استاندارد ملی ایران
۷۵۳۲-۱
چاپ اول
۱۳۹۳

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

INSO
7532-1
1st. Edition
2015

نمودارهای کنترل- قسمت ۱: راهنمایی‌های کلی

Control charts- Part1: General guidlines

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 ۱: راهنمایی‌های کلی »

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
اولیاء، محمدصالح (دکترای مهندسی صنایع)	عضو هیأت علمی دانشگاه یزد
دبیر:	
جعفری ندوشن، زهرا (فوق لیسانس مدیریت صنعتی)	کارشناس اداره کل استاندارد یزد
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
احمدی ندوشن، علیرضا (دانشجوی دکتری مدیریت)	شرکت گاز استان یزد
افضل آبادی، محمدرضا (دکتری مدیریت صنعتی)	سازمان صنایع و معادن استان یزد
ارسلان، علیرضا (فوق لیسانس مدیریت اجرایی)	رئیس انجمن کارشناسان استاندارد یزد
امیرمستوفیان، زهرا (فوق لیسانس مهندسی صنایع)	سازمان ملی استاندارد ایران
بهاری‌فرد، ناهید (لیسانس صنایع)	کارشناس مجتمع تولیدی صنایع لاستیک یزد
خلیل‌زاده، فائزه (لیسانس الکترونیک)	کارشناس اداره کل استاندارد یزد
قنبریان، علی (لیسانس مهندسی صنایع)	شرکت بازرسی نمونه برداری کیفیت آوران باستان
کوفی گر ، امیرحسین (دانشجوی دکتری مهندسی صنایع)	دانشگاه یزد

موسوی، سیدمحمودرضا
(لیسانس مهندسی صنایع)
شرکت رهپویان کیفیت

هادیان، الهام
(لیسانس آمار)
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	۱
۴	نمادها	۹
۵	مفاهیم	۹
۶	انواع نمودارهای کنترل	۱۵
۷	نمودارهایی برای پایداری فرایند	۱۶
۸	نمودارهایی برای پذیرش فرایند	۱۹
۹	تنظیم فرایند	۲۰
پیوست الف (اطلاعاتی) – کتاب‌نامه		۲۲

پیش گفتار

استاندارد « نمودارهای کنترل- قسمت ۱: راهنمایی‌های کلی » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و دریکصد و شصت و یکمین اجلاس کمیتهٔ ملی مدیریت کیفیت مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۲۵ 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.

منابع و مأخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرارگرفته به شرح زیراست:

1- ISO 7870-1:2014 Control charts- Part1: General guidelines

۲- واژه نامه مرکز آمار ایران

نمودارهای کنترل- قسمت ۱: راهنمایی‌های کلی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین راهنما برای ارائه عناصر کلیدی و فلسفه رویکرد نمودار کنترل است و انواع گسترده‌ای از نمودارهای کنترل را شناسایی می‌کند (شامل آن‌هایی که مرتبط با نمودار کنترل شوهارت هستند، آن‌هایی که تأکید بر پذیرش فرایند یا تنظیم[1] به موقع فرایند دارند و نمودارهای کنترل ویژه).

این استاندارد، مرورکلی از اصول و مفاهیم پایه را ارائه می‌دهد و ارتباط بین رویکرد انواع نمودارهای کنترل را برای کمک به انتخاب مناسب‌ترین استاندارد برای شرایط معین، توضیح می‌دهد.

در این استاندارد روش‌های کنترل آماری با استفاده از نمودارهای کنترل تعیین نمی‌شوند. این روش‌ها، در دیگر بخش‌های این استاندارد، تعیین خواهند شد.

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

۳ اصطلاحات و تعاریف

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

۳-۱

نمودار کنترل

نمودار همراه با حدود کنترل (بند ۳-۲) در جایی‌که برخی معیارهای[2] آماری از یک سری نمونه‌ها به منظور هدایت فرایند با توجه به آن معیاره، به ترتیبی خاص، رسم می‌شوند.

یادآوری ۱- ترتیب خاص معمولاً برمبنای زمان یا ترتیب شماره نمونه است.

1 - Adjustment
2 - Measure

یادآوری ۲ - هنگامی که معیار، یک متغیر فرایند است که با مشخصه محصول یا خدمت نهایی ارتباط دارد، نمودار کنترل اثربخش‌تر عمل می‌کند.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.1]

۲-۳

حد کنترل

مقدار آماری که تعریف‌کننده یک سطح مورد نظر از پایداری برای یک مشخصه تولیدشده است.

