییرات خیلی بالا و بسیار مکانیزه از قبیل اندازه‌گیری کشش، به کار رود. نمودارهای میانه از نظر استفاده آسان بوده و نیاز به محاسبات زیادی، به ویژه برای زیرگروه‌های با اندازه کوچک که دارای تعداد مشاهدات فرد باشد، ندارد. این می‌تواند پذیرش کارگران کارخانه از رویکرد نمودار کنترل را حتی بیشتر از هنگامی که مقادیر منفرد در زیرگروه همراه با میانه آن‌ها بر روی همان نمودار رسم شوند، افزایش دهد. نمودار همچنین سرعت خروجی فرایند و تصویر پیوسته‌ای از انحرافات فرایند را نشان می‌دهد. باید توجه داشت که نمودار میانه، به طور حاشیه‌ای پاسخ آهسته‌تر به شرایط خارج از کنترل نسبت به نمودار $\bar{X}$ می‌دهد.

حدود کنترل برای نمودارهای میانه به دو روش محاسبه می‌شود: با استفاده از میانه میانه‌های زیرگروه‌ها و میانه دامنه‌ها و یا با استفاده از متوسط میانه‌های زیرگروه‌ها و متوسط دامنه‌ها. در این استاندارد، فقط رویکرد دوم که آسان‌تر ومناسب‌تراست، مدنظر قرار می‌گیرد.

حدود کنترل به طریق زیر محاسبه می‌شوند.

1 - Extreme

۶-۳-۱ نمودار میانه

خط مرکزی= $\overline{\tilde{X}}$ = متوسط میانه های زیرگروه

$$U_{CL\bar{\tilde{X}}} = \bar{\tilde{X}} + A_4\bar{R}$$

$$L_{CL\bar{\tilde{X}}} = \bar{\tilde{X}} - A_4\bar{R}$$

مقادیر ثابت A_4 در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴- مقادیر A_4

n	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
A_4	۱٫۸۸۰	۱٫۱۸۷	۰٫۷۹۶	۰٫۶۹۱	۰٫۵۴۸	۰٫۵۰۸	۰٫۴۳۳	۰٫۴۱۲	۰٫۳۶۲

۶-۳-۱ نمودار دامنه

نمودار دامنه به همان روش نمودار $\bar{X}$ و R در بند ۶-۱ ایجاد می‌شود.

۷ رویه کنترل و تفسیر برای نمودارهای کنترل مشخصه‌های کمی

سیستم شوهارت نمودارها تصریح می‌کند که اگر موقعیت فرایند و تغییرپذیری فرایند در سطح فعلی خود ثابت باقی بماند، آماره‌های رسم شده به طور منفرد (به طور مثال: $\overline{X}$، R و s) فقط به طور تصادفی تغییر کرده و به ندرت خارج از حدود کنترل قرار می‌گیرد. به علاوه، هیچ روند یا الگویی در داده‌ها، به غیر از آنچه به تصادف اتفاق می‌افتد دیده نمی‌شود. نمودارها برای موقعیت نشان می‌دهد که میانگین فرایند کجا واقع شده و اینکه آیا فرایند با توجه به میانگین ثابت است یا نه. به طور مثال، نمودار $\overline{X}$، تفاوت بین انحراف زیرگروه‌ها در طول زمان را مشخص کرده و برای مشخص کردن انتقال در میانگین بین زیرگروه ها طراحی می‌شود. نمودار R یا s انحراف داخل زیرگروه‌ها را در یک زمان معین آشکار کرده و برای مشخص کردن تغییرات در انحرافات فرایند طراحی می‌شود. نمودار R یا s باید قبل از این‌که نمودار موقعیت تفسیر شود تحت کنترل باشد. رویه کنترلی زیر برای نمودارهای $\overline{X}$ و s (یا R) به کار می‌رود. یک رویه مشابه می‌تواند برای سایر نمودارهای کنترلی شامل نمودار داده‌های منفرد (X) در جایی که زیرگروه‌های منطقی مناسبی وجود ندارد، استفاده شود.

۷-۱ جمع‌آوری داده‌های اولیه

زیرگروه‌های منطقی اولیه را از فرایند تحت شرایط عملیات استاندارد جمع آوری کنید (به بند ۱۱-۳ رجوع شود). s (یا R) هر زیرگروه را محاسبه کنید. متوسط آماره‌های زیرگروه ($\bar{R}$ یا $\bar{s}$) را محاسبه کنید. معمولاً حداقل ۲۵ زیرگروه اولیه در نظر گرفته می‌شود تا از تخمین های قابل اعتماد ($\bar{R}$ یا $\bar{s}$) تغییرات فرایند و توالی حدود کنترل اطمینان یابیم.

۷-۲ بررسی[1] نمودار s (یا R)

دنباله خط مرکزی و حدود کنترل نمودار s (یا R) را محاسبه کرده و ترسیم کنید. نقاط داده‌ها را در مقابل

1- Examine

حدود کنترل دنباله برای نقاط خارج از حدود کنترل یا برای الگوها یا روندهای غیرمعمول، بررسی کنید. برای هر چنین علامتی بر روی نمودار، تحلیلی از عملیات فرایند به منظور تلاش برای شناسایی و حذف عوامل قابل تشخیص انجام دهید.

یادآوری ۱- توزیع‌های نمونه گیری s و R هردو در مورد مقدار میانگین نامتقارن هستند. با این حال، برای ساده‌سازی و آسانی در ایجاد نمودار R و s ، حدود متقارن سه سیگما تا حد زیادی پذیرفته شده است. هنگامی که حد پایینی محاسبه شده دارای مقدار منفی باشد از حد کنترل پایینی صفر استفاده می‌شود.

یادآوری ۲- اگر شخص نتواند عامل مشخصی برای نقطه ای که خارج از کنترل رسم شده شناسایی کند، شخص باید نقطه را در محاسبه حدود کنترل حفظ کند.

۷-۳ حذف عوامل مشخص و اصلاح نمودار

همه زیرگروه‌هایی که تحت تأثیر عوامل قابل تشخیص شناسایی شده قرار گرفته‌اند را خارج سازید، سپس مجدداً خط مرکزی و حدود کنترل اصلاح شده را محاسبه کرده و ترسیم کنید. نمودار را بررسی کنید تا تعیین کنید که آیا همه نقاط داده باقی‌مانده در مقایسه با حدود اصلاح شده، کنترل آماری را نشان می‌دهند. در صورت لزوم شناسایی یا محاسبه مجدد را تکرار کنید.

یادآوری – اطمینان یابید که حداقل ۲/۳ زیرگروه‌ها باقی می‌ماند. در صورت لزوم زیرگروه‌های اضافی را جمع‌آوری کنید.

۷-۴ بررسی نمودار X

از آنجایی‌که انحراف استانداردها (یا دامنه‌ها) تحت کنترل آماری هست، تغییرپذیری فرایند (انحراف داخل زیرگروه) ثابت در نظر گرفته می‌شود. آن‌گاه متوسط‌ها می‌تواند برای بررسی این‌که آیا موقعیت مرکزیت فرایند با گذشت زمان تغییر می‌کند، تحلیل شود. خط مرکزی و حدود کنترل نمودار $\overline{X}$ را محاسبه کرده و رسم کنید. مسیر (نقاط) داده‌ها را در برابر حدود کنترل برای نقاط خارج از حدود کنترل یا برای الگوها یا روندهای غیرمعمول امتحان کنید. هریک از نقاط خارج از کنترل را در جایی‌که عوامل قابل تشخیص شناسایی می‌شوند ، کنار گذاشته[1] و خط مرکزی و حدود کنترل بازنگری شده را مجددا محاسبه کرده و ترسیم کنید. کنترل کنید که ایا هنگام مقایسه با حدود بازنگری شده، همه نقاط داده‌ها کنترل آماری را نشان می‌دهند یا خیر، اگر لازم است، شناسایی و یا محاسبه مجدد را به توالی تکرار کنید.
هر زیرگروهی که از ساختار نمودار s یا (R) خارج شود، باید از ساختار نمودار $\overline{X}$ نیز جدا شود.

یادآوری۱- خارج نمودن زیرگروه‌هایی که نشان‌دهنده شرایط خارج از کنترل هستند برای اینست که اطمینان یابیم که حدود کنترلی که محاسبه می‌شوند، فقط انعکاس دهنده تغییرات به سبب عوامل تصادفی هستند.

یادآوری۲- برای کمک به بررسی‌ها و ارائه مدرک اساسی که نشان دهنده رفتار فرایند است، نباید نقاط خارج از موقعیت‌های کنترل حذف شده برای تعیین حدود کنترل را از نمودار رسم شده، خارج نمود.

1 - Exclude

۵-۷ پایش مداوم فرایند

هنگامی که کنترل آماری برقرار می‌شود به طوری که دیگر هیچ علامت (اخطاری) روی نمودار وجود ندارد، این حدود کنترل بازنگری شده باید برای پایش مداوم آینده فرایند، پذیرفته شود. از آنجایی که نشان داده شده که فرایند تحت وضعیت کنترل آماری است، نیازی به تغییر حدود کنترل به عنوان زیرگروه‌های اضافی به دست آمده در این مرحله پایش نیست. با این‌حال، شخص ممکن است بخواهد تا حدود کنترل را در یک فاصله زمانی، یا هنگامی که هیچ تغییری در فرایند وجود ندارد، به روز کند.

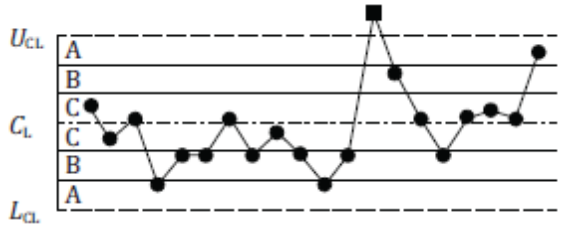
در مواقعی که اخطار(علامتی) روی نمودار دیده شده و علت قابل تشخیصی شناسایی شود، حذفی که تغییرات اساسی را الزام کرده باید در فرایند ایجاد شود، ممکن است که رویه شناسایی یا محاسبه مجدد مطرح شده در بند ۷-۱ تا ۷-۴ برای برقراری مجدد فرایند کنترل الزام شود.

۸ آزمون‌های روند برای موارد قابل تشخیص انحراف

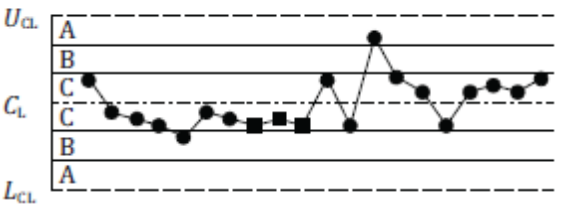
الگوهای نظام‌مند یا غیرتصادفی در مورد نمودار کنترل می‌تواند جابجایی‌های کمتری را در میانگین فرایند یا تغییرپذیری فرایند نشان دهد. این الگوها ممکن است به اندازه کافی بزرگ نباشند تا خودشان را به سرعت به عنوان نقاط خارج از حدود کنترل نشان دهند. تحلیل‌گر باید مواظب هرگونه الگوی نقاطی روی نمودار باشد، که می‌تواند تأثیر عوامل قابل تشخیص در فرایند را نشان دهد. مجموعه‌ای از آزمون‌های روند که برای تفسیر الگوها در نمودار شوهارت $\bar{X}$ و نمودار X می‌تواند استفاده شود، به طور قیاسی در شکل ۳ نشان داده شده است.

یادآوری۱- برخی صنایع ممکن است از آزمون‌های روند متفاوتی استفاده کنند.

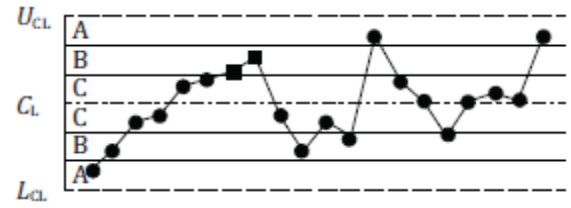
یادآوری۲- در رابطه با نمودارهای np،p، c و u که حد کنترل پایینی با صفر تنظیم شده، نمی‌توان سه ناحیه یک سیگما (سه سیگما) را زیر خط مرکزی ایجاد نمود.



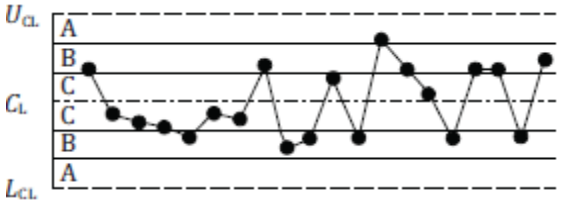
۱- یک یا چند نقطه خارج از ناحیه A قرار گرفته‌اند (خارج از حدود کنترل)



۲- مسیر- هفت یا بیشتر از هفت نقطه متوالی در یک سمت خط مرکزی قرار گرفته‌اند



۳- روند- هفت نقطه متوالی به طور کاملاً افزایشی یا کاهشی



۴- هیچ الگوی غیر تصادفی واضحی وجود ندارد

شکل ۳- مثال‌هایی از آزمون‌های روند برای عوامل قابل تشخیص

با هدف به کاربردن این آزمون‌ها، نمودار کنترل به طور معادل به سه ناحیه A، B و C روی هرگوشه از خط مرکزی، و با وسعت یک سیگما برای هر ناحیه تقسیم می‌شود. این تقسیم‌بندی کار را برای محقق آسان می‌کند تا الگویی را پیدا کند که انحراف از یک فرایند پایدار را دور می‌کند. به طور مثال، هنگامی که چنین تقسیم بندی هایی به کار می رود، « الگوهای غیر تصادفی مشهود » آزمون ۴ می‌تواند با سهولت بیشتری مشخص شود. ما انتظار داریم در یک فرایند پایدار، حدود دو یا سه نقطه رسم شده در ناحیه C قرار گیرد. اگر اساساً، کمتر از دو یاسه نقطه رسم شده در ناحیه C قرار گیرد، همان‌طور که در آزمون ۴ از شکل ۳ نشان داده شده، شخص باید نگران چنین الگوی غیرتصادفی در طرح رسم‌شده باشد. از چنین الگویی برای بررسی بیشتر فرایندها برای عوامل قابل تشخیص بالقوه، استفاده می‌شود در ادامه علائم عمومی برای چهار آزمون شکل ۳ ارائه می‌شود.

الف آزمون۱ علامت وجود شرایط خارج از کنترل است.

ب آزمون ۲ علامت این است که میانگین یا تغییرپذیری فرایند از خط مرکزی انتقال پیدا کرده است.

پ آزمون ۳ علامت روند خطی نظام‌مند در فرایند است.

ت آزمون ۴ علامت عدم انطباق یا الگوی دوره‌ای در فرایند است.

برای بحث کامل‌تر این آزمون‌ها، به نلسون ال.اس (۱۹۸۴)[۲] و نلسون ال. اس (۱۹۸۵) [۳] مراجعه شود. در پیوست ب مثال‌هایی از این مورد ارائه شده است.

به یک فرایند با توالی از نقاط روی نمودار که یک یا چند قاعده آزمون را نقض می‌کند، خارج از کنترل گفته شده، و علل معین انحراف آن باید تشخیص داده شده و اصلاح شود. انجام این قواعد آزمون تکمیلی، توانایی نمودار کنترل برای تشخیص انتقال‌های پایین‌تر در میانگین فرایند را، با هزینه نرخ هشدار بالاتر بهبود می‌دهد. اگر برای نمودار $\bar{X}$ یا X شوهارت، آزمون‌های روند شماره یک تا سه به طور همزمان به کار برده شود، نرخ هشدار نادرستی در حدود ۱۰ د ر ۱۰۰۰ دارد، در مقایسه، هنگامی که فقط اولین تست به کار رود، نرخ هشدار سه در هزار خواهد بود.

۹ کنترل فرایند، قابلیت فرایند، و بهبود فرایند

وظیفه سامانه کنترل فرایند این است که علائم آماری مجزا کننده عوامل انحراف غیرقابل تشخیص را از عوامل انحراف قابل تشخیص ارائه دهد، به طوری که فقط انحراف غیر قابل تشخیص موجود، باقی می‌ماند. حذف نظام‌مند عوامل قابل تشخیص انحرافات مفرط به واسطه تلاش‌های معین و پیوسته برای حذف عوامل، فرایند را در وضعیت کنترل آماری قرار می‌دهد. زمانی که فرایند در وضعیت کنترل آماری باشد، عملکرد آن قابل پیش بینی است و قابلیت آن برای تأمین مشخصات می‌تواند ارزیابی شود. از آن جایی‌که پیش‌بینی اساس مدیریت است، توانایی برای شناخت این‌که بدانیم چه انتظار داریم، برحسب عملکرد فرایند به طور سازگارتر، قایل پیش بینی‌تر و قابل اعتمادتر، ارزشمند است.