یادآوری ۱- یک یا دو حد کنترل، برروی نمودار کنترل نمایش داده می‌شود.

یادآوری ۲- اصطلاح "پایداری" فقط برای یک فرایند تحت کنترل معنا نمی‌دهد، بلکه می‌تواند همچنین به معنای پایداری در مقابل یک مقدار هدف باشد.

۳-۳

نمودار کنترل شوهارت

نمودار کنترل (۳-۱) با حدود کنترل شوهارت، که در همان ابتدا به منظور تشخیص بین انحراف در معیار رسم شده به سبب علل تصادفی و معیار رسم‌شده به سبب علل خاص، درنظر گرفته می‌شود.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.2]

۴-۳

حد کنترل شوهارت

حد کنترلی (۳-۲) که به طور آماری، از انحراف فرایند تنها به سبب علل تصادفی تعیین شده است.

۵-۳

نمودار کنترل پذیرش

نمودار کنترلی (۳-۱) که در همان ابتدا برای ارزیابی این‌که آیا می‌توان از معیار رسم‌شده انتظار داشت رواداری‌های مشخص‌شده را برآورده کند یا خیر، درنظر گرفته شده است.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.3]

۶-۳

نمودار کنترل تنظیم[1] فرایند

نمودار کنترل (۳-۱) که از یک مدل پیش‌بینی فرایند استفاده می‌کند تا در صورتی‌که هیچ تغییری ایجاد نشده باشد، مسیر[2] آینده فرایند را برآورد کرده و رسم کند ، و تا کمیت تغییر ایجاد شده به منظور حفظ انحراف فرایند درحد قابل قبول را تعیین کند.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.4]

1 - Adjustment
2 - Course

۷-۳

نمودار کنترل متغیرها[1] (مشخصه‌های متغیر)

نمودار کنترل (۳-۱) که در آن معیار رسم‌شده، داده‌ها را بر روی یک مقیاس پیوسته نمایش می‌دهد.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.6]

۸-۳

نمودار کنترل وصفی‌ها[2] (مشخصه‌های وصفی)

نمودار کنترل (۳-۱) که در آن معیار رسم‌شده، داده‌ها را به صورت قابل شمارش یا طبقه‌بندی‌شده نمایش می‌دهد.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.7]

۹-۳

نمودار C

نمودار کنترل تعداد دفعات مشاهده

نمودار کنترل وصفی‌ها (۳-۸) برای تعداد وقایع[3] که در آن فرصت برای وقوع ثابت است.

یادآوری- وقایع از یک نوع خاص، برای مثال، تعداد غایبین و تعداد پیش‌فروش‌ها، شمارش می‌شوند. در زمینه کیفیت، وقایع اغلب تحت عنوان عدم انطباق‌ها و فرصت ثابت مربوط به نمونه‌های با اندازه ثابت یا مقادیر ثابتی از مواد بیان می‌شوند. " تعداد عیب در هر ۱۰۰ متر مربع از پارچه" و "تعداد خطاها در هر ۱۰۰ صورتحساب" مثال‌هایی از این نوع هستند.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.8]

۱۰-۳

نمودار u

نمودار کنترل تعداد در هر واحد

نمودار کنترل وصفی‌ها (۳-۸) برای تعداد وقایع در هر واحد به طوری‌که فرصت وقوع متغیر است.

یادآوری- وقایع یک نوع خاص، برای مثال، تعداد غایبین و تعداد پیش‌فروش‌ها، شمارش می‌شوند. در زمینه کیفیت، وقایع اغلب تحت عنوان عدم انطباق‌ها و فرصت متغیر مربوط به زیرگروه‌های با اندازه متغیر یا مقادیر متغیری از مواد بیان می‌شوند.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.9]

1 - variables
2 - Attributes
3 - Incidences

۱۱-۳

نمودار np

نمودار کنترل تعداد واحدهای طبقه بندی شده

نمودار کنترل وصفی‌ها (۳-۸) برای تعدادی از واحدهای یک طبقه‌بندی معین که در آن اندازه زیرگروه ثابت است.

یادآوری- در زمینه کیفیت، طبقه‌بندی معمولاً قالب "واحدهای نامنطبق" را به خود می‌گیرد.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.10]

۱۲-۳

نمودار p

نمودار کنترل نسبت واحدهای طبقه بندی شده

نمودار کنترل درصد واحدهای طبقه بندی شده

نمودار کنترل وصفی‌ها (۳-۸) برای تعدادی از واحدهای یک طبقه‌بندی معین در تعداد کل واحدها در نمونه که برحسب درصد یا نسبت بیان می‌شود.