قابلیت فرایند توسط انحراف کل که حاصل عوامل رایج است، تعیین می‌شود - حداقل انحرافی که می‌تواند بعد از حذف همه عوامل قابل تشخیص به دست آید. همان طور که شرح داده شد، هنگامی که فرایند در یک وضعیت کنترل آماری عمل می‌کند قابلیت فرایند، عملکرد فرایند را به تنهایی نشان می‌دهد، (به مجموعه

استانداردهای ISO 22514 رجوع شود). به علاوه، قبل از این‌که قابلیت فرایند را بتوان ارزیابی کرد، باید تحت کنترل آماری آورده شود. بدین ترتیب، ارزیابی قابلیت فرایند، پس از آن آغاز می‌شود که موضوعات کنترل در هر دو نمودار $\bar{X}$ و R حل شوند. این موضوعات عبارتند از این‌که عوامل خاص شناسایی، تحلیل، اصلاح و از رخداد مجدد آن‌ها جلوگیری شود و نمودارهای کنترل در حال پیشرفت، فرایندی که در کنترل آماری باقی مانده را ترجیحاً، برای حداقل ۲۵ زیرگروه قبلی، منعکس می‌کند. به طور کلی به منظور این‌که ببینیم که آیا مشخصه‌ها می‌تواند به طور مداوم برآورده شود، توزیع خروجی فرایند با مشخصه‌های مهندسی مقایسه می‌شود. قابلیت فرایند، معمولاً برحسب شاخص قابلیت فرایند C_p و C_{pk} اندازه‌گیری می‌شود. (به مجموعه استانداردهای ISO 22514 رجوع شود). مقدار C_p کمتر از یک نشان‌دهنده عدم قابلیت فرایند است و مقدار C_p =۱ نشان‌دهنده قابلیت فرایند، تنها در آن لحظه است. در عمل، مقدار C_p برابر با ۱٫۳۳ معمولاً به عنوان حداقل مقدار پذیرش به طور کامل در نظر گرفته می‌شود، از آن‌جایی‌که همیشه برخی انحرافات نمونه‌گیری وجود دارد و فرایندهای کمی همیشه و به طور مداوم در کنترل آماری قرار دارند.

با این‌حال باید توجه داشت که سنجه C_p فقط ارتباط حدود را با گستره فرایند، اندازه‌گیری می‌کند و موقعیت یا مرکزیت فرایند در نظر گرفته نمی‌شود. این احتمال وجود دارد که درصدی مقادیر خارج از حدود مشخصات را با مقدار C_p بالایی داشته باشیم. به این دلیل، مهم است تا فاصله مقیاس‌بندی شده بین متوسط فرایند و نزدیک‌ترین حد مشخصه را در نظر بگیریم.

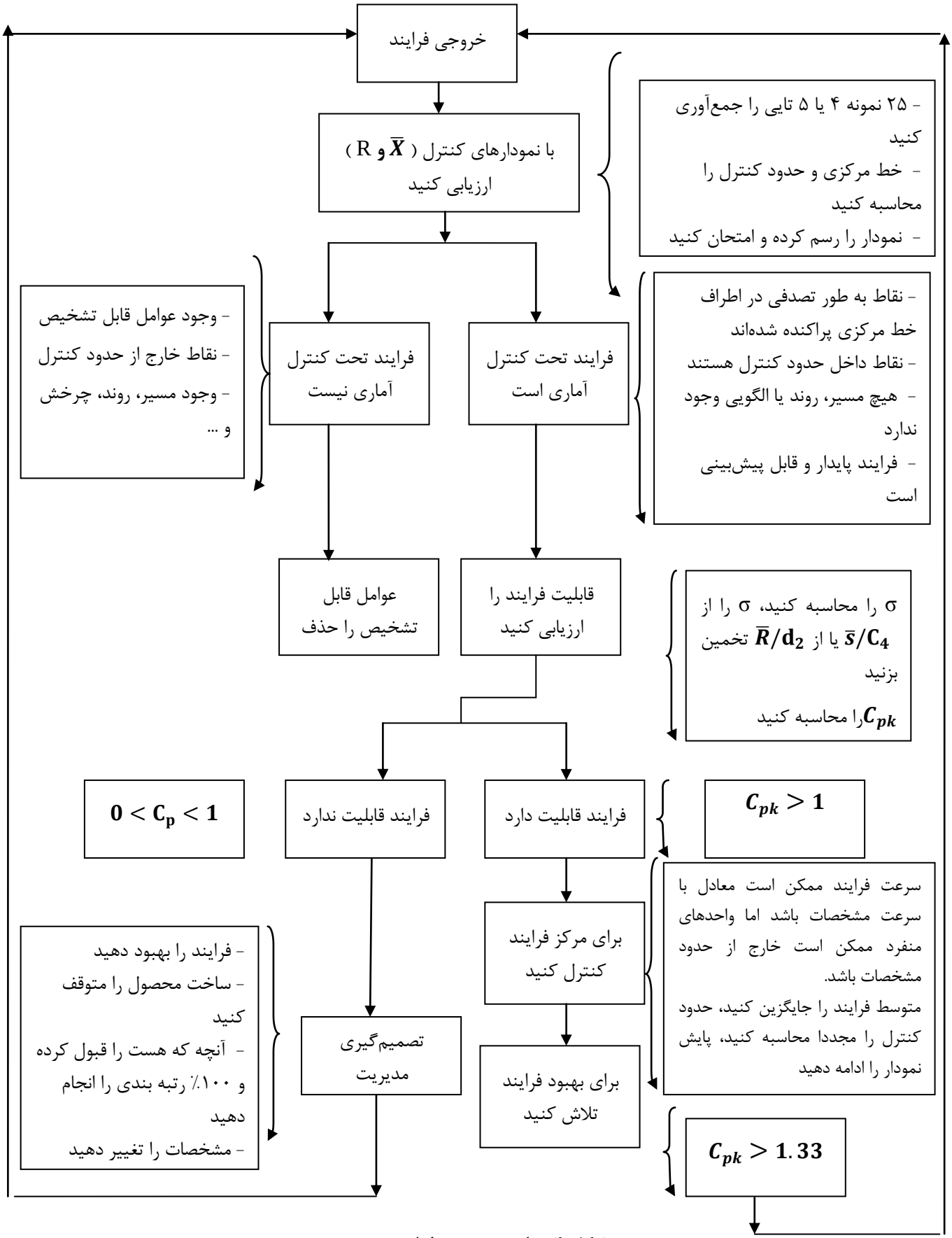
از منظر بحث فوق، یک رویه، همانطور که به صورت طرح‌واره[1] در شکل ۴ نشان داده شده، می‌تواند به عنوان راهنمایی برای توضیح مراحل کلیدی که منجر به کنترل فرایند، قابلیت و بهبود آن می‌شود، استفاده شود. حداقل الزامات قابلیت مشخص شده، براساس مذاکرات بین تأمین کننده و مشتری تعیین می‌شود.

۱۰ نمودارهای کنترل مشخصه‌های وصفی

مشخصه‌های وصفی، مشاهدات به دست آمده را با توجه به وجود یا عدم وجود برخی مشخصه‌ها (یا ویژگی‌ها) در هر واحد در زیرگروه تحت ملاحظه نشان می‌دهد و آن‌گاه شمارش می‌کند که چند تا از واحدها، مشخصه‌ها را برآورده کرده یا نکرده، یا چندتا از چنین وقایعی در واحد، گروه یا ناحیه رخ می‌دهد. به دست آوردن مشخصه‌های وصفی، سریع وکم هزینه است و اغلب نیاز به مهارت جمع‌آوری خاصی ندارد. جدول ۵ فرمول حدود کنترل را برای نمودارهای کنترل مشخصه‌های وصفی، نشان می‌دهد.

توجه بیشتری در استفاده از مشخصه‌های کمی برای بهبود فرایند وجود دارد، اما داده‌های بازگشتی از صنایع اصلی نشان می‌دهد که بیش از ۸۰ درصد مسائل کیفیت در طبیعت، وصفی هستند. بنابراین، لازم است بر بهبود مشخصه‌های وصفی با استفاده از نمودارهای کنترل، تأکید بیشتری شود.

1- Schematically



شکل ۴- راهبرد بهبود فرایند

یادآوری- اندازه بهینه نمونه تابع اجزاء داخل و بین انحراف نمونه‌هاست.

در مورد نمودارهای کنترل برای مشخصه‌های کمی، رویه معمول این است که یک زوج از نمودارهای کنترل، یکی برای کنترل میانگین و دیگری برای کنترل پراکندگی را برقرار نگه داریم. این کار بدین دلیل ضرورت دارد، که توزیع اصلی در نمودارهای کنترل برای مشخصه‌های کمی، توزیع نرمال است که وابسته به این دو پارامتر است. با این‌حال، در مورد نمودارهای کنترل برای مشخصه‌های وصفی، یک نمودار تنها کافی خواهد بود، چراکه توزیع فرض شده فقط یک پارامتر مستقل در سطح میانگین دارد. نمودارهای p و np برمبنای توزیع دوجمله‌ای هستند، در حالی‌که نمودارهای u وc برمبنای توزیع پواسون هستند.

محاسبات این نمودارها مشابه هستند به استثنای مواردی که تغییرپذیری در اندازه زیرگروه تحت تأثیر موقعیت باشد. هنگامی که اندازه زیرگروه ثابت باشد، مجموعه یکسان از حدود کنترل می‌تواند برای هر زیرگروه استفاده شود. بااین حال، اگر تعداد اقلام بازرسی شده در هر زیرگروه تغییر کند، حدود کنترل مجزا باید برای هر زیرگروه محاسبه شود. بدین ترتیب نمودارهای c و np به طور معقولی با یک اندازه نمونه ثابت استفاده می‌شود، در حالی‌که نمودارهای u و p می‌تواند در هر موقعیتی استفاده شود.

جایی‌که اندازه نمونه از نمونه‌ای به نمونه دیگر تغییر می‌کند، حدود کنترل مجزا برای هر نمونه محاسبه می‌شود. برای اندازه زیرگروه کوچک‌تر، محدوده کنترل وسیع تر و برعکس لازم است. اگر اندازه نمونه به طور محسوس تغییر نکند، آن‌گاه یک مجموعه تنها از حدود کنترل برمبنای متوسط اندازه زیرگروه می‌تواند استفاده شود. برای اهداف کاربردی، این مورد به خوبی برای موقعیت‌هایی که اندازه نمونه در فاصله ٪۲۵ ± اندازه زیرگروه هدف قرار دارد، کاربرد دارد.

یادآوری- به طور متناوب، ممکن است حدود کنترل برای کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین اندازه نمونه استفاده شود. برای دنباله نقاط در بین این‌ها، فقط حدود کنترل ممکن است محاسبه شود.

جدول ۵- فرمول حدود کنترل برای نمودارهای کنترل مشخصه‌های وصفی شوهارت

آماره	هیچ مقدار استانداردی داده نشده		مقدار استاندارد داده شده	
	خط مرکزی	۳σ- حدود کنترل	خط مرکزی	۳σ- حدود کنترل
P	$\bar{p}$	$\bar{p} \pm 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$	p_0	$p_0 \pm 3\sqrt{p_0(1-p_0)/n}$
Np	$n\bar{p}$	$n\bar{p} \pm 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	np_0	$np_0 \pm 3\sqrt{np_0(1-p_0)}$
C	$\bar{c}$	$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$	c_0	$c_0 \pm 3\sqrt{c_0}$
u	$\bar{u}$	$\bar{u} \pm 3\sqrt{\bar{u}/n}$	u_0	$u_0 \pm 3\sqrt{u_0/n}$

یادآوری۱- p_0، np_0، c_0 و u_0 مقادیر استاندارد داده شده هستند.

یادآوری۲- هنگامی که حد پایینی محاسبه شده دارای مقدار منفی باشد، از حد کنترل پایینی صفر استفاده می‌شود.

برای موقعیت‌هایی که اندازه نمونه متغیر است، یک راهکار، استفاده از متغیر استاندارد شده است. برای مثال، به جای موقعیت p، مقدار استاندارد شده آن را قرار دهید:

$$Z = \frac{p - p_0}{\sqrt{p_0(1-p_0)/n}}$$

یا

$$Z = \frac{p - \bar{p}}{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}}$$

براساس این‌که آیا مقدار استاندارد برای p مشخص شده باشد یا نه، خط مرکزی همانند حدود کنترل، ثابت و مستقل از اندازه زیرگروه بوده و اینچنین معین می‌شود:

خط مرکزی =۰

U_{CL} = +۳

L_{CL} = -۳

نمودار p برای تعیین درصد متوسط اقلام نامنطبق ارائه شده در طول یک دوره زمانی استفاده می‌شود. این نمودار با رسیدگی کارکنان فرایند و مدیریت هرگونه تغییری در این متوسط آغاز می‌شود. تشخیص داده می‌شود که این فرایند نیز، به همان روشی که برای نمودارهای $\overline{X}$ و R انجام شده تحت کنترل آماری قرار گیرد. اگر همه نقاط نمونه ، بدون ارائه هرگونه نشانه‌ای از یک عامل قابل تشخیص، داخل دنباله حدود کنترل قرار گیرد، گفته می‌شود که فرایند تحت کنترل است. در چنین موردی، نسبت متوسط عدم انطباق $\bar{p}$، به عنوان مقدار استاندارد برای نسبت عدم انطباق p_0 ، در نظر گرفته می‌شود.

با نقاط زیر حدود کنترل پایینی، باید به طور متفاوت از نقاط بالایی رفتار شود. آن‌ها نشان‌هنده تغییرات درفرایند به وسیله حذف عوامل رایج هستند، اما باید توجه داشت که آن ممکن است همچنین به استانداردهای بازرسی پایین‌تر اشاره داشته باشد. هنگامی که یک شکست معناداری از طریق L_{CL} اتفاق بیفتد، درک عوامل و ایجاد تغییرات در استاندارد کاری، اهمیت دارد.

۱۱ ملاحظات اولیه قبل از شروع یک نمودار کنترل

۱۱-۱ انتخاب مشخصه‌های بحرانی کیفیت (CTQ)[1] توصیف کننده فرایند کنترل

مشخصه‌هایی که به طور بحرانی بر عملکرد محصول، فرایند یا خدمت اثر می‌گذارد و مواردی‌که ارزشی را به مشتری اضافه می‌کند، باید در مرحله طرح‌ریزی کیفیت، طبقه‌بندی شود. این مشخصه‌ها، جایی که تغییر عامل معنی‌داری از فرایند باشد، بایدبه گونه‌ای انتخاب شود که اثر قطعی بر روی کیفیت محصول یا خدمت داشته باشد و از پایداری و قابلیت پیش بینی فرایندها اطمینان یابیم. این ممکن است جنبه‌هایی باشد که به طور مستقیم به ارزیابی عملکرد فرایند مربوط می‌شود، برای مثال، مربوط به محیط، سلامتی، رضایت مشتری یا پارامتری از فرایند که عملکرد آن در دستیابی به مقصود طراحی مهم است. نمودارهای کنترل باید در طی مرحله توسعه فرایند معرفی شود تا داده‌ها و اطلاعات را در مورد محصول و فرایند جدید، به آسانی جمع‌آوری کنیم تا به قابلیت فرایند قبل از تولید دست یابیم. این‌کار، این امکان را فراهم می‌سازد که فرایند بهینه شده، و هرگونه طرح یا بهبود فرایندی برای تولید بهتر یک محصول یا خدمت، ایجاد شود.

1 - Critical to quality

۱۱-۲ تحلیل فرایند

اگر ممکن باشد، یک تحلیل تفضیلی از فرایند باید برای تعیین موارد ذیل انجام شود:

الف نوع و موقعیت عواملی که ممکن است موجب بی‌نظمی‌شوند؛

ب اثر وضع مشخصه‌ها؛

پ روش و موقعیت بازرسی؛

ت همه عوامل مربوطه که ممکن است بر فرایند تولید اثر گذارد.

تحلیل باید برای تعیین پایداری فرایندها، دقت تجهیزات آزمون، کیفیت خروجی‌های فرایندها، و الگوهای همبستگی بین انواع و عوامل عدم انطباق‌ها انجام شود. الزام می‌شود که شرایط عملیات ترتیباتی را ایجاد کند تا در صورت لزوم، فرایند و تجهیزات تولید را، تنظیم کند و همچنین طرح‌هایی را برای کنترل آماری فرایندها تدبیر کند. این کمک خواهد کرد تا بهینه‌ترین مکان دقیق را برای انجام کنترل‌ها معین کرده و سریعاً هرگونه بی‌نظمی در عملکرد فرایند را شناسایی کنیم تا اجازه اقدام اصلاحی فوری را بدهیم.

۱۱-۳ انتخاب زیرگروه‌های منطقی

بر اساس نمودارهای کنترل، عقیده اصلی شوهارت از تقسیم مشاهدات به آنچه که زیرگروه های منطقی نامیده می‌شود این است که در واقع مشاهدات، تحت ملاحظاتی به زیرگروه‌هایی در داخل جایی که انحرافات ممکن است فقط به سبب عامل تصادفی در نظر گرفته شوند طبقه بندی شوند، اما بین جایی که هر تفاوت ممکن است به سبب عوامل قابل تشخیصی باشد، که نمودار کنترل قصد دارد آن را مشخص کند.

این کار، بستگی به دانش فنی و آشنایی با شرایط فرایند و شرایطی که داده‌ها در نظر گرفته شده، دارد. از طریق شناسایی هر زیرگروه با یک زمان یا یک منبع، عوامل خاص مشکل، در صورت سودمند بودن، ممکن است به سرعت ردیابی و اصلاح شود. سوابق بازرسی و آزمون به ترتیبی که مشاهدات به دست آمده‌اند، داده می‌شوند و مبنایی برای زیرگروه‌بندی با توجه به زمان فراهم می‌کنند. این معمولاً در ساختن جایی که مهم است ثبات سیستم عامل تولید با زمان را حفظ کنیم، مفید است.