یادآوری ۱ - در زمینه کیفیت، طبقه‌بندی معمولاً قالب "واحد نامنطبق" را به خود می‌گیرد.

یادآوری ۲- نمودار p، به طور خاص هنگامی به کار می‌رود که اندازه زیرگروه متغیر است.

یادآوری ۳- معیار رسم‌شده می‌تواند به عنوان یک نسبت یا به عنوان یک درصد بیان شود.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.11]

۱۳-۳

نمودار p استاندارد

نمودار کنترل وصفی‌ها (۳-۸) که در آن نسبت طبقه‌بندی معین به عنوان انحرافات نرمال استاندارد بیان می‌شوند.

۱۴-۳

نمودار کنترل $\overline{X}$

نمودار کنترل میانگین

نمودار کنترل متغیرها (۳-۷) برای ارزیابی سطح فرایند برحسب میانگین زیرگروه است.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.12]

۱۵-۳

نمودار کنترل میانه

نمودار کنترل متغیرها (۳-۷) برای ارزیابی سطح فرایند برحسب میانه زیرگروه است.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.13]

۱۶-۳

نمودار کنترل میانگین متحرک

نمودار کنترل (۳-۱) برای ارزیابی سطح فرایند برحسب میانگین هر n مشاهده متوالی است.

یادآوری ۱- این نمودار معمولاً هنگامی مفید است که فقط یک مشاهده در هر زیرگروه در دسترس است. مشخصه‌های فرایند از قبیل دما، فشار و زمان، مثال‌هایی از این نوع هستند.

یادآوری ۲ - مشاهده فعلی، جایگزین قدیمی‌ترین مشاهده از آخرین n+۱ مشاهده می‌شود.

یادآوری ۳- نقطه ضعف این نمودار اینست که وزنی برای اثر انتقال n نقطه آخری در نظر نمی‌گیرد.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.14]

۱۷-۳

نمودار کنترل داده‌های انفرادی[1]

نمودار کنترل X

نمودار کنترل متغیرها (۳-۷) برای ارزیابی سطح فرایند برحسب مشاهدات انفرادی در نمونه است.

یادآوری ۱- این نمودار معمولاً همراه با نمودار دامنه متحرک، و اغلب با n =۲ است.

یادآوری ۲- این نمودار، مزیت‌های میانگین‌گرفتن برحسب حداقل‌کردن انحرافات تصادفی و مفروضات تئوری حد مرکزی توزیع نرمال را از دست می‌دهد.

یادآوری ۳- مقادیر انفرادی برحسب نمادهای $x_1, x_2, x_3, \ldots$ بیان می‌شوند.

یادآوری ۴- در مورد نمودار برای داده‌های انفرادی، نماد R مقدار دامنه متحرک را نشان می‌دهد به طوری‌که مقدار مطلق تفاوت بین دو مقدار متوالی است، یعنی، $|x_1 - x_2|, |x_2 - x_3|$ و از این قبیل.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.15, modified]

۱۸-۳

نمودار کنترل مجموع تجمعی[2]

نمودار CUSUM

نمودار کنترل (۳-۱) که درآن مجموع تجمعی انحرافات مقادیر نمونه متوالی از یک مقدار مرجع رسم می‌شود، برای این‌که تغییرات در سطح معیار رسم‌شده را مشخص کند.

---

1 - Individuals
2 - Cumulative sum

یادآوری ۱- محور y مربوط به هر نقطه رسم شده، مجموع جبری عرض نقاط قبلی و آخرین انحراف از مقدار مرجع، هدف یا مقدار کنترل را نشان می‌دهد.

یادآوری ۲- متمایزترین تغییرات در سطح هنگامی به دست می‌آید که مقدار مرجع با مقدار میانگین کل برابر است.

یادآوری ۳- این نمودار می‌تواند در حالت کنترل، تشخیص[1] یا حالت پیش‌بینی[2] استفاده شود.

یادآوری ۴- هنگامی که این نمودار در حالت کنترل استفاده می‌شود، می‌تواند به صورت نموداری توسط اضافه‌کردن یک ماسک[3] (به طور مثال ماسک v) بر روی نمودار تفسیر شود. اگر مسیر CUSUM ماسک را قطع کند یا با مرز ماسک مماس شود، یک نشانه[4] آشکار می‌شود.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.5]

۱۹-۳

نمودار کنترل EWMA[5]

نمودار کنترل میانگین موزون متحرک نمایی

نمودار کنترل (۳-۱) برای ارزیابی سطح فرایند برحسب یک دامنه متحرک هموار نمایی است.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.16]

۲۰-۳

نمودار Z

نمودار کنترل متغیرها (۳-۷) برای ارزیابی فرایند برحسب انحرافات نرمال استاندارد زیرگروه است.

۲۱-۳

نمودار کنترل گروهی برای میانگین ها

نمودار کنترل متغیرها (۳-۷) برای ارزیابی سطح فرایند برحسب بالاترین و پایین‌ترین میانگین‌های زیرگروه (با چندین منبع) همراه با شناسایی منبع مربوطه است.

۲۲-۳

نمودار کنترل گروهی برای دامنه ها

نمودار کنترل متغیرها (۳-۷) برای ارزیابی انحراف فرایند برحسب بالاترین دامنه‌های زیرگروه (با چندین منبع) همراه با شناسایی منبع مربوطه است.

۲۳-۳

نمودار کنترل بالا و پایین

---

1 - Diagnostic
2 - predictive
3- Mask
4 - Signal
5 Exponentially weighted moving average control chart

نمودار کنترل متغیرها (۳-۷) برای ارزیابی سطح فرایند برحسب بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین مقدار زیرگروه است.

۲۴-۳

نمودار کنترل روند

نمودار کنترل (۳-۱) برای ارزیابی سطح فرایند با توجه به انحراف از میانگین‌های زیرگروه از یک تغییر مورد انتظار در سطح فرایند است.

یادآوری ۱- روند می‌تواند به طور تجربی یا به وسیله شیوه‌های رگرسیون، تعیین شود.

یادآوری ۲- یک روند، یک گرایش روبه بالا یا رو به پایین، بعد از حذف انحرافات تصادفی و اثرات دوره‌ای است، هنگامی که مقادیر مشاهده شده به ترتیب زمان مشاهدات رسم می‌شوند.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.17]

۲۵-۳

نمودار R

نمودار کنترل دامنه

نمودار کنترل متغیرها (۳-۷) برای ارزیابی انحراف برحسب دامنه‌های زیرگروه است.

یادآوری ۱- مقدار دامنه زیرگروه که توسط نماد R نشان داده می‌شود، تفاوت بین بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین مشاهدات زیرگروه است.

یادآوری ۲- مقدار میانگین دامنه‌های زیرگروه با نماد $\bar{R}$ مشخص می‌شود.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.18, modified]

۲۶-۳

نمودار s

نمودار کنترل انحراف استاندارد

نمودار کنترل متغیرها (۳-۷) برای ارزیابی انحراف برحسب انحرافات استاندارد زیرگروه است.

یادآوری ۱- مقدار انحرافات استاندارد زیرگروه توسط نماد s نشان داده می‌شود.

یادآوری ۲- مقدار میانگین انحرافات استاندارد زیرگروه توسط نماد $\bar{s}$ مشخص می‌شود.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.19]

۲۷-۳

نمودار کنترل دامنه متحرک

نمودار کنترل متغیرها (۳-۷) برای ارزیابی انحراف برحسب دامنه هر n مشاهده متوالی است.

یادآوری ۱- مشاهده فعلی، جایگزین قدیمی‌ترین مشاهده از آخرین n+۱ مشاهده می‌شود.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.20]

۲۸-۳

نمودار کنترل برای ضریب تغییرات[1]

نمودار کنترل متغیرها (۳-۷) برای ارزیابی انحراف برحسب ضریب تغییرات زیرگروه است.

۲۹-۳

نمودار کنترل چند متغیره[2]

نمودار کنترل (۳-۱) برحسب پاسخ‌های دو یا چند انحراف همبسته متقابل که برای هر زیرگروه، به عنوان یک آماره نمونه، ترکیب شده‌اند.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.21]

۳۰-۳

نمودار کنترل چند مشخصه‌ای[3]

نمودار کنترل وصفی‌ها (۳-۸) برای ارزیابی سطح فرایند برمبنای بیشتر از یک مشخصه است.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.22]

۳۱-۳

نمودار کنترل بی‌کفایتی[4]

نمودار امتیاز کیفیت[5]

نمودار کنترل چندمشخصه‌ای (۳-۱) برای ارزیابی سطح فرایند که در آن وزن‌های متفاوت به رویدادها بسته به اهمیت درک شده آن‌ها، تخصیص داده می‌شود.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.23]

۳۲-۳

تنظیم فرایند[6]

اقدام برای کاهش انحراف از هدف در مشخصه خروجی، توسط مناسب‌سازی تغییرات جبرانی در برخی متغیرهای کنترل دیگر با اندازه‌گیری نوسانات در یک متغیر ورودی یا خروجی است.