در جمع‌آوری داده‌ها، همیشه باید توجه داشت که اگر در انتخاب نمونه‌هایی که می‌تواند به طور مناسب به عنوان زیرگروه‌های منطقی مجزا رفتار شود، مراقبت به عمل آید، تحلیل به میزان زیاد تسهیل می‌شود. اگرممکن باشد، ندازه زیرگروه اید ثابت در نظر گرفته شود تا محاسبات را تسهیل نماید. بااین‌حال، بایدتوجه داشت که اصول نمودار شوهارت می‌تواند به سرعت با موقعیت‌هایی که اندزه زیرگروه متغیراست به کار رود.

۱۱-۴ تکرار و اندازه زیرگروه‌ها

هیچ قانون کلی نمی‌توان برای تکرار زیرگروه‌ها یا اندازه زیرگروه ها وضع کرد. تکرار و اندازه زیرگروه ممکن است بسته به هزینه نمونه‌براری و تحلیل نمونه‌ها و ملاحظات عملی معینی باشد. برای مثال، زیرگروه‌های بزرگ برداشته شده در فواصل تکرار کمتر، ممکن است تغییر کم در متوسط فرایند را، با دقت بیشتر مشخص کند ، اما زیرگروه های کوچک برداشته شده در فواصل تکرار بیشتر، تغییر بزرگ را با سرعت بیشتر مشخص خواهد کرد. اغلب، اندازه زیرگروه ۴ یا ۵، در نظر گرفته می‌شود، در حالی‌که در ابتدا تکرار نمونه‌گیری معمولاً

بالاست، هنگامی که به وضعیت کنترل آماری برسیم، تکرار نمونه‌گیری پایین می‌آید. معمولاً، ۲۵ زیرگروه با اندازه ۴یا ۵، برای فراهم کردن تخمین اولیه کافی به نظر می‌رسد.
قابل توجه این که، تکرار نمونه‌گیری، کنترل آماری و قابلیت فرایند،لازم است با یکدیگر مدنظر قرار گیرند. دلیل آن در ادامه آمده است. مقدار متوسط دامنه $\bar{R}$ اغلب برای تخمینσ به کار می رود. همچنین با افزایش تعداد منابع انحراف، فواصل زمانی بین نمونه‌ها داخل یک زیرگروه نیز افزایش می‌یابد. بنابراین، گسترش بیرونی نمونه‌ها در داخل یک زیرگروه در طول زمان $\bar{R}$ را افزایش می‌دهد، مقدار تخمینی σ ر افزایش می‌دهد، و بدین ترتیب حدود کنترل وسعت یافته، شاخص قابلیت فرایند را کاهش خواهد داد. بالعکس، ممکن است قابلیت فرایند را با نمونه‌گیری قطعه‌ای[1] متوالی، با دادن مقدار $\bar{R}$ کوچک، افزایش دهیم و σ را تخمین بزنیم.

۱۱-۵ جمع‌آوری داده‌های اولیه

بعد از تصمیم‌گیری بر روی مشخصه‌ای که باید کنترل شود و تکرار و اندازه زیرگروهی که باید در نظر گرفته شود، برخی داده‌ها یا معیارهای بازرسی اولیه باید با هدف فراهم کردن مقادیر نمودار کنترل اولیه مورد نیاز در تعیین خط مرکزی و حدود کنترلی ترسیم شده بر روی نمودار، جمع‌آوری و تحلیل شود. داده‌های اولیه، ممکن است زیرگروه به زیرگروه جمع‌آوری شود تا زمانی‌که ۲۵ زیرگروه از اجرای پیوسته فرایند تولید به دست آید. باید مراقب بود که در طول دوره جمع‌آوری داده‌های اولیه، فرایند بی‌جهت به صورت ادواری تحت تأثیر عوامل خارجی نظیر تغییر در خوراک مواد خام، کارگران، عملیات، تنظیم ماشین‌آلات و..... قرار نگیرد. به عبارت دیگر، فرایند باید، وضعیت پایداری را در طول دوره‌ای که داده‌های اولیه جمع‌آوری می‌شوند، نشان دهد.

۱۱-۶ طرح اقدام خارج ازکنترل

ارتباط مهمی بین دو نوع انحرافی که یافت می‌شود و انواع اقدامات ضروری که آن‌ها را کاهش می‌دهد، وجود دارد. نمودارهای کنترل می‌تواند عوامل خاص انحراف را مشخص کند. یافتن منبع عامل خاص و درنظر گرفتن اقدامات مفید، معمولاً بر عهده کارگران، سرپرستان یا مهندسانی است که به طور مستقیم، مرتبط با فرایند باشد. مدیریت مسئول بیش از ۸۰ درصد از عوامل است و باید برای عوامل مشترک در سیستم، اقداماتی انجام دهد. عوامل خاص در محل شناسایی شده و معمولاً اقدام برای آن‌ها می‌تواند توسط مالکان فرایند انجام شود. هنگامی که نیاز به اقدام مدیریت بر روی سیستم در مورد عامل ریشه‌ای باشد که می‌توانست متفاوت از منابع مواد خام، نگهداری تعمیرات ماشین آلات، گیج‌های اندازه‌گیری با روش غیر قابل اعتماد باشد، اغلب فرایندها به عنوان یک اقدام مفید تنظیم می‌شوند. ایجاد کارگروه ، کلید بهبود مداوم طولانی مدت است.

1 - Piece

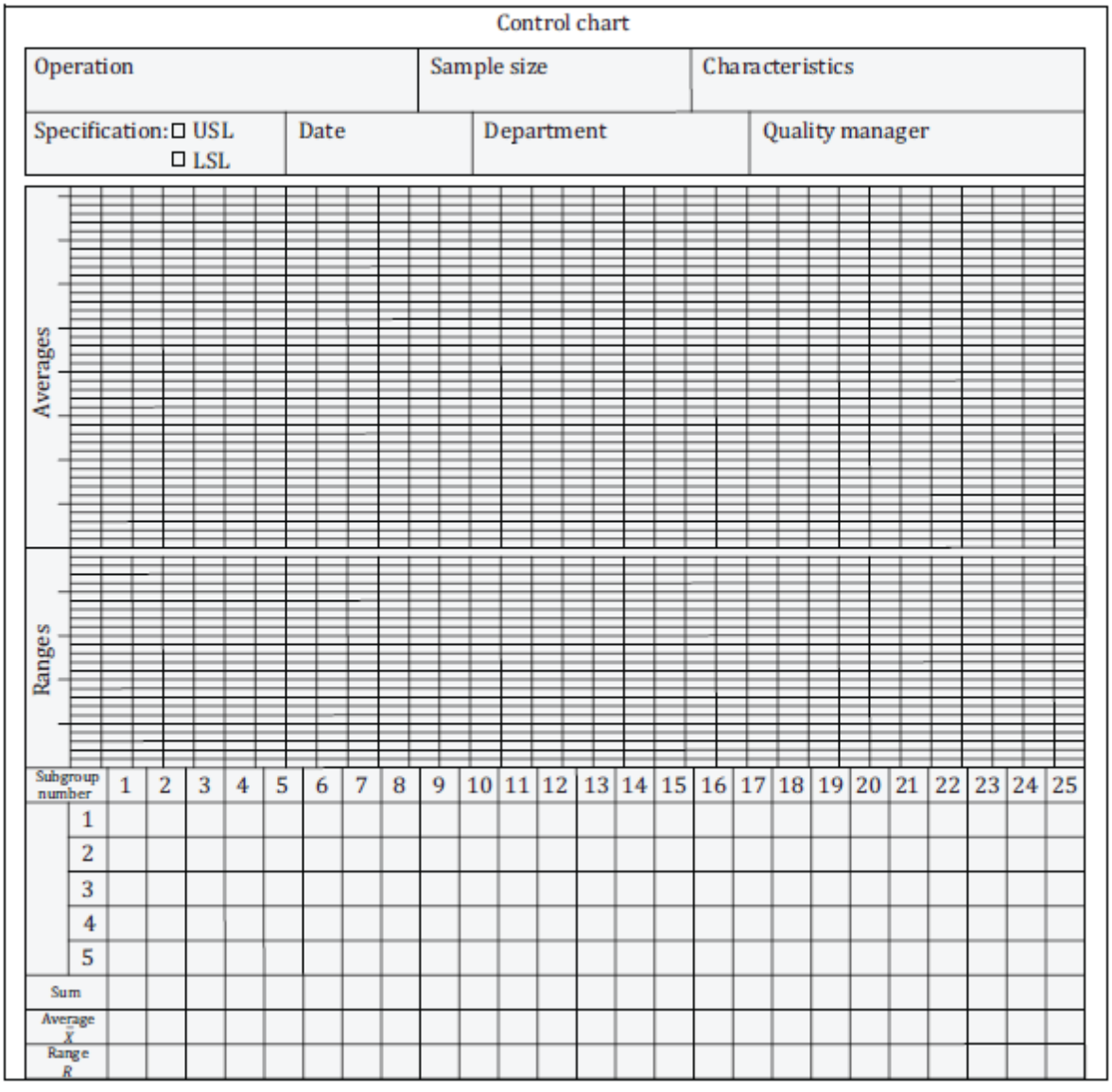
هنگامی که فرایند، ذاتا ناتوان است یا توانا است اما خارج از کنترل آماری است و استنباط می‌شود که تولیدکننده محصول نامنطبق باشد، آن‌گاه معمولاً تا زمانی‌که فرایند اصلاح شود، بازرسی ٪۱۰۰ انجام می‌شود.

لازم است ثبات بازرسی تضمین شود. و اندازه‌های نامطمئن، در حدود رواداری بی‌ضرر نگه داشته شود.

۱۲ گام‌هایی در ساخت نمودارهای کنترل

گام‌های مشمول در ساخت نمودار $\bar{X}$ و نمودار R، برای مواردی که هیچ مقدار استاندارد معینی وجود ندارد، در بندهای ۱۲-۱ لغایت ۱۲-۳ توصیف شده است. آن‌ها به شکل یک مثال در پیوست الف توصیف می‌شوند.

در ساخت سایر نمودارهای کنترل، گام های اساسی مشابهی باید دنبال شود، اماروش محاسبه حدود کنترل و خط مرکزی متفاوت است. الگوی شاخصی از شکل نمودار کنترل استاندارد در شکل ۵ نشان داده می‌شود. اصلاحات برای این شکل می‌تواند هم‌آهنگ با الزامات ویژه موقعیت کنترل فرایند انجام شود.



شکل ۵- شکل کلی نمودار کنترل متغیرها

۱-۱۲ تعیین راهبرد جمع‌آوری داده‌ها

اگر داده‌های اولیه براساس طرح توصیف شده، درنظر گرفته نشده باشند، مجموعه کامل مقادیر مشاهده شده داخل زیرگروه‌های متوالی، براساس معیاری برای زیرگروه‌های منطقی همان‌طوری که در بند ۱۰-۳ بحث شده است، تفکیک می‌شوند. زیرگروه‌ها باید دارای ساختار و اندازه یکسان باشند. اقلام هریک از زیرگروه‌ها باید دارای آنچه که به عنوان برخی عوامل مشترک مهم تلقی می‌شود، باشند، به طور مثال واحدهای تولید شده درطول فاصله زمانی کوتاه یکسان یا واحدهای برآمده از یکی از چندین منبع یا موقعیت مشخص. زیرگروه‌های متفاوت باید تفاوت‌های ممکن یا مظنون در فرایندی که آن‌ها را تولید کرده نشان دهند، برای مثال فواصل متفاوت زمانی یا منابع یا موقعیت‌های متفاوت.

۲-۱۲ جمع‌آوری و محاسبه داده‌ها

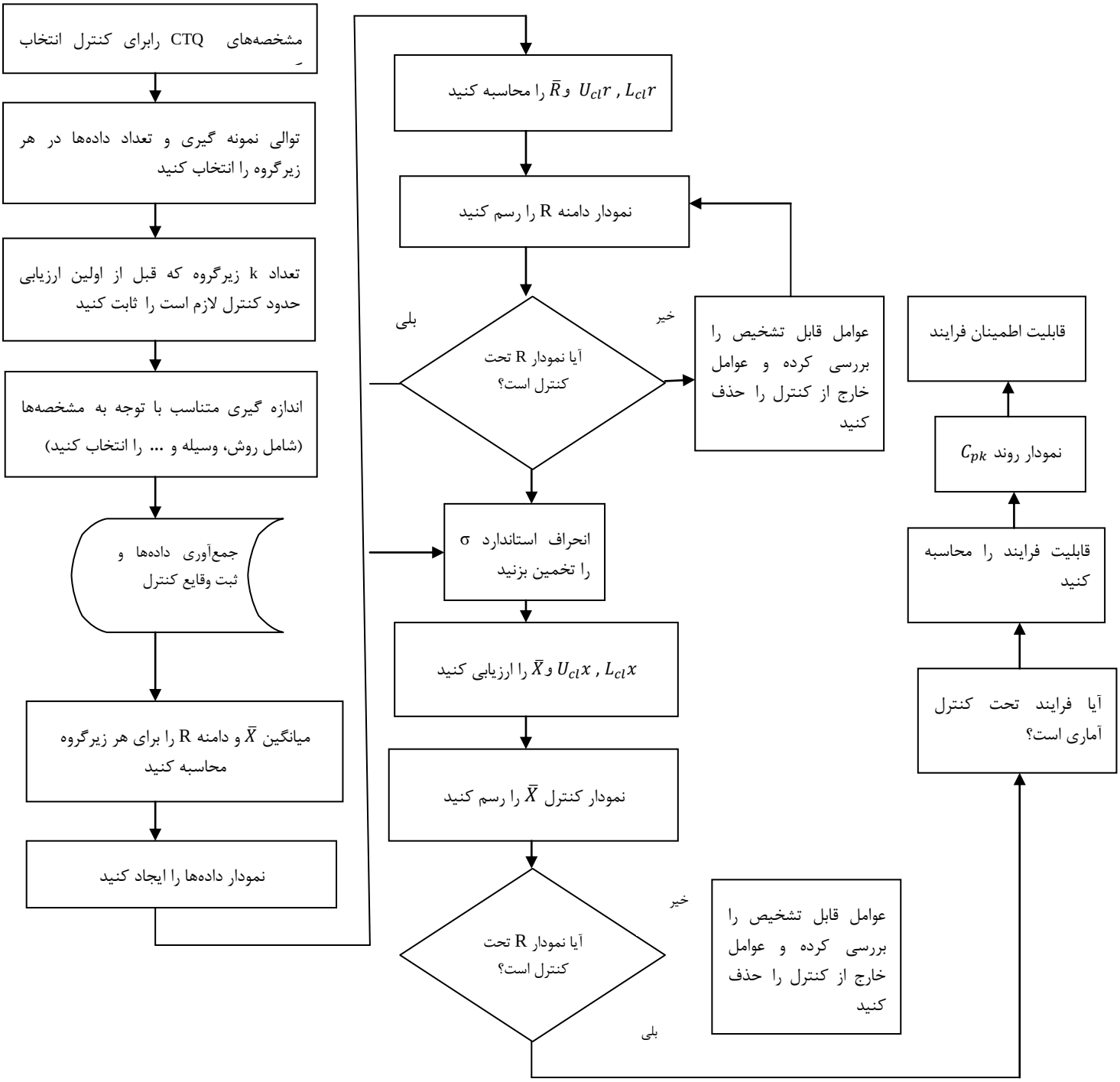
برای هرزیرگروه، مقدار متوسط $\bar{X}$ و دامنه تغییرات R را محاسبه کنید. آن‌گاه، متوسط میانگین همه مقادیر مشاهده شده، $\bar{\bar{X}}$ و متوسط دامنه تغییرات، $\bar{R}$ را محاسبه کنید.

۳-۱۲ رسم نمودار $\bar{X}$ و نمودار R

برروی شکل مناسب یا کاغذ مخصوص نمودار، یک نمودار $\bar{X}$ و نمودار R را رسم کنید. مقیاس عمودی بر روی ناحیه سمت چپ، برای $\bar{X}$ و R استفاده و مقیاس افقی برای عدد زیرگروه استفاده می‌شود. برای میانگین‌ها، مقادیر محاسبه شده $\bar{X}$ و برای دامنه‌ها، مقادیر محاسبه شده برای R را، بر روی نمودار رسم کنید.

بر روی این نمودارهای مربوطه، خطوط افقی پررنگی برای نشان دادن $\bar{\bar{X}}$ و $\bar{R}$ رسم کنید.

حدود کنترل را بر روی این نمودارها رسم کنید، که A_2 ، D_3 و D_4 بر مبنای تعداد مشاهدات در یک زیرگروه هستند و در جدول ۲ آمده اند، بر روی نمودار $\bar{X}$، دو خط تیره افقی را برای $\bar{\bar{X}} \mp A_2\bar{R}$ و بر روی نمودار R، دو خط تیره افقی را درنقطه $D_3\bar{R}$ و $D_4\bar{R}$ رسم کنید. هرگاه n کمتر از ۷ باشد از آن‌جایی که مقدار سری D_3 صفر در نظر گرفته می‌شود، بر روی نمودار R ، نیازی به L_{CL} نیست.



شکل ۶- رویکرد سیستمی به ساختار نمودارهای کنترل متغیرها

یادآوری- فهرستی از منابع معلوم تصادفی و عوامل قابل تشخیص انحرافات را فراهم کنید.

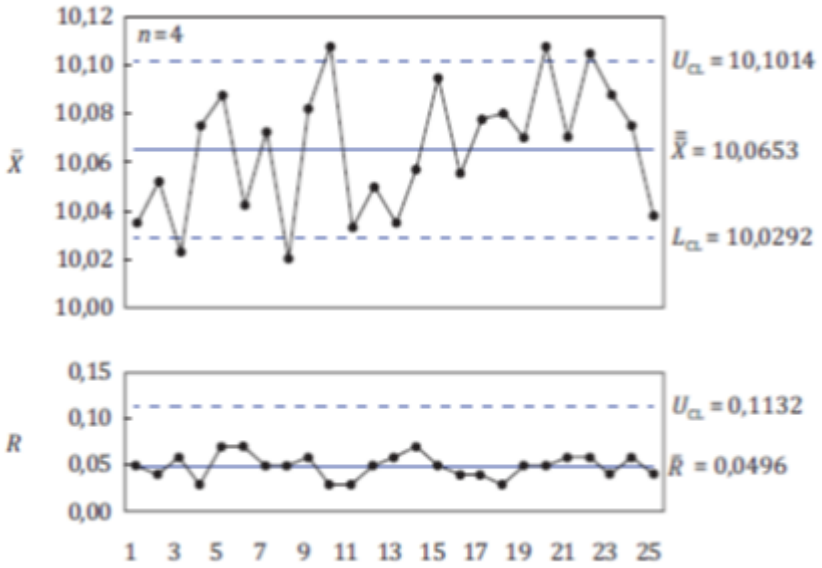
۱۳ احتیاط همراه با نمودارهای کنترلی شوهارت

همان‌طوری که در ذیل نشان داده شده، موقعیت‌های عملی وجود دارند که باید در استفاده از نمودار کنترلی شوهارت احتیاط نمود.

۱-۱۳ مراقبت کلی

انحراف داخل یک گروه، ضرورتاً تنها منجر به عوامل تصادفی نمی‌شود. زیرگروه، ترکیبی از رفتار بهر است، به طوری که تغییرپذیری داخل یک زیرگروه، تغییرپذیری داخل یک بهر است. زیرگروه، از نقطه نظر هر دو جنبه‌ی فیزیکی و تضمین کیفیت دارای یک معنی است. بنابراین، ضروری است تغییرپذیری داخل رفتار بهر را با استفاده از نمودار R کنترل کنیم.

شکل ۷، نمودار کنترل R و $\overline{X}$ و چگونگی رفتار فرایند را در مرحله اولیه تولید انبوه نشان می‌دهد. این در واقع نمودار کنترل R و $\overline{X}$ است که هیچ مقدار استانداردی داده نشده است. نمودار R فرایند را در وضعیت کنترل نشان می‌دهد، اما نمودار $\overline{X}$ نقاط و موقعیت‌های زیادی را خارج از کنترل نشان می‌دهد.

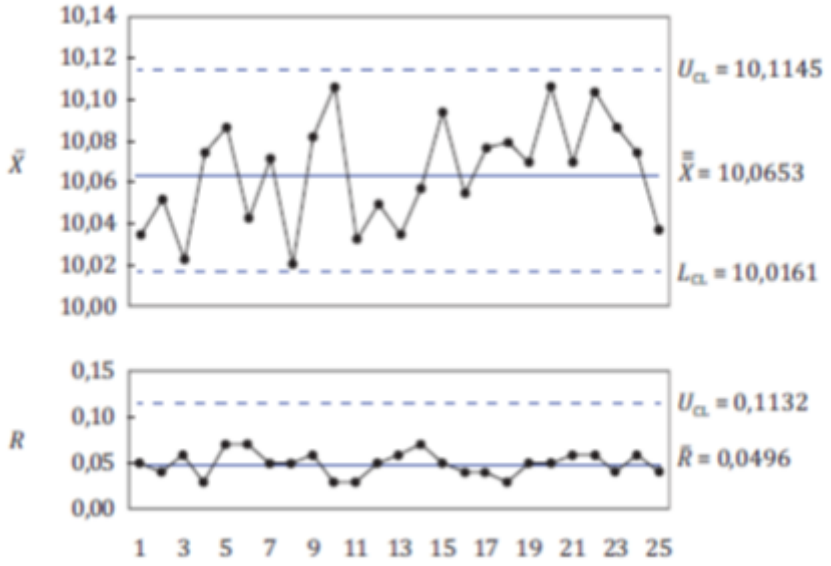


شکل ۷- نمودار $\overline{X}$ و R عادی در مرحله اولیه تولید انبوه

از طرف دیگر، شکل ۸ نمودار دیگری از $\overline{X}$ و R را برای همان داده‌های شکل ۷ نشان می‌دهد، در مواردی که حدود کنترل نمودار $\overline{X}$ بر مبنای تغییرپذیری کلی فرایند به عوض میانگین دامنه‌ها ($\overline{R}$) محاسبه می‌شود.

شکل ۸ نشان می‌دهد که فرایندتحت کنترل است. در این موقع، اگر عملکرد فرایند به خوبی برآورده شود، می‌توان تصمیم گرفت که فرایند می‌تواند از مرحله اولیه تولید انبوه، برای مرحله تولید انبوه روزمره، پیش رود. آن‌گاه حدود کنترل نمودار $\overline{X}$ و R شکل ۸ به عنوان سطح کنترل استاندارد در تولید انبوه روزمره استفاده می‌شود. این بدان معنی است که تغییرپذیری تصادفی به سبب برخی عوامل مجاز بین زیرگروه‌ها، در مرحله اولیه تولید انبوه به عنوان تغییرپذیری به سبب عوامل تصادفی، به حساب می آید.

بنابراین، باید توجه داشت که تغییرپذیری داخل یک زیرگروه، ضرورتاً به معنای تغییرپذیری به سبب عوامل تصادفی تنها نیست. با این حال ۱۷ تا ۲۴ نقطه از نمودار $\overline{X}$ بالای خط مرکزی قرار می‌گیرد، و افزایش روند از ۹ تا ۲۴ نقطه، همراه با طبقه‌بندی نقاط در مورد $\bar{R}$ بر روی نمودار دامنه، نشان‌دهنده اقدام بالقوه برای بهبود از طریق تشخیص و حذف عوامل قابل تشخیص است.



شکل ۸- نمودار $\overline{X}$ و R ، که خطوط کنترل نمودار $\overline{X}$ از تغییرپذیری کلی فرایند به عوض میانگین دامنه $\bar{R}$ به دست می‌آیند.

۱۳-۲ داده‌های اصلاح شده

با وجود اصلاح داده‌ها، معادله زیر، که یک معادله اساسی در رفتار نمودار $\overline{X}$ با اندازه نمونه n است، به کار نمی رود.

$$\partial^2\left(\text{انفرادی}\right) = \frac{\partial^2(\overline{X})}{n}$$

بنابراین، اگر حدود کنترل به روش عادی محاسبه شوند، آن‌ها به جای هم قرار می‌گیرند.

در چنین موردی، مدل فرایند باید شناسایی شود و آن‌گاه به باقی‌مانده‌های مدل باید به عنوان مشاهدات توجه شود. یک روش جایگزین این است که حدود کنترل باید از تغییرپذیری $\overline{X}$ محاسبه شود. شخص باید برای گرفتن راهنمایی با یک متخصص مشورت کند.

۱۳-۳ استفاده از قاعده جایگزین با قاعده سه سیگما

نمودار کنترل شوهارت برای میانگین، به سرعت یک انتقال بزرگ پایدار در فرایند در سطح میانیگن فرایند مشخص خواهد کرد. با این‌حال، اگر انتقال در میانگین کم باشد، به اندازه ۱٫۵ برابر انحراف استاندارد یا کمتر، نمودار کنترل $\overline{X}$ شوهارت به خوبی عمل نمی‌کند. بنابراین، در چنین مواردی، اگر تغییر کوچک در میانگین فرایند از یک سطح دلخواه به زودی ممکن مشخص شود، آن‌گاه معمولاً، آزمون‌های روند اضافی باید به کار گرفته شود. با این حال، چنین قواعد تکمیلی ممکن است نرخ اعلان خطا را افزایش دهد، یعنی احتمال مشاهده علامتی بر روی نمودار، از طریق کاربرد این قواعد، پایداری را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر، هنگامی که نمودار کنترل بدون مقادیر استاندارد در مرحله اولیه تولید انبوه استفاده شود، قواعد تکمیلی مندرج در بند ۸ باید برای بهبود عملکرد فرایند در نظر گرفته شود. راهبرد جایگزین این است که از نمودارهای کنترل، نظیر نمودار متوسط متحرک موزون نمائی (EWMA)[1] یا نمودار کوسام[1] استفاده کنیم.

1 - ExponentiallyWeighted Moving Average

قاعده دیگر اینست که ، معیار علامت قراردادی خارج از کنترل را همان طور با موقعیت حدود کنترل بر روی نمودار جایگزین کنیم. اگر دو نقطه از سه نقطه خارج از کنترل، آنسوی حدود دو سیگما قرار گیرند، یک علامت بر روی نمودار $\bar{X}$ مشخص خواهد شد. هنگام استفاده از این معیار « دو از سه » توصیه می‌شود که حدود کنترل معمول سه سیگما، با خطوط حد کنترل ۱٫۷۸ سیگما در سمت دیگر خط مرکزی جایگزین شود. استفاده از این قاعده و این حدود کنترل، نموداری با نرخ اعلان خطای معادل با نمودار کنترل شوهارت قراردادی دارای قاعده یک نقطه خارج از حدود سه سیگما ارائه خواهد کرد.

با این‌حال، احتمال تشخیص تغییرات کوچک تا متوسط ، به طور قابل توجهی، با استفاده از این معیار اصلاح شده، افزایش خواهد یافت.

1 - Cusum

پیوست الف

(اطلاعاتی)

مثال‌های توضیحی

الف-۱ نمودارهای کنترل مشخصه‌های کمی

الف-۱-۱ نمودار $\bar{X}$ و نمودار R- μ و σ نامعلوم

الف-۱-۲ نمودار $\bar{X}$ و نمودار S- μ و σ معلوم

الف-۱-۳ نمودارهای کنترل برای داده‌های تکی و دامنه‌های جابجایی- μ و σ نامعلوم

الف-۱-۴ نمودار میانه و نمودار R - μ و σ نامعلوم

الف-۲ نمودارهای کنترل مشخصه‌های وصفی

الف-۲-۱ نمودار p- مقدار p_0 نامعلوم

الف-۲-۲ نمودار np - مقدار p_0 نامعلوم

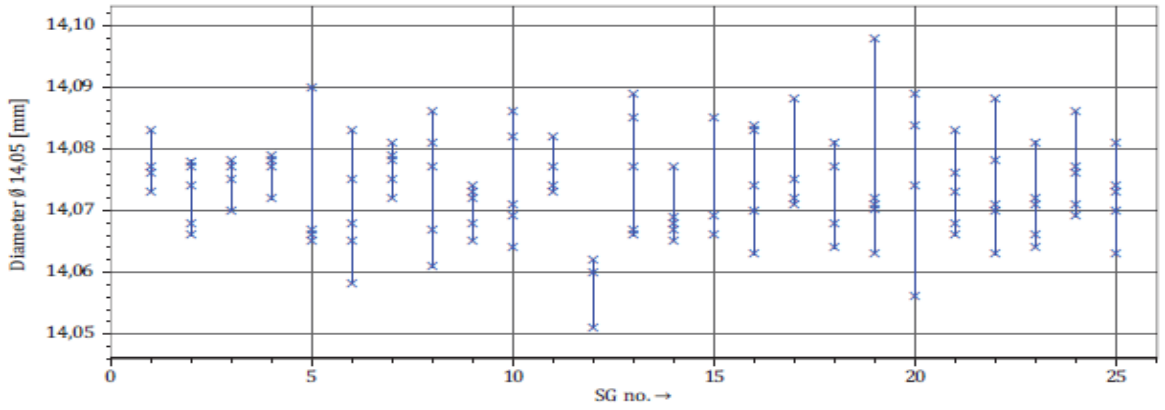
الف-۲-۳ نمودار c- مقدار c_0 نامعلوم

الف-۲-۴ نمودار u- مقدار u_0 نامعلوم

الف-۳ نمودارهای کنترل مشخصه‌های کمی

الف-۳-۱ نمودار $\bar{X}$ و نمودار R- μ و σ نامعلوم

یک تأمین کننده جایگاه برای پمپ‌های آب خواهان کنترل فرایند گردش با استفاده از نمودار کنترل است. یک مشخصه مهم، قطر بلبرینگ است. اندازه‌ها از تولیدات جدید، هر ساعت برای ۲۵ نمونه کلی به دست می‌آیند. کمینه و بیشینه مقادیر در اندازه‌های زیرگروه در جدول الف-۱ آمده است.



شکل الف-۱- مقادیر رسم شده

یادآوری۱- داده‌ها شامل ۱۲۵ نقاط داده از ۲۵ زیرگروه با اندازه نمونه ۵ تایی است. ۱۲۵ نقطه داده در شکل الف-۱ رسم شده است و محاسبات استاندارد بر روی زیرگروه ها در جدول الف-۱ داده شده است.

یادآوری۲- همچنین یک هیستوگرام ممکن است به صورت یک طرفه رسم شود . این نمودار که همراه با هیستوگرام با همدیگر دیده می‌شود، رفتار فرایند را به طور شفاف نشان خواهد داد. در این حالت گرایش مرکزی و مشاهدات لحظه‌ای مشهودتر است و در غیر این صورت به آسانی قابل مشاهده نمی‌باشد.

جدول الف-۱- نتایج زیرگروه از اندازه قطر بلبرینگ

j	$\bar{X}_j$	Xmin j	Xmax j	R_j
۱	۱۴٫۰۷۶۴	۱۴٫۰۷۳	۱۴٫۰۸۳	۰٫۰۱۰
۲	۱۴٫۰۷۲۶	۱۴٫۰۶۶	۱۴٫۰۷۸	۰٫۰۱۲
۳	۱۴٫۰۷۵۴	۱۴٫۰۷۰	۱۴/۰۷۸	۰٫۰۰۸
۴	۱۴٫۰۷۷۰	۱۴٫۰۷۲	۱۴٫۰۷۹	۰٫۰۰۷
۵	۱۴٫۰۷۰۸	۱۴٫۰۶۵	۱۴٫۰۹۰	۰٫۰۲۵
۶	۱۴٫۰۶۹۸	۱۴٫۰۵۸	۱۴٫۰۸۳	۰٫۰۲۵
۷	۱۴٫۰۷۷۰	۱۴٫۰۷۲	۱۴٫۰۸۱	۰٫۰۰۹
۸	۱۴٫۰۷۴۴	۱۴٫۰۶۱	۱۴٫۰۸۶	۰٫۰۲۵
۹	۱۴٫۰۷۰۴	۱۴٫۰۶۵	۱۴٫۰۷۴	۰٫۰۰۹
۱۰	۱۴٫۰۷۴۴	۱۴٫۰۶۴	۱۴٫۰۸۶	۰٫۰۲۲
۱۱	۱۴٫۰۷۶۶	۱۴٫۰۷۳	۱۴٫۰۸۲	۰٫۰۰۹
۱۲	۱۴٫۰۵۶۸	۱۴٫۰۵۱	۱۴٫۰۶۲	۰٫۰۱۱
۱۳	۱۴٫۰۷۶۸	۱۴٫۰۶۶	۱۴٫۰۸۹	۰٫۰۲۳
۱۴	۱۴٫۰۶۹۲	۱۴٫۰۶۵	۱۴٫۰۷۷	۰٫۰۱۲
۱۵	۱۴٫۰۷۱۶	۱۴٫۰۶۶	۱۴٫۰۸۵	۰٫۰۱۹
۱۶	۱۴٫۰۷۴۸	۱۴٫۰۶۳	۱۴٫۰۸۴	۰٫۰۲۱
۱۷	۱۴٫۰۷۵۴	۱۴٫۰۷۱	۱۴٫۰۸۸	۰٫۰۱۷
۱۸	۱۴٫۰۷۳۴	۱۴٫۰۶۴	۱۴٫۰۸۱	۰٫۰۱۷
۱۹	۱۴٫۰۷۴۸	۱۴٫۰۶۳	۱۴٫۰۹۸	۰٫۰۳۵
۲۰	۱۴٫۰۷۵۴	۱۴٫۰۵۶	۱۴٫۰۸۹	۰٫۰۳۳
۲۱	۱۴٫۰۷۳۲	۱۴٫۰۶۶	۱۴٫۰۸۳	۰٫۰۱۷
۲۲	۱۴٫۰۷۴۰	۱۴٫۰۶۳	۱۴٫۰۸۸	۰٫۰۲۵
۲۳	۱۴٫۰۷۰۸	۱۴٫۰۶۴	۱۴٫۰۸۱	۰٫۰۱۷
۲۴	۱۴٫۰۷۶۰	۱۴٫۰۶۹	۱۴٫۰۸۶	۰٫۰۱۷
۲۵	۱۴٫۰۷۲۲	۱۴٫۰۶۳	۱۴٫۰۸۱	۰٫۰۱۸

از آنجایی که μ و σ نامعلوم هستند، $\bar{\bar{X}}$ و $\bar{R}$ برمبنای مجموعه کلی مقادیر محاسبه می‌شوند. متوسط $(\bar{X}_j)$ و دامنه‌ها (R_j) برای هر زیرگروه j محاسبه می‌شود (به جدول الف-۱ رجوع شود).