یادآوری- پایش مداوم تعیین می‌کند که آیا فرایند و سیستم تنظیم فرایند، خودشان در یک وضعیت کنترل آماری هستند یا خیر.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.24]

---

1 - Coefficient of variation
2 - Multivariate
3 - Multiple characteristic
4 - Demerit control chart
5 - Quality score chart
6 - Multiple characteristic

۳۳-۳

متغیر کنترل

متغیری در فرایند است که به عنوان یک تابع از نشانه راه انداز[1] برای تغییر مقدار خروجی فرایند، تغییر می‌کند.

یادآوری – نشانه راه انداز می‌تواند توسط تغییرات قابل اندازه‌گیری در فرایند، به وجود آید.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.27, modified]

۳۴-۳

خودهمبستگی[2]

همبستگی داخلی بین اعضای یک سری از مشاهدات مرتب برحسب زمان است.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.28]

۳۵-۳

علت خاص[3]

(انحراف فرایند) منبع انحراف فرایند به غیر از انحراف فرایند ذاتی است.

یادآوری ۱- برخی اوقات "علت خاص" مترادف با "علت قابل تشخیص" درنظر گرفته می‌شود. با این‌حال یک تمایز تشخیص داده می‌شود. یک علت خاص فقط هنگامی قابل تشخیص است که به طور ویژه شناسایی شود.

یادآوری ۲- یک علت خاص به سبب شرایطی به وجود می‌آید که همیشه موجود نبوده است. همین‌طور، در یک فرایند مشروط به علل‌خاص، میزان انحراف از زمانی به زمان دیگر غیر قابل پیش‌بینی است.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.2.4]

۳۶-۳

علت تصادفی[4]

علت عام[5]

علت شانسی[6]

(انحراف فرایند) منبع انحراف فرایند که به طور ذاتی در یک فرایند در طول زمان وجود دارد.

یادآوری ۱- در یک فرایندی که فقط مشروط به انحراف به سبب علل تصادفی باشد، انحراف از نظر آماری، در محدوده ایجاد شده قابل پیش‌بینی است.

---

1 - Actuating signal
2 - Autocorrelation
3- Special cause
4- Special cause
5 - Common cause
6 - Chance cause

یادآوری ۲- کاهش این علت‌ها موجب بهبود فرایند می‌شود. با این‌حال، محدوده شناسایی، کاهش و حذف آنها مشروط به تحلیل هزینه/ منفعت برحسب قابلیت ردیابی فنی و اقتصادی است.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.2.5]

۴ نمادها

n	اندازه زیرگروه
p	نسبت کسر واحدها
R	دامنه زیرگروه
$\bar{R}$	میانگین دامنه‌های زیرگروه
s	انحراف استاندارد زیرگروه
$\bar{s}$	میانگین انحراف استانداردهای زیرگروه
x	مقدار انفرادی
$\bar{x}$	میانگین مقادیر انفرادی زیرگروه

یادآوری- در استانداردهای ملی، اختصارات می‌تواند شامل چندین حرف باشد، در حالی‌که نمادها شامل فقط یک حرف تنها هستند. دلیل آن این است که از سوء تعبیر حروف مرکب به عنوان علامت ضرب در فرمول، اجتناب کنیم.

۵ مفاهیم

۵-۱ نمودار کنترل

نمودار کنترل، یک نمایش ترسیمی داده‌های معینی از فرایند است که اجازه ارزیابی چشمی تغییرپذیری و پایداری را می‌دهد. در فواصل معین، زیرگروه‌هایی از اقلام با یک اندازه مشخص به دست آمده و مقدار یک مشخصه یا ویژگی اقلام تعیین می‌شود. داده‌های به‌دست آمده، عموماً با استفاده از آماره‌های مناسب خلاصه می‌شوند و این آماره‌ها بر روی نمودار کنترل رسم می‌شوند. یک نمودار کنترل عمومی شامل یک خط مرکزی است که انعکاس‌دهنده پیرامون سطحی است که انتظار می‌رود آماره رسم شده تغییر کند. به علاوه، این نمودار کنترل دو خط دارد که حدود کنترل نامیده شده و در هرطرف از خط مرکزی قرار می‌گیرند و محدوده‌ای را نشان می‌دهند که اگر فرایند تحت کنترل آماری باشد، انتظار می‌رود آماره به طور تصادفی، داخل آن محدوده قرار گیرد.

از دو حد کنترل به عنوان معیارهایی برای قضاوت در مورد وضعیت کنترل یک فرایند استفاده می‌شود. حدود، محدوده‌ای[1] را تعیین می‌کنند که این محدوده، گستره‌ای است که به طور جداگانه توسط تغییرپذیری ذاتی فرایند تعیین می‌شوند. اگر آماره منتخب، داخل محدوده رسم شود، نشان‌دهنده اینست که فرایند در وضعیت کنترل آماری قرار دارد و از این‌رو مجاز به ادامه عملیات با همان شکل فعلی می‌باشد. با این وجود، اگر یک مقدار از آماره خارج از حدود کنترل ترسیم شود، نشان می‌دهد که فرایند می‌تواند "خارج از کنترل"

1 - Band

باشد. آن‌گاه نمودار کنترل نشان‌دهنده علامتی دال بر اینست که یک علت خاص از تغییرپذیری می‌تواند نمایش داده شود و در نتیجه، نیاز به اقدام[1] در مورد فرایند وجود دارد.
اقداماتی که می‌تواند درمورد فرایند انجام شود شامل موارد زیر است:
الف- انجام تحقیقات برای تعیین منبع (منابع) یک علت (علل) خاص، با دیدگاه حذف، اصلاح یا کاهش اثر چنین علت (عللی) در آینده؛
ب- تنظیم فرایند؛
پ- ادامه فرایند بر مبنای ارزیابی خطر؛
ت- توقف فرایند یا مهارکردن آن تا زمانی که اصلاح، انجام شود و
ث- حفظ علت خاص، دائمی ساختن آن در مواقع ممکن، در مواردی که نشانه‌های علت خاص نشان‌دهنده یک ماهیت مثبت است (به طور مثال بهبود فرایند).
بعضی اوقات، مجموعه دومی از حدود کنترل که "حدود اخطار" نامیده می‌شود نیز در نمودار کنترل قرار می‌گیرند. مشاهده یک نقطه که خارج از حدود اخطار قرار گرفته، اما داخل حدود کنترل است نشان می‌دهد که اگرچه نیاز به هیچ "اقدامی" در مورد فرایند نیست ولی توجه بیشتری باید به آن صورت گیرد.
از آن‌جایی‌که، این گمان به وجود آمده که یک علت خاص ممکن است بر فرایند تأثیر گذاشته باشد. این کار ممکن است مزیت‌هایی را در مورد این‌که فاصله زمانی با نمونه بعدی را کوتاه کنیم و یا اندازه نمونه بعدی را افزایش دهیم اثبات کند به منظور تعیین سریع این‌که آیا فرایند دستخوش تغییر شده است یا نه. هنگامی که نمودار کنترل شامل حدود اخطار باشد، به این حدود، گاهی اوقات "حدود اقدام" نیز گفته می‌شود. به طور انتخابی، قواعد اضافه‌تری برای قضاوت در مورد وضعیت کنترل فرایند که به شکل‌های مختلف وجود دارند مانند مواقعی که نقاط داده در بین حدود، اما دارای الگوهای غیرمعمول هستند، استفاده می‌شود. این قواعد، اغلب قواعد تصمیم نامیده می‌شود که در استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۷۵۳۲ تعریف می‌شوند.
هنگامی که هدف، پذیرش فرایند باشد، حد (حدود) اضافه‌تری که حد (حدود) پذیرش نامیده می‌شود ممکن است به عنوان یک معیار تصمیم برای قضاوت در مورد قابلیت پذیرش فرایند مورد نیاز باشد. بند ۵-۳ را ببینید.

۵-۲ کنترل آماری یک فرایند

از حدود کنترل اغلب برای قضاوت در مورد پایداری فرایند استفاده می‌شود. یک فرایند در یک "وضعیت کنترل آماری" در نظر گرفته می‌شود (به طور اثربخش گفته می‌شود که فرایند "تحت کنترل آماری" است) اگر فقط تحت تأثیر علل تصادفی (یا معمولی یا شانسی) قرار گیرد یعنی اگر هیچ علل غیر عادی، غیر منتظره یا خاص (یا قابل تشخیص) به سیستم وارد نشده باشد. چنین علل خاصی می‌تواند بر سطحی که فرایند در آن عمل می‌کند یا درجه تغییرپذیری در اطراف سطح فرایند، یا هردو به طور همزمان اثرگذارد.
انحرافات به سبب علل شانسی یا تصادفی، به شیوه تصادفی رخ می‌دهد و اغلب از قوانین آماری معینی پیروی می‌کند. با این وجود، هرگاه یک فرایند "تحت کنترل آماری" باشد ممکن است رفتار قابل اطمینانی