بر مبنای این محاسبات،

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k} \bar{X}_j = 14.0732mm$$

$$\bar{R} = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k} R_j = 0.0177mm$$

که در این معادلات، k تعداد زیرگروه‌هاست.

گام اول این است که نمودار R را رسم نموده و وضعیت کنترل آن را ارزیابی کنیم.

مقادیر D_3 و D_4 از جدول ۲، و در جایی‌که n =۵ است به دست می‌آیند.

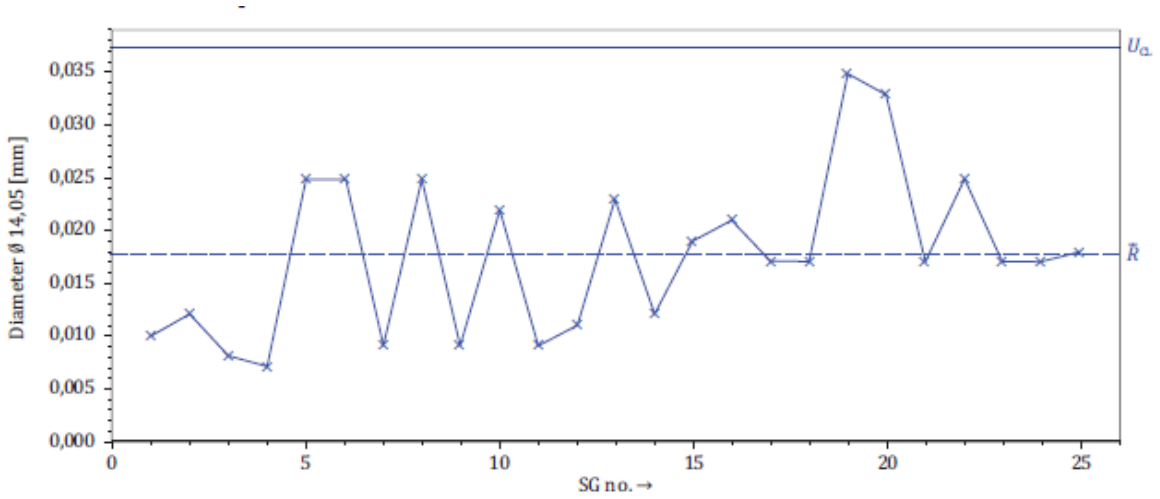
نمودار R:

خط مرکزی $C_L = \bar{R} = 0.0177mm$

$U_{CL} = D_4 \times \bar{R} = 2.114 \times 0.0177mm$

$L_{CL} = D_3 \times \bar{R}$ که در آن $D_3 = 0$ هنگامی که اندازه نمونه کمتر از ۷ باشد

نمودار R یک فرایند تحت کنترل را نشان می‌دهد.



شکل الف-۲- نمودار R- قطر بیرینگ

آن‌گاه نمودار $\bar{X}$ می‌تواند برمبنای مقادیر $\bar{X}$ و R محاسبه شود.

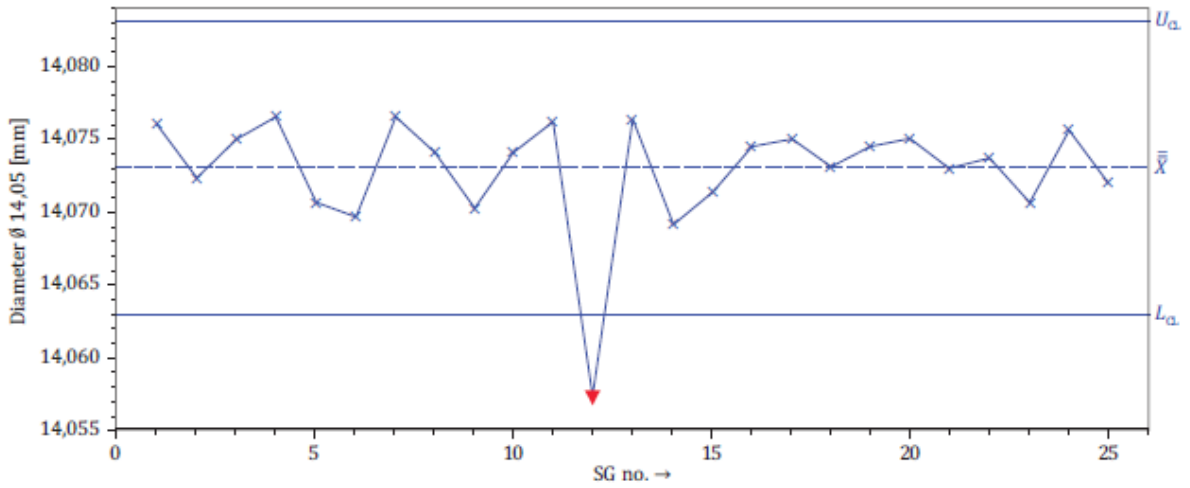
نمودار $\bar{X}$:

خط مرکزی $C_L = \bar{\bar{X}} = 14.07317mm$

$U_{CL} = \bar{\bar{X}} + A_2 \times \bar{R} = 14.07317 + (0.577 \times 0.01772) = 14.08341mm \sim 14.0834mm$

$L_{CL} = \bar{\bar{X}} - A_2 \times \bar{R} = 14.07317 - (0.577 \times 0.01772) = 14.06293mm \sim 14.0629mm$

مقدار عامل A_2 از جدول ۲، جایی که n=۵ است به دست می‌آید.



شکل الف-۳- نمودار $\bar{X}$- قطر بلبرینگ

نمودار $\bar{X}$ یک فرایند خارج از کنترل را نشان می‌دهد.

با بررسی نمودار $\bar{X}$، معلوم می‌شود که زیرگروه ۱۲ خارج از کنترل است. نمودار نشان می‌دهد که برخی عوامل قابل تشخیص انحراف ممکن است در حال عمل کردن باشد.

بنابراین، ما زیرگروه ۱۲ را از محاسبات حذف کرده و درمی‌یابیم که:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k} \bar{X}_j = 14.07385mm$$

$$\bar{R} = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k} R_j = 0.01800mm$$

نمودار $\bar{X}$ بازنگری شده:

خط مرکزی $C_L = \bar{\bar{X}} = 14.07401mm$

$U_{CL} = \bar{\bar{X}} + A_2 \times \bar{R} = 14.07385 + (0.577 \times 0.01800) = 14.08423mm \sim 14.0842mm$

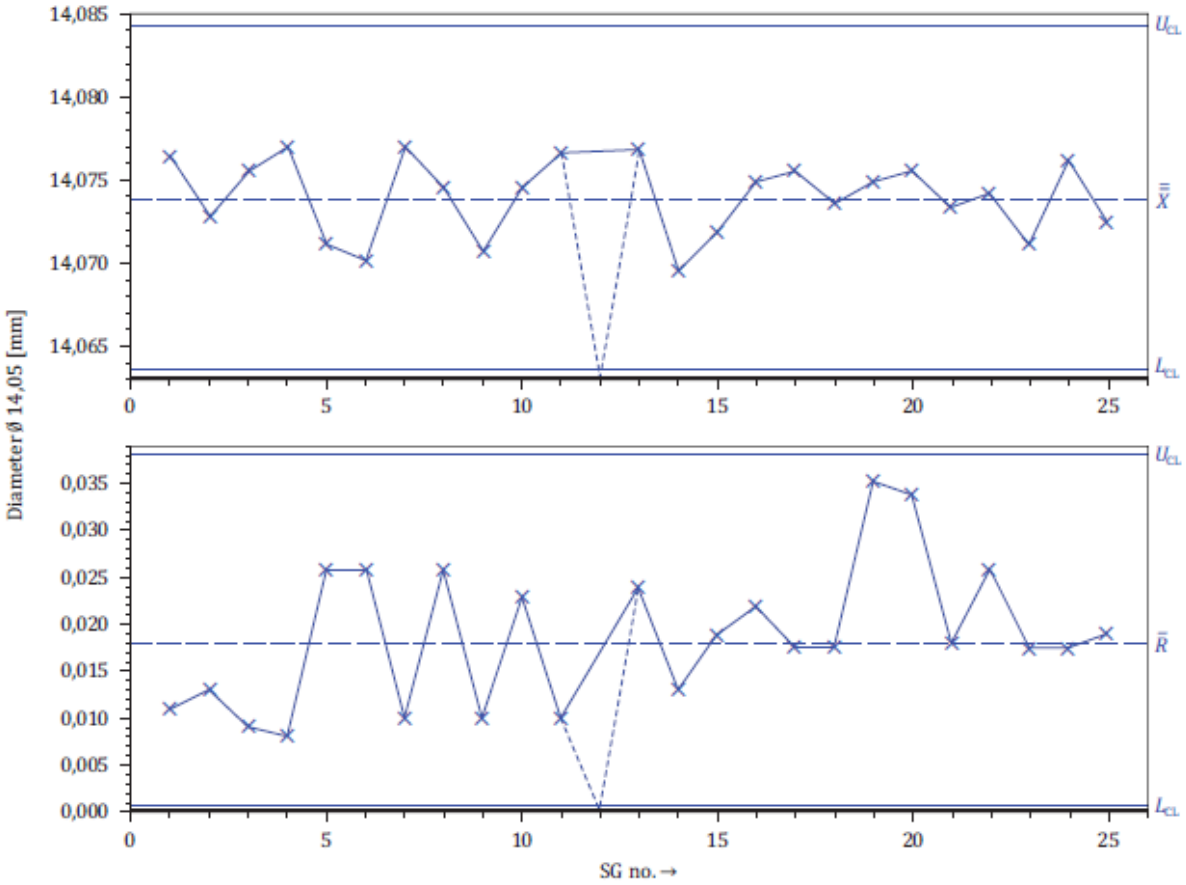
$L_{CL} = \bar{\bar{X}} - A_2 \times \bar{R} = 14.07385 - (0.577 \times 0.01800) = 14.063468mm \sim 14.0635mm$

نمودار R بازنگری شده:

خط مرکزی $C_L = \bar{R} = 0.01800mm$

$U_{CL} = D_4 \times \bar{R} = 2.114 \times 0.01800 = 0.03805mm \sim 0.0381mm$

$L_{CL} = D_3 \times \bar{R}$ ، $D_3 = 0$ جایی‌که ، هنگامی که اندازه نمونه کمتر از ۷ باشد



شکل الف-۴- نمودار $\bar{X}$ و R- قطر بلبرینگ

بعد از حذف زیرگروه ۱۲، فرایند تحت کنترل است و حدود کنترل محاسبه شده فوق می‌تواند برای کنترل فرایند در آینده استفاده شود.

الف-۳-۲ نمودار $\bar{X}$ و نمودار S-μ و σ از تولیدات قبلی معلوم شده است

یک تولیدکننده باطری می‌خواهد، جرم باطری‌های تولیدی را کنترل کند که جرم میانگین آن‌ها ۲۹٫۸۷ گرم است. تحلیل فرایند تولیدات قبلی نشان داده که انحراف استاندارد فرایند می‌تواند ۰٫۰۶۲ گرم در نظر گرفته شود.

از آن‌جایی که مقادیر استاندارد عبارت از μ_0 =۲۹٫۸۷ گرم و σ_0 = ۰٫۰۶۲ گرم هستند، نمودار کنترل می‌تواند فوراً با استفاده از فرمول قید شده در جدول ۱، و عوامل A, C_4, D_2 و D_1 معین شده در جدول ۲ و با استفاده از زیرگروه با اندازه ۵، محاسبه شود.

خط مرکزی $C_L = \mu_0 = 29.87mm$

$U_{CL} = \mu_0 + A\sigma_0 = 29.87 + (1.342 \times 0.062) = 29.9532mm \approx 29.953mm$

$L_{CL} = \mu_0 - A\sigma_0 = 29.87 - (1.342 \times 0.062) = 29.7868mm \approx 29.787mm$

خط مرکزی $= C_4\sigma_0 = 0.94 \times 0.062 = 0.05828\text{mm} \approx 0.0583mm$

$U_{CL} = B_6\sigma_0 = 1.964 \times 0.062 = 0.121768mm \approx 0.0583mm$

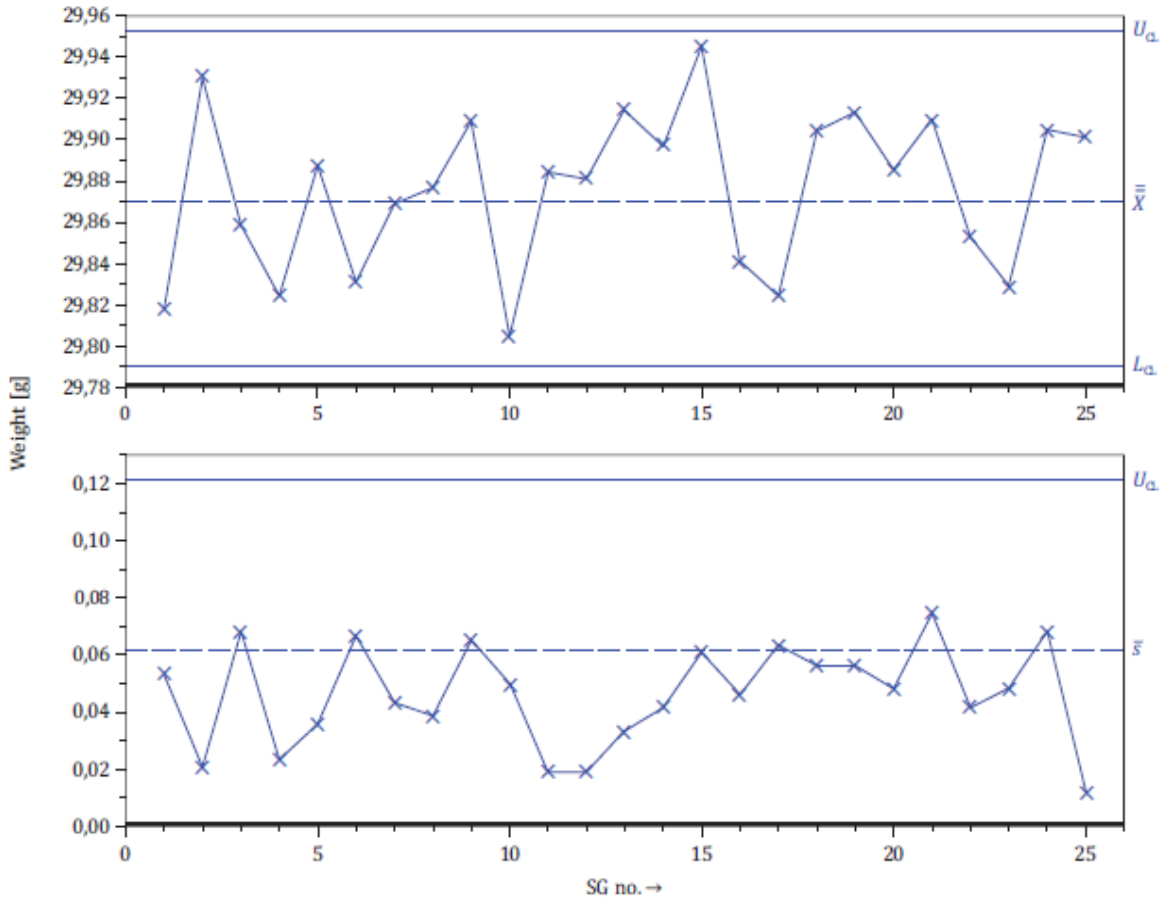
$L_{CL} = B_5\sigma_0 0$ ، که B_5=0 هنگامی که اندازه نمونه کمتر از ۶ باشد.

چنانچه در جدول الف-۲ نشان داده شده است، ۲۵ نمونه با اندازه ۵ تایی از فرایند تولید انتخاب و میانگین و انحراف استاندارد زیرگروه آن‌ها محاسبه می‌شود.

جدول الف-۲- نتایج زیرگروه از تولید باطری‌ها

j	$\bar{X}_j$	S_j
۱	۲۹٫۸۱۶	۰٫۰۵۲
۲	۲۹٫۹۳۲	۰٫۰۲۲
۳	۲۹٫۸۵۸	۰٫۰۶۶
۴	۲۹٫۸۲۴	۰٫۰۲۳
۵	۲۹٫۸۸۸	۰٫۰۳۶
۶	۲۹٫۸۳۰	۰٫۰۶۶
۷	۲۹٫۸۶۸	۰٫۰۴۳
۸	۲۹٫۸۷۶	۰٫۰۳۸
۹	۲۹٫۹۱۰	۰٫۰۶۴
۱۰	۲۹٫۸۰۲	۰٫۰۴۹
۱۱	۲۹٫۸۸۴	۰٫۰۱۹
۱۲	۲۹٫۸۸۰	۰٫۰۱۹
۱۳	۲۹٫۹۱۶	۰٫۰۳۱
۱۴	۲۹٫۸۹۸	۰٫۰۴۰
۱۵	۲۹٫۹۴۶	۰٫۰۵۸
۱۶	۲۹٫۸۴۲	۰٫۰۴۵
۱۷	۲۹٫۸۲۴	۰٫۰۶۳
۱۸	۲۹٫۹۰۴	۰٫۰۵۶
۱۹	۲۹٫۹۱۲	۰٫۰۵۶
۲۰	۲۹٫۸۸۶	۰٫۰۴۸
۲۱	۲۹٫۹۰۸	۰٫۰۷۳
۲۲	۲۹٫۸۵۲	۰٫۰۴۱
۲۳	۲۹٫۸۲۸	۰٫۰۴۸
۲۴	۲۹٫۹۰۴	۰٫۰۶۵
۲۵	۲۹٫۹۰۲	۰٫۰۱۳

نتایج زیرگروه، همراه با حدود کنترل محاسبه شده در فوق، رسم شده‌اند (به شکل الف-۵ رجوع شود). نمودار نشان داده شده در شکل الف-۵، مشخص می سازد که فرایند در کنترل آماری است.



شکل الف-۵- نمودار $\overline{X}$ و نمودار S- جرم باطری‌ها

الف-۳-۳ نمودارهای کنترل برای داده‌های منفرد و دامنه‌های جابجایی: μ و σ نامعلوم

جدول الف-۳ نتایج تحلیل آزمایشگاهی « درصد رطوبت » نمونه‌ها از ۲۵ بهر متوالی از شیرخشک کم چرب را ارائه می‌دهد. یک نمونه از شیر خشک کم چرب، نشان‌دهنده یک بهر، در آزمایشگاه برای مشخصه‌های متنوعی از قبیل چربی، رطوبت، اسیدیته، شاخص قابلیت انحلال، رسوب، باکتری و پروتئین آب پنیر، تحلیل می‌شود. باید توجه داشت که درصد رطوبت زیر ۴ درصد را برای این فرایند کنترل می‌کنیم. تنوع نمونه‌برداری داخل یک بهر تنها، ناچیز یافت شده بود، بنابراین تصمیم گرفته شد تا تنها یک مشاهده در هر بهر گرفته و حدود کنترل را برمبنای دامنه جابجایی بهرهای متوالی، تنظیم کنیم.

جدول الف-۳- درصد رطوبت برای ۲۵ نمونه متوالی از شیر خشک کم چرب

شماره بهر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
X: ٪ رطوبت	۲٫۹	۳٫۲	۳٫۶	۴٫۳	۳٫۸	۳٫۵	۳٫۰	۳٫۱	۳٫۶	۳٫۵	۳٫۱	۳٫۴	۳٫۴
$\mathbf{R_m}$		۰٫۳	۰٫۴	۰٫۷	۰٫۵	۰٫۳	۰٫۵	۰٫۱	۰٫۵	۰٫۱	۰٫۴	۰٫۳	۰
شماره بهر	**۱۴**	**۱۵**	**۱۶**	**۱۷**	**۱۸**	**۱۹**	**۲۰**	**۲۱**	**۲۲**	**۲۳**	**۲۴**	**۲۵**	
X: ٪ رطوبت	۳٫۶	۳٫۳	۳٫۹	۳٫۵	۳٫۶	۳٫۳	۳٫۰	۳٫۴	۳٫۸	۳٫۵	۳٫۲	۳٫۵	
$\mathbf{R_m}$	۰٫۲	۰٫۳	۰٫۶	۰٫۴	۰٫۱	۰٫۳	۰٫۳	۰٫۴	۰٫۴	۰٫۳	۰٫۳	۰٫۳	

محاسبه $\bar{X}$ و $\bar{R}$:

$$\bar{X} = \frac{2.9 + 3.2 + \cdots + 3.5}{25} = \frac{86}{25} = 3.44\%$$

$$\bar{R} = \frac{0.3 + 0.4 + \cdots + 0.3}{24} = \frac{8}{24} = 0.33\%$$

خطوط نمودار کنترل برای دامنه‌های جابجایی، R :

خط مرکزی $C_L = \bar{R} = 0.33\%$

$U_{CL} = D_4\bar{R} = 3.267 \times 0.33 = 1.078 \sim 1.08$

$L_{CL} = D_3\bar{R} = 0 \times 0.33$

برای n=۲ ، مقادیر عوامل D_3 و D_4 از جدول ۲ به دست می‌آیند. از آن‌جایی‌که نمودار دامنه، وضعیت کنترل آماری را نشان می‌دهد، نمودار کنترل برای داده‌های منفرد می‌تواند رسم می‌شود.

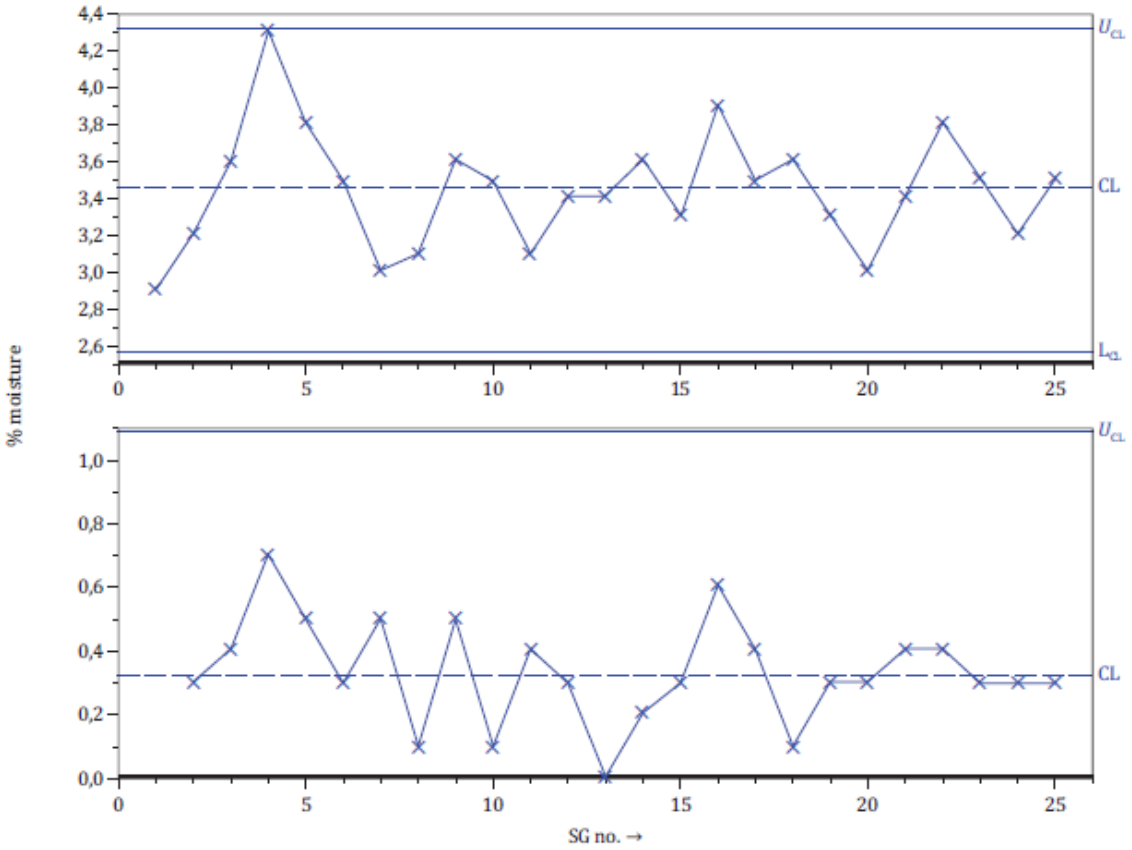
نمودار کنترل برای داده‌های منفرد، X :

خط مرکزی $C_L = \bar{X} = 3.44\%$

$U_{CL} = \bar{X} + A_3\bar{R} = 3.44 + (2.66 \times 0.33) = 4.3178 \sim 4.32$

$L_{CL} = \bar{X} - A_3\bar{R} = 3.44 - (2.66 \times 0.33) = 2.5622 \sim 2.5$

فرمول حدود کنترل و مقدار عامل E_2 در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است. نمودارهای کنترل در شکل الف-۶ رسم می‌شوند. نمودارهای کنترل نشان می‌دهند که فرایند تحت کنترل آماری است.



شکل الف-۶- نمودار کنترل برای داده‌های تکی، X و دامنه جابجایی R_m پودر شیر بدون چربی

الف-۳-۴ نمودار میانه و نمودار R: μ و σ نامعلوم

ماشینی سازنده DVD_s با ضخامت معین بین ۱٫۲ میلی‌متر و ۱٫۲۵ میلی‌متر می باشد. نمونه‌های ۵ تایی هر نیم ساعت یکبار برداشته شده و ضخامت آن‌ها بر حسب میلی‌متر ثبت می‌شود، جدول الف-۴ این ضخامت‌ها را نشان می‌دهد. تصمیم گرفته شده تا نمودارمیانه را به منظور کنترل کیفیت رسم کنیم. مقادیر دامنه و میانه نیز در جدول الف-۴ نشان داده شده است.

متوسط دامنه‌ها و میانه های زیر گروه ها به طریق زیر محاسبه می‌شوند:

$$\bar{\tilde{X}} = \frac{12 + 10 + 12 + \cdots + 10}{20} = \frac{234}{20} = 11.70$$

$$\bar{R} = \frac{6 + 5 + 7 + \cdots + 7}{20} = \frac{118}{20} = 5.90$$

نمودار دامنه به طریق زیر محاسبه می‌شود:

خط مرکزی $C_L = \bar{R} = 5.90$

$U_{CL} = D_4\bar{R} = 2.114 \times 5.90 = 12.4726 \sim 12.5$

$L_{CL} = D_3\bar{R} = 0 \times 5.9$ نشان داده نمی‌شود L_{CL} ، از آنجایی که n کمتر از ۷ است

مقدار ثابت D_3 و D_4 از جدول ۲ برای اندازه نمونه n = ۵ به دست می‌آیند. از آنجایی که نمودار دامنه وضعیت کنترل را نشان می‌دهد، خطوط نمودار دامنه می‌تواند محاسبه شود.

نمودار کنترل میانه:

خط مرکزی $C_L = \tilde{\bar{X}} = 11.70$

$\mathrm{U_{CL}} = \tilde{\bar{\mathrm{X}}} + \mathrm{A_4}\bar{\mathrm{R}} = 11.70 + (0.691 \times 5.9) = 15.7769\mu m \sim 15.78\mu m$

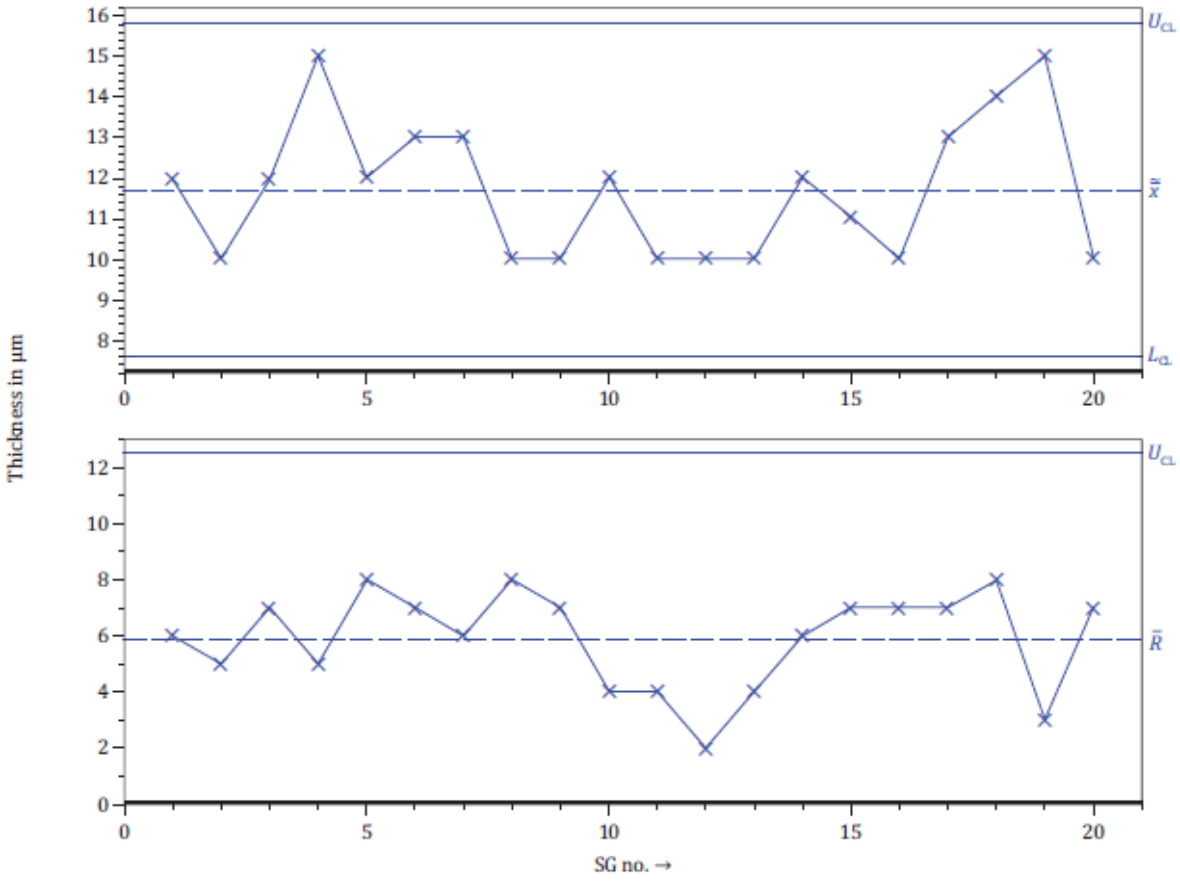
$\mathrm{L_{CL}} = \tilde{\bar{\mathrm{X}}} - \mathrm{A_4}\bar{\mathrm{R}} = 11.70 - (0.691 \times 5.9) = 7.6231\mu m \sim 7.62\mu m$

برای تعداد نمونه n = ۵، مقدار A_4 از جدول ۴ به دست می‌آید. نمودارها در شکل الف-۷ رسم شده‌اند. همان‌طور که از نمودار مشخص است، فرایند وضعیت کنترل آماری را نشان می‌دهد.

جدول الف-۴- داده‌های کنترل برای ضخامت DVD_s

مقادیر برحسب ۰/۰۰۱mm

شماره زیرگروه	ضخامت					میانه $\tilde{\bar{X}}$	دامنه R
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5		
۱	۱۴	۸	۱۲	۱۲	۸	۱۲	۶
۲	۱۱	۱۰	۱۳	۸	۱۰	۱۰	۵
۳	۱۱	۱۲	۱۶	۱۴	۹	۱۲	۷
۴	۱۶	۱۲	۱۷	۱۵	۱۳	۱۵	۵
۵	۱۵	۱۲	۱۴	۱۰	۷	۱۲	۸
۶	۱۳	۸	۱۵	۱۵	۸	۱۳	۷
۷	۱۴	۱۲	۱۳	۱۰	۱۶	۱۳	۶
۸	۱۱	۱۰	۸	۱۶	۱۰	۱۰	۸
۹	۱۴	۱۰	۱۲	۹	۷	۱۰	۷
۱۰	۱۲	۱۰	۱۲	۱۴	۱۰	۱۲	۴
۱۱	۱۰	۱۲	۸	۱۰	۱۲	۱۰	۴
۱۲	۱۰	۱۰	۸	۸	۱۰	۱۰	۲
۱۳	۸	۱۲	۱۰	۸	۱۰	۱۰	۴
۱۴	۱۳	۸	۱۴	۱۳	۱۱	۱۱	۷
۱۵	۷	۸	۱۴	۱۳	۱۱	۱۱	۷
۱۶	۱۰	۱۲	۶	۹	۱۳	۱۰	۷
۱۷	۱۷	۱۳	۱۱	۱۰	۱۴	۱۳	۷
۱۸	۱۰	۱۷	۱۴	۱۴	۹	۱۴	۸
۱۹	۱۴	۱۳	۱۵	۱۶	۱۵	۱۵	۳
۲۰	۱۰	۱۵	۸	۱۱	۸	۱۰	۷



شکل الف-۷ – نمودار میانه و نمودار دامنه برای ضخامت DVD_s

الف-۴ نمودارهای کنترل مشخصه‌های وصفی

الف-۴-۱ نمودار P: مقدار p_0 داده شده است

یک شرکت تولیدکننده ترانزیستورهای رادیو، تصمیم می‌گیرد تا نمودار p نسبت عدم انطباق را به کار برد. داده‌ها برای یک دوره یک ماهه، جمع‌آوری و تحلیل می‌شود. از تولیدات هر روز، یک نمونه تصادفی در پایان روز، جمع‌آوری و تعداد اقلام نامنطبق در آن بررسی می‌شود. داده‌ها در جدول الف-۵ نشان داده شده است. مقادیر نسبت عدم انطباق محاسبه شده در هر زیرگروه نیز در جدول الف-۵ داده شده است. متوسط نسبت عدم انطباق برای یک ماه به طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{p} = \frac{N_{nc,tot}}{N_{i,tot}} = \frac{233}{3893} = 0.06$$

که در آن:

$N_{nc,tot}$ تعداد کل عدم انطباق‌ها و

$N_{i,tot}$ تعداد کل اقلام بازرسی شده می‌باشد.

از آن‌جایی‌که اندازه زیرگروه‌ها متفاوتند، مقادیر U_{CL} و L_{CL} باید برای هر زیرگروه به طور مجزا از طریق زیر محاسبه شود:

$$U_{CL} = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$L_{CL} = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

که در آن:

n اندازه زیرگروه است.