1 - Action

را در آن فرایند پیش‌بینی کنیم. در حالی‌که هنگامی که علل خاص (یا قابل تشخیص) وارد سیستم شوند، فرایند مشروط به نتیجه این علل می‌شود و خروجی نمی‌تواند بدون اطلاعات در مورد حضور و اثر آن‌ها، پیش‌بینی شود. یک فرایند در وضعیت کنترل آماری نیست اگر گفته شود که "خارج از کنترل" است و نیاز به مداخله وجود دارد تا آن فرایند را در وضعیت کنترل آماری درآورد. برای برخی پدیده‌های اقتصادی یا طبیعی ممکن است هیچ روش شناخته شده‌ای برای مداخله وجود نداشته باشد و نمودار کنترل به سادگی برای شناسایی فقدان کنترل به کار می‌رود.

۵-۳ پذیرش یک فرایند

نمودارهای کنترل علاوه بر پایش فرایند، می‌توانند برای قضاوت در مورد قابلیت پذیرش یک فرایند نیز استفاده شوند. هرگاه فرایند تحت کنترل آماری باشد، این امکان وجود دارد که به همراه ریسک‌های کنترل شده از خطاهای تصمیم، تعیین کنیم که آیا خروجی فرایند الزامات محصول یا خدمت را برآورده می‌کند یا نه. این کار هنگامی‌که تغییرپذیری فرایند در مقایسه با حدود رواداری تعریف شده توسط مشخصه‌ها، کوچک باشد، اثربخشی بیشتری دارد. در چنین مواقعی سطح فرایند می‌تواند به طور موقت به یک وضعیت خارج از کنترل تغییر یابد، اما الزامات محصول و خدمت هنوز برآورده می‌شوند. در این‌حال، علیرغم ماهیت پویای سطح فرایند، نمودار کنترل برای حفظ وضعیت قابلیت پذیرش فرایند استفاده می‌شود. چنانچه در استاندارد ایزو ۳-۷۸۷۰ توصیف شده، در چنین مواردی، نمودارهای کنترل خاص مورد نیاز است.

۵-۴ مدیریت یک فرایند همراه با یک جابجایی[1] طبیعی

هنگامی که برخی اختلالات غیرقابل حذف[2]، باعث می‌شود سطح فرایند دستخوش تغییر شود، برای مثال غلظت یک ماده شیمیایی خاص در یک دسته، یک متغیر جبرانی می‌تواند وجود داشته باشد که بتواند برای تنظیم سطح فرایند، دستکاری شود. در این وضعیت، نمودارهای به طور خاص طراحی شده می‌تواند استفاده شود برای این‌که نشان دهد چه هنگام و چقدر فرایند می‌تواند به منظور جبران اثرات اختلال، تنظیم شود. این نوع کنترل اغلب منجر به کاهش معناداری در تغییرپذیری فرایند می‌شود. به ویژه این‌که ضمانت می‌کند که فرایند بیشتر از آنچه ضرورت دارد، تنظیم نمی‌شود و در عوض تغییرپذیری ذاتی فرایند را، افزایش می‌دهد.

۵-۵ خطرات ناشی از خطاهای تصمیم‌گیری

در هنگام قضاوت درباره وضعیت کنترل یک فرایند با استفاده از مجموعه قواعد تصمیم‌گیری با یکدیگر همراه با یک نمونه محدود از نقاط داده، دو نوع خطای تصمیم می‌تواند ایجاد شود.

نوع اول خطا (خطای نوع ۱) هنگامی ایجاد می‌شود که نقاط رسم شده منجر به این تصمیم شود که فرایند تحت کنترل آماری نیست و اقدام برای فرایند مورد نیاز است، اما وضعیت صحیح اینست که فرایند در یک

1 - Drift
2 - Irremovable

سیستم از علل تصادفی عمل می‌کند. از آن‌جایی‌که فرایند به اشتباه "خارج از کنترل" اظهار شده است، خطر ایجاد این نوع خطا، خطای نوع اول[1] (خطر آلفا (α)) نامیده می‌شود.
نوع دوم خطا (خطای نوع ۲)[2] هنگامی ایجاد می‌شود که علت خاص تأثیرگذار بر فرایند اتفاق افتاده، اما داده‌های حاصل از فرایند هنوز منجر به این تصمیم نشده که فرایند "خارج از کنترل" است. خطر ایجاد این نوع خطا، "خطای بتا (β)" نامیده می‌شود.
برای کنترل خطر ناشی از این نوع خطاها، حدود کنترل، مجموعه قواعد تصمیم و اندازه زیرگروه می‌تواند به طور مناسب انتخاب شود.

۵-۶ طراحی جمع‌آوری داده‌ها

۵-۶-۱ کلیات

مهم‌ترین عنصر جمع‌آوری داده، انتخاب مشخصه‌ی مورد مطالعه و شناسایی مکان یا مراحل کنترل است. روشی که داده‌ها جمع‌آوری می‌شوند اهمیت اساسی در عملکرد کارآمد نمودار کنترل، به منظور تفکیک اثربخش علل تصادفی در مقابل علل خاص دارد. بر مبنای درک ماهیت فرایند و داده‌هایی که جمع‌آوری می‌شوند، ملاحظات دقیقی باید در رابطه با این که چطور نمونه‌ها یا زیرگروه‌ها تعریف شوند، اندازه زیرگروه مناسب و تکرار نمونه گیری، مدنظر قرار گیرد.

۵-۶-۲ انتخاب مشخصه

در آغاز باید با توجه به مشخصه‌هایی که یک برنامه کنترلی درنظر دارد، تصمیم‌گیری شود. در انتخاب مشخصه، جنبه‌های زیر الزامی است. یکی این‌که مشخصه، قویاً، وضعیت فرایند را منعکس می‌کند. دیگر این‌که مشخصه مرتبط با تضمین مشخصه کیفی محصول است. یک مثال از انتخاب مشخصه نشان داده می‌شود. جدول ۱، موضوع برای انتخاب مشخصه را نشان می‌دهد، که برمبنای نتایج FMEA و تحلیل فرایند است. مشخصه‌ای که از نظر رتبه‌بندی در درجه بالاتری باشد و در فرایند، زودتر قادر به کنترل آن باشیم، بهتر است به عنوان مشخصه نمودارهای کنترل در نظر گرفته شود.
با توجه به جدول ۱ می‌توان دید که فشار غلتک و گشتاور فشار اعمال شده به لولا، می‌توانند برای مشخصه‌های نمودار کنترل دواطلب شوند.

جدول ۱- موضوع اصلی برای انتخاب مشخصه‌ها

رتبه‌بندی شدت (از جدول FMEA)	مثال‌هایی از مشخصه محصول	مشخصه‌های اجزای محصول	مثال‌هایی از پارامتر فرایند
۹-۱۰، ایمنی بحرانی	ضخامت عایق	قطر شفت	فشار غلتک
۵ تا ۸، مشخصه مهم	مقاومت دربرابر جابجایی	قطر گام پیچ	گشتاور فشار اعمال شده به لولا
۲ تا ۴، سایرین	خراش‌ها	بافت سطح	بررسی

۱ - خطای مربوط به رد یک تصمیم صحیح
۲ - خطای مربوط به پذیرش یک تصمیم غلط

۵-۶-۳ ارزیابی فرایند اندازه‌گیری

قبل از اجرای هرگونه فعالیت کنترل فرایند، تضمین اعتبار فرایند اندازه‌گیری اهمیت تعیین‌کننده‌ای دارد. تغییرپذیری به وجود آمده توسط اندازه گیری (به استاندارد ایزو ۷-۲۲۵۱۴ سال ... رجوع شود) باید برآورد شود، به منظور کنترل این که آیا آن می‌تواند به حدکافی انحراف مشخصه‌ها را پیدا کند. در این زمینه، با توجه به مشخصه‌ها یا با توجه به تغییرپذیری فرایند، لازم است انتخاب اندازه‌گیری (شامل روش، وسیله و ...) قابلیت لازم را داشته باشد.

۵-۶-۴ انتخاب زیرگروه

زیرگروه‌ها، نمونه‌هایی از اقلام جمع‌آوری شده هستند که از فرایند به یک روش معین به دست آمده‌اند. داده‌های مربوط به مشخصه‌های این اقلام با توجه به این که کدام یک از آماره‌ها اعم از تعداد عدم انطباق‌ها، میانگین یا دامنه، بتواند پردازش شود و بر روی نمودار کنترل ترسیم شود، ، تعیین می‌شوند.

نمونه‌ها یا زیرگروه‌های منطقی باید به روشی انتخاب شوند که هر زیرگروه را به همان اندازه‌ای که فرایند اجازه می‌دهد، همگن سازند. در یک زیرگروه منطقی فرض می‌شود که انحراف فقط به سبب علل تصادفی است. این علل، منابع انحراف ذاتی یک فرایند در طول زمان هستند. زیرگروه‌های منطقی برای این انتخاب می‌