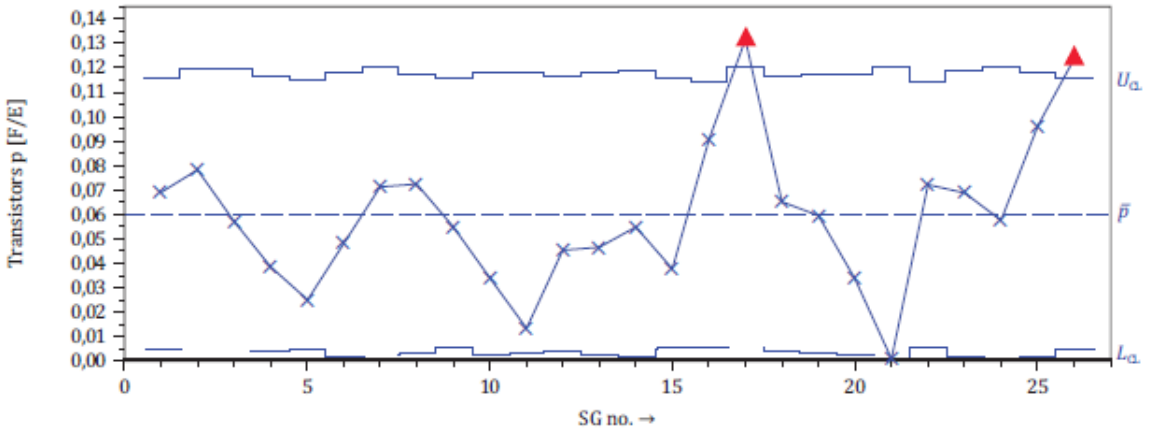
جدول الف-۶ نتایج محاسبات را برای هر زیرگروه نشان می‌دهد.

جدول الف-۵- ترانزیستورهای رادیو: نمودار p (داده‌های اولیه)

روز	تعداد بازرسی شده	تعداد عدم انطباق	نسبت عدم انطباق
۱	۱۵۸	۱۱	۰/۰۷۰
۲	۱۴۰	۱۱	۰/۰۷۹
۳	۱۴۰	۸	۰/۰۵۷
۴	۱۵۵	۶	۰/۰۳۹
۵	۱۶۰	۴	۰/۰۲۵
۶	۱۴۴	۷	۰/۰۴۹
۷	۱۳۹	۱۰	۰/۰۷۲
۸	۱۵۱	۱۱	۰/۰۷۳
۹	۱۶۳	۹	۰/۰۵۵
۱۰	۱۴۸	۵	۰/۰۳۴
۱۱	۱۵۰	۲	۰/۰۱۳
۱۲	۱۵۳	۷	۰/۰۴۶
۱۳	۱۴۹	۷	۰/۰۴۷
۱۴	۱۴۵	۸	۰/۰۵۵
۱۵	۱۶۰	۶	۰/۰۳۸
۱۶	۱۶۵	۱۵	۰/۰۹۱
۱۷	۱۳۶	۱۸	۰/۱۳۲
۱۸	۱۵۳	۱۰	۰/۰۶۵
۱۹	۱۵۰	۹	۰/۰۶۰
۲۰	۱۴۸	۵	۰/۰۳۴
۲۱	۱۳۵	۰	۰/۰۰۰
۲۲	۱۶۵	۱۲	۰/۰۷۳
۲۳	۱۴۳	۱۰	۰/۰۷۰
۲۴	۱۳۸	۸	۰/۰۵۸
۲۵	۱۴۴	۱۴	۰/۰۹۷
۲۶	۱۶۱	۲۰	۰/۱۲۴
کل	۳۸۹۳	۲۳۳	

جدول الف-۶- ترانزیستورهای رادیو- نتایج محاسبات

شماره زیرگروه	تعداد بازرسی شده	نسبت عدم انطباق	U_{CL}	L_{CL}
۱	۱۵۸	۰/۰۷۰	۰/۱۱۷	۰/۰۰۳
۲	۱۴۰	۰/۰۷۹	۰/۱۲۰	۰/۰۰۰
۳	۱۴۰	۰/۰۵۷	۰/۱۲۰	۰/۰۰۰
۴	۱۵۵	۰/۰۳۹	۰/۱۱۷	۰/۰۰۳
۵	۱۶۰	۰/۰۲۵	۰/۱۱۶	۰/۰۰۴
۶	۱۴۴	۰/۰۴۹	۰/۱۱۹	۰/۰۰۱
۷	۱۳۹	۰/۰۷۲	۰/۱۲۰	۰/۰۰۰
۸	۱۵۱	۰/۰۷۳	۰/۱۱۸	۰/۰۰۲
۹	۱۶۳	۰/۰۵۵	۰/۱۱۶	۰/۰۰۴
۱۰	۱۴۸	۰/۰۳۴	۰/۱۱۹	۰/۰۰۱
۱۱	۱۵۰	۰/۰۱۳	۰/۱۱۸	۰/۰۰۲
۱۲	۱۵۳	۰/۰۴۶	۰/۱۱۸	۰/۰۰۲
۱۳	۱۴۹	۰/۰۴۷	۰/۱۱۸	۰/۰۰۲
۱۴	۱۴۵	۰/۰۵۵	۰/۱۱۹	۰/۰۰۱
۱۵	۱۶۰	۰/۰۳۸	۰/۱۱۶	۰/۰۰۴
۱۶	۱۶۵	۰/۰۹۱	۰/۱۱۵	۰/۰۰۵
۱۷	۱۳۶	۰/۱۳۲	۰/۱۲۱	۰/۰۰۰
۱۸	۱۵۳	۰/۰۶۵	۰/۱۱۸	۰/۰۰۲
۱۹	۱۵۰	۰/۰۶۰	۰/۱۱۸	۰/۰۰۲
۲۰	۱۴۸	۰/۰۳۴	۰/۱۱۹	۰/۰۰۱
۲۱	۱۳۵	۰/۰۰۰	۰/۱۲۱	۰/۰۰۰
۲۲	۱۶۵	۰/۰۷۳	۰/۱۱۵	۰/۰۰۵
۲۳	۱۴۳	۰/۰۷۰	۰/۱۲۰	۰/۰۰۰
۲۴	۱۳۸	۰/۰۵۸	۰/۱۲۱	۰/۰۰۰
۲۵	۱۴۴	۰/۰۹۷	۰/۱۱۹	۰/۰۰۱
۲۶	۱۶۱	۰/۱۲۴	۰/۱۱۶	۰/۰۰۴
کل	۳۸۹۳			



شکل الف-۸- نمودار p برای عدم انطباق ترانزیستورهای رادیو

می‌توان دید که رسم مقادیر U_{CL} و L_{CL}، برای هر زیرگروه یک وظیفه زمانبر است. از جدول الف-۸ می‌توان مشاهده نمود که نسبت عدم انطباق برای زیرگروه شماره ۱۷ و ۲۶ خارج از حدود کنترل بالایی متناظر قرار می‌گیرند. چنانچه نشان داده شده، این دو زیرگروه از داده‌های محاسبه حدود کنترل، حذف می‌شوند، به این دلیل که تفاوت انحرافات آن‌ها، بر سایر زیرگروه‌ها تأثیرگذار است. اگر این دو زیرگروه در محاسبات مد نظر قرار گیرند، منجر به متوسط فرایند و حدود کنترل اغراق‌آمیزی می‌شود که انحرافات تصادفی واقعی را انعکاس نمی‌دهد. دلایل بالا بودن این مقادیر باید بررسی شود، به طوری که ممکن است نیاز باشد تا اقدام اصلاحی به منظور پیشگیری از وقوع این موارد در آینده، انجام شود.

متوسط نسبت عدم انطباق از مقادیر۲۴ زیرگروه باقی‌مانده به طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{p} = \frac{195}{3596} = 0.054$$

با محاسبه مقادیر U_{CL} و L_{CL} اصلاح شده برای هر زیرگروه، با استفاده از مقدار اصلاح شده $\bar{p}$ ، معلوم می‌شود که همه نسبت‌های عدم انطباق داخل حدود کنترل متناظر خود هستند. از این‌رو، این مقدار اصلاح شده $\bar{p}$ به عنوان نسبت عدم انطباق استاندارد برای هدف ایجاد حدود کنترل، در نظر گرفته می‌شود. بدین ترتیب، $p_0 = 0.054$.

همان طور که در بالا نیز ذکر شد، رسم حدود کنترل بالایی برای زیرگروه‌های با اندازه‌های متفاوت، فرایندی زمانبر و کسل کننده است. با این حال، از آنجایی‌که اندازه‌های زیرگروه تفاوت زیادی با متوسط اندازه زیرگروه با اندازه n =۱۵۰ ندارند، نمودار p اصلاح شده (با استفاده از p_0 = ۰/۰۵۴) می‌تواند با حد کنترل بالایی با استفاده از اندازه زیرگروه n=۱۵۰، به عنوان متوسط اندازه زیرگروه رسم شود.

بدین ترتیب، خطوط نمودار p اصلاح شده به طریق زیر محاسبه می‌شوند.

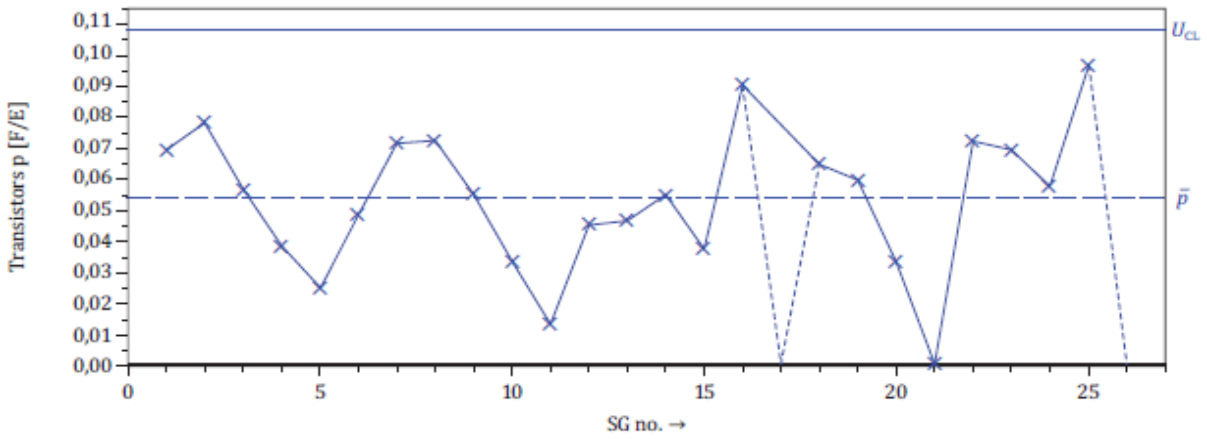
خط مرکزی $C_L = p_0 = 0.054$

$$U_{CL} = p_0 + 3\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}} = 0.054 + 3\sqrt{\frac{0.054(1-0.054)}{150}} = 0.109$$

$$L_{CL} = p_0 - 3\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}} = 0.054 - 3\sqrt{\frac{0.054(1-0.054)}{150}} =$$

یادآوری- از آن‌جایی‌که مقادیر منفی امکان‌پذیر نیست، حد پایینی نشان داده نشده است.

نمودار p اصلاح شده در شکل الف-۹ رسم شده است. فرایند نشان دهنده وضعیت کنترل آماری است.



شکل الف-۹- نمودار p اصلاح شده برای عدم انطباق ترازیستورهای رادیو

الف-۴-۲ نمودار np : مقدار p_0 داده شده است

جدول الف-۷، تعداد واحدهای نامنطبق را، در هر ساعت، با توجه به عملکرد نامناسبی که در بازرسی ۱۰۰٪ با استفاده از وسایل بازرسی خودکار بر روی سوییچ‌های کوچک یافت می‌شود، نشان می‌دهد. سوییچ‌ها در یک خط مونتاژ خودکار تولید می‌شوند. از آن جایی که عملکرد نامناسب، جدی است، از درصد نامنطبق برای شناسایی زمانی که خط مونتاژ خارج از کنترل است، استفاده می‌شود. از آنجایی‌که تعداد اقلام بازرسی شده ثابت است، یک نمودار np با جمع‌آوری داده‌ها از ۲۵ گروه به عنوان داده‌های اولیه، تهیه می‌شود.

جدول الف-۷- داده‌های اولیه: سوییچ‌ها

شماره زیرگروه	تعداد سوییچ های بازرسی شده	تعداد سوییچ های نامنطبق	درصد عدم انطباق
۱	۴۰۰۰	۸	۰٫۲۰۰
۲	۴۰۰۰	۱۴	۰٫۳۵۰
۳	۴۰۰۰	۱۰	۰٫۲۵۰
۴	۴۰۰۰	۴	۰٫۱۰۰
۵	۴۰۰۰	۱۳	۰٫۳۲۵
۶	۴۰۰۰	۹	۰٫۲۲۵
۷	۴۰۰۰	۷	۰٫۱۷۵
۸	۴۰۰۰	۱۱	۰٫۲۷۵
۹	۴۰۰۰	۱۵	۰٫۳۷۵

شماره زیرگروه	تعداد سوییچ های بازرسی شده	تعداد سوییچ های نامنطبق	درصد عدم انطباق
۱۰	۴۰۰۰	۱۳	۰٫۳۲۵
۱۱	۴۰۰۰	۵	۰٫۱۲۵
۱۲	۴۰۰۰	۱۴	۰٫۳۵۰
۱۳	۴۰۰۰	۱۲	۰٫۳۰۰
۱۴	۴۰۰۰	۸	۰٫۲۰۰
۱۵	۴۰۰۰	۱۵	۰٫۳۷۵
۱۶	۴۰۰۰	۱۱	۰٫۲۷۵
۱۷	۴۰۰۰	۹	۰٫۲۲۵
۱۸	۴۰۰۰	۱۸	۰٫۴۵۰
۱۹	۴۰۰۰	۶	۰٫۱۵۰
۲۰	۴۰۰۰	۱۲	۰٫۳۰۰
۲۱	۴۰۰۰	۶	۰٫۱۵۰
۲۲	۴۰۰۰	۱۲	۰٫۳۰۰
۲۳	۴۰۰۰	۸	۰٫۲۰۰
۲۴	۴۰۰۰	۱۵	۰٫۳۷۵
۲۵	۴۰۰۰	۱۴	۰٫۳۵۰
کل	۱۰۰۰۰۰	۲۶۹	

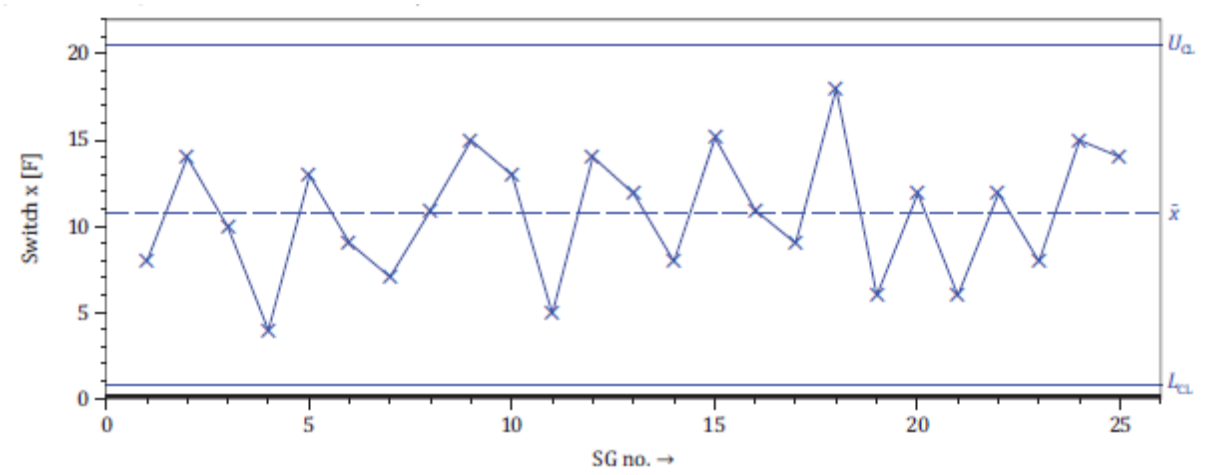
خط مرکزی و حدود کنترل در زیر محاسبه و رسم شده‌اند.

محاسبات نمودار np :

$$\text{خط مرکزی } C_L = n\bar{p} = \frac{8+14+\cdots+14}{25} = 10.76$$

$$\mathrm{U_{CL}} = \mathrm{n\bar{p}} + 3\sqrt{\mathrm{\bar{p}(1-\bar{p})}} = 10.76 + 3\sqrt{10.76(1-0.0027)} = 20.59$$

$$\mathrm{L_{CL}} = \mathrm{n\bar{p}} - 3\sqrt{\mathrm{\bar{p}(1-\bar{p})}} = 10.76 - 3\sqrt{10.76(1-0.0027)} = 0.93$$



شکل الف-۱۰- نمودار np برای سوییچ‌ها

شکل الف-۱۰ نشان می‌دهد که کیفیت سوییچ‌ها تحت کنترل آماری است. این حدود کنترل ممکن است فعلاً برای زیرگروه‌های آینده استفاده شود تا زمانی‌که فرایند تغییر کرده یا خارج از کنترل آماری قرار گیرد. توجه کنید از آن‌جایی‌که فرایند تحت کنترل آماری است، بعید است که هر بهبودی بتواند بدون تغییر یک فرایند انجام شود. در آینده برای کنترل، ممکن است اندازه نمونه ۵۰۰ تایی به جای ۴۰۰۰ تایی کافی باشد.
اگر بهبودی ایجاد شود، آن‌گاه مجبوریم حدود کنترل جدیدی برای زیرگروه‌ها محاسبه کنیم تا عمکرد فرایند تغییر یافته را منعکس کنیم. اگر فرایند بهبود یافته باشد (مقدار np کمتر)، از حدود جدید استفاده کنید، اما اگر فرایند بدتر شده باشد (مقدار np بیشتر)، برای عوامل قابل تشخیص اضافی تحقیق کنید.

الف-۴-۳ نمودار C ، مقدار C_0 داده نشده است

یک سازنده ویدئو ضبط، می خواهد تا تعداد نقاط عدم انطباق در ویدئو ضبط‌ها را کنترل کند. داده‌های زیر، تعداد عدم انطباق‌های نقطه‌ای پیدا شده از طریق امتحان متوالی سطح ۲۰ حلقه ویدئو ضبط می‌باشد، به طوری که هر کدام دارای۳۵۰ متر طول و از یک فرایند تولید معین در جایی که آخرین مرحله بررسی ویدوئو ضبط صورت می‌گیرد، می‌باشد.
به منظور کنترل این فرایند، نمودار c را بارسم تعداد عدم انطباق‌های نقطه‌ای، به کار می‌بریم. داده‌های مربوط به ۲۰ حلقه که در جدول الف-۸ آمده، به عنوان داده‌های اولیه برای تهیه نمودار c در نظر گرفته می‌شود.

جدول الف-۸- داده‌های اولیه: ویدئو ضبط

شماره حلقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	کل
تعداد نقاط عدم انطباق	۷	۱	۲	۵	۰	۶	۲	۰	۴	۴	۶	۳	۳	۱	۶	۳	۱	۵	۶	۶۸

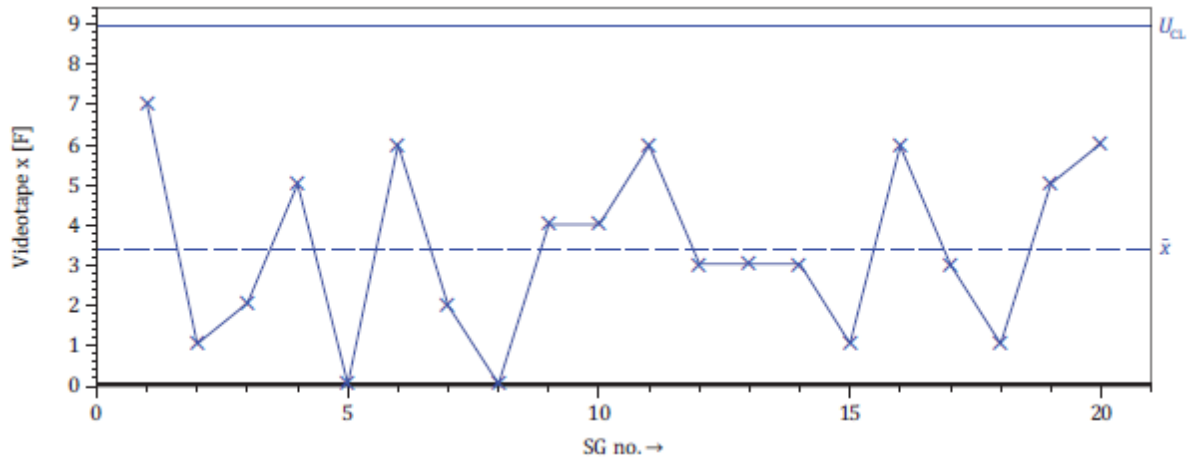
خط مرکزی و حدود کنترل به طریق زیر محاسبه و رسم می‌شوند.

خط مرکزی $C_L = \bar{c} = \frac{7+1+\cdots+6}{20} = 3.4$

$U_{CL} = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 3.4 + 3\sqrt{3.4} = 8.9$

$L_{CL} = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 3.4 - 3\sqrt{3.4}$

هنگامی که حد کنترل پایینی منفی باشد،یعنی هیچ حد کنترل پایینی وجود ندارد.



شکل الف-۱۱- نمودار c برای داده‌ها از تولید ویدئوضبط

داده‌های اولیه نشان می‌دهد که فرایند در وضعیت کنترل آماری است.

الف-۴-۴ نمودار u- مقدار u_0 داده شده است

در یک کارخانه ساخت تایر، ۵۰ تایر هر نیم ساعت یک‌بار بازرسی شده و تعداد کل عدم انطباق‌ها و تعداد عدم انطباق‌ها در هر واحد ثبت شده بود. تصمیم گرفته شد به منظور بررسی وضعیت کنترل فرایند، یک نمودار u برای تعداد عدم انطباق‌ها در هر واحد تهیه شود. داده‌ها در جدول الف-۲ نشان داده شده‌اند.
متوسط مقادیر u، چنانچه در زیر آمده، از جدول محاسبه می‌شوند.

جدول الف-۹-تعداد عدم انطباق‌ها در هر واحد(واحدهای زیرگروه های بررسی شده، ۵۰ =n)

شماره زیرگروه	**۱**	**۲**	**۳**	**۴**	**۵**	**۶**	**۷**	**۸**	**۹**	**۱۰**	
c: تعداد عدم انطباق‌ها	۴	۵	۳	۶	۲	۱	۵	۶	۲	۴	
u: تعداد عدم انطباق‌ها در هر واحد	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۰۸	
شماره زیرگروه	**۱۱**	**۱۲**	**۱۳**	**۱۴**	**۱۵**	**۱۶**	**۱۷**	**۱۸**	**۱۹**	**۲۰**	**کل**
c: تعداد عدم انطباق‌ها	۷	۵	۲	۳	۵	۱	۲	۶	۳	۵	۷۷
u: تعداد عدم انطباق‌ها در هر واحد	۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۰۷۷

تعداد کل عدم انطباق ها (از ردیف مقادیر c) را بر تعداد واحدهای بازرسی شده تقسیم کنید.

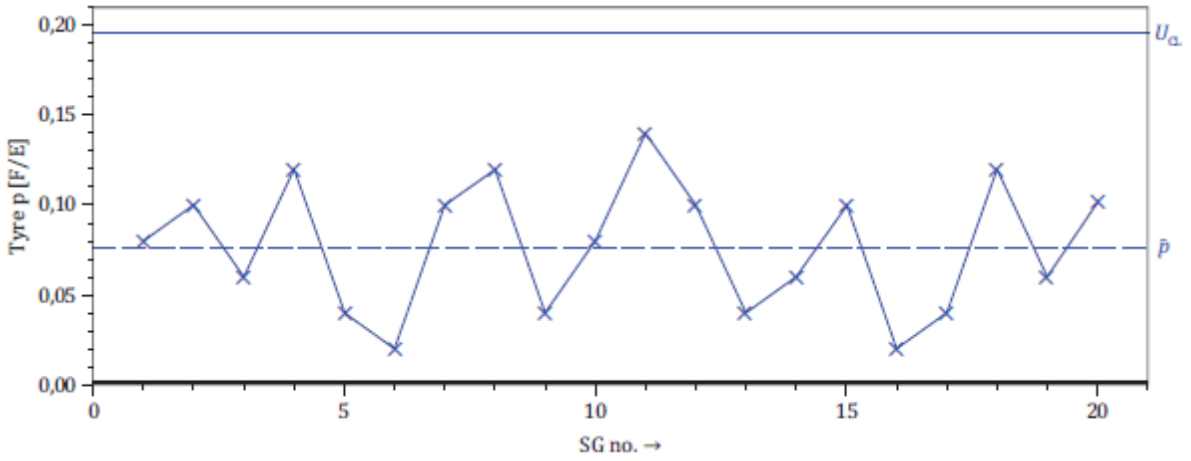
$$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n} = \frac{77}{20.50} = 0.077$$

$$U_{CL} = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 0.077 + 3\sqrt{\frac{0.077}{50}} = 0.19472 \approx 0.195$$

$$L_{CL} = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 0.077 - 3\sqrt{\frac{0.077}{50}}$$

یادآوری- از آن جایی‌که مقدار منفی امکان‌پذیر نیست، حد پایینی نشان داده نمی‌شود.

داده‌ها و خطوط کنترل در شکل الف-۱۲، رسم شده‌اند.



شکل الف-۱۲- نمودار u برای داده‌های مربوط به ساخت تایر

شکل الف-۱۲ نشان می‌دهد که فرایند در وضعیت کنترل آماری قرار دارد.

یادآوری- از آن‌جایی‌که اندازه زیرگروه ثابت است، از نمودار c به جای نمودار u می‌توان استفاده نمود.

پیوست ب

(اطلاعاتی)

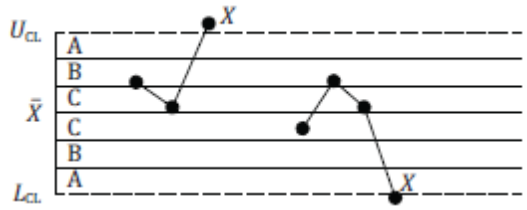
ملاحظات عملی در رابطه با آزمون‌های روند برای موارد انحراف قابل تشخیص

ملاحظات عملی در مورد استفاده از آزمون‌های روند در شکل ۳ که در زیر آمده نشان داده می‌شود.

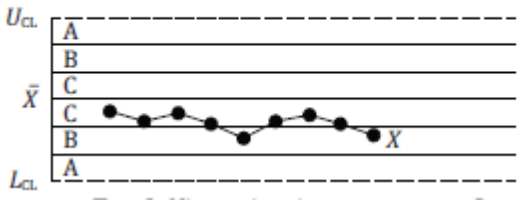
الف آزمون‌های روند متفاوت زیادی در دسترس هستند. آزمون‌های روند نشان داده شده در شکل ۳، معمولاً برای آزمون‌ها استفاده می‌شوند. هدف از نمودارهای کنترل شوهارت این است که ببینیم آیا فرایند در یک شرایط پایدار قرار دارد یا خیر. به طور مثال، چنانچه تمایلی برای اکسیدشدن در فرایند ساخت جسم نیمه‌هادی، وجود داشته باشد که تحت تأثیر فشار هوا قرار دارد، مناسب است که امتداد مسیر، درنمودارهای کنترل پدیدار شوند. بااین‌حال، چنین وضعیتی معمول بوده و غیرعادی به حساب نمی‌آید. بنابراین، باطری در آزمون‌های الگوی شکل۳ نباید به عنوان قواعد خاص مدنظر قرار گیرد، بلکه باید به عنوان نوعی راهنما استفاده شود. آزمون‌های الگو باید براساس وضعیت معمولی فرایند، تعیین شود.

ب همان طور که در بند ۸ نشان داده شد، اگر چند آزمون شکل ۳ با همدیگر استفاده شود، احتمال وقوع خطای نوع اول خیلی زیاد می‌شود. با این حال، در مرحله اولیه تولید، هدف از کنترل فرایند آماری اینست که فرایند را تحت یک وضعیت ثابت درآورده و آن را به منظور عملکرد بهتر، بهبود دهیم. بنابراین، ما باید به طور قطعی و با سرعت، عوامل قابل تشخیص را با استفاده از برخی آزمون‌های شکل ۳ مشخص سازیم، هرچند که احتمال خطای نوع اول خیلی زیاد می‌شود. این‌ها می‌تواند به عنوان داده‌های اکتشافی تحلیل در نظر گرفته شود. از طرف دیگر، هنگامی که مرحله تولید به مرحله تولید روزمره و انبوه، انتقال می‌یابد، هدف از کنترل فرایند آماری این است که فرایند را در وضعیت کنترل حفظ کنیم. در این مورد، احتمال خیلی کمی از خطای نوع اول وجود دارد. بنابراین، از استفاده برخی آزمون‌ها باهمدیگر، اجتناب می‌شود. آزمون۱، قاعده اساسی نمودار کنترل شوهارت و یک آزمون عمومی است. اگر تمایل و یا روند نسبتاً کمی در میانگین فرایند ظاهر شود، استفاده از یک قاعده تکمیلی مفید خواهد بود. به طور مثال، آزمون ۵ قواعد الکتریکی وسترن می‌تواند علاوه بر آزمون ۱، به عنوان قاعده تکمیلی، تعیین شود.

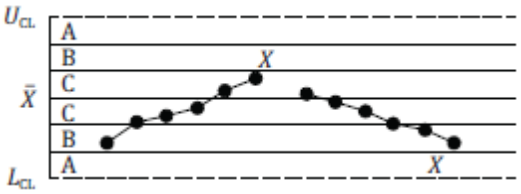
پ قواعد الکتریکی وسترن: معیارهای متفاوت زیادی برای شناسایی عوامل قابل تشخیص وجود دارند. یکی از قواعد رایجی که از سال ۱۹۵۰ میلادی تاکنون استفاده می‌شود، معیار معروف قواعدالکتریکی وسترن یا قواعد AT&T است. شکل ب-۱، هشت معیار آزمون معمول در این قواعد را نشان می‌دهد. همچنان که قبلاً توضیح داده شد، تصمیم‌گیری در مورد این که کدام معیار استفاده شود بستگی به فرایند مورد مطالعه دارد.



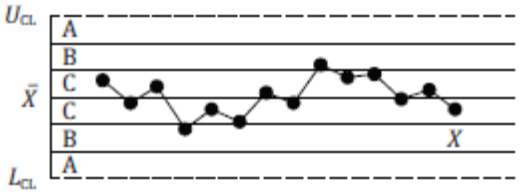
آزمون ۱- یک نقطه خارج از ناحیه A



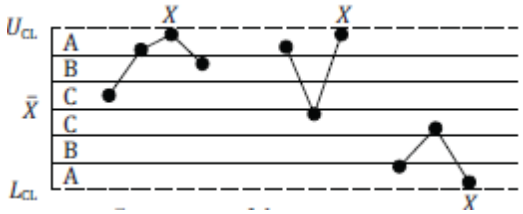
آزمون۲- نه نقطه در یک ردیف در ناحیه یا یک سمت خط مرکزی



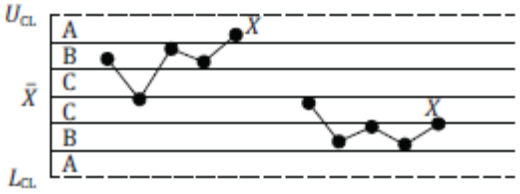
آزمون۳- شش نقطه در یک ردیف عمودی به حالت افزایشی یا کاهشی



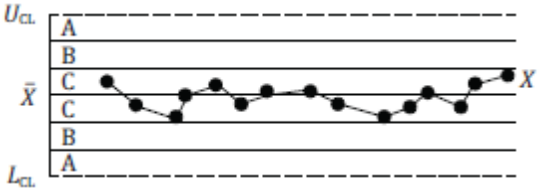
آزمون۴- چهارده نقطه در یک ردیف به طور متناوب بالا و پایین



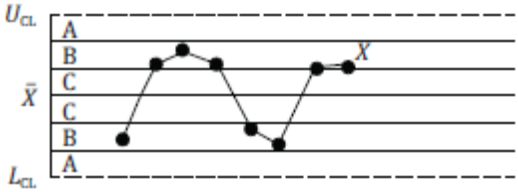
آزمون ۵- دو نقطه از سه نقطه در یک ردیف در ناحیه C بالا و پایین خط مرکزی



آزمون ۶- چهار نقطه از پنج نقطه در یک ردیف در ناحیه B یا آن‌طرف‌تر در یک سمت خط مرکزی



آزمون ۲- نه نقطه در یک ردیف در ناحیه یا یک سمت خط مرکزی



آزمون ۸- هشت نقطه در یک ردیف، هر دو طرف خط مرکزی بدون هیچ نقطه در ناحیه C

شکل ب-۱- آزمون‌هایی برای موارد قابل تشخیص

پیوست پ

(اطلاعاتی)

کتابنامه

[1] Shewhart W.A. Economic Control of Manufactured Product. D.Van Norstrand, Co, New York, 1931,pp.501.

[2] Nelson L.S. The Shewhart Control Chart – Test for Special Causes. Journal of Quality Technology. 1984 Octobr, 16(4) pp. 237-239

[3] Nelson L.S. Interpreting Shewhart $\bar{X}$ Control Charts. Jounal of Quality Technology. 1985 April, 17(2) pp. 114-116.

[4] Klein M. Two Alternatives to the Shewhart $\bar{\bar{X}}$ Control Charts. Journal of Quality Technology. 2000, 32 pp. 427-431

[5] Grant E., & Leaveworth R. Statistical Quality Control. McGraw- Hill Series in Industrial Engineering and Managemet, 1996

[6] Prabhu S.S., Montgomery D.C., Runger G.C. A Combined Adaptive Sample Size and Sampling Interval $\bar{X}$ Control Scheme. Journal of Quality Technology. 1994, 26 pp. 164-176

[7] Tagaras G.A Survey of Recent Developments in the Design of Adaptive Control Charts. Journal of Quality Technology. 1998, 30 pp. 212-231

[8] Nishina K., Kuzuya K., Ishi N. Reconsideration of Control Charts in Japan. Frontiers in Statistical Quality Control. 2005, 8pp. 136-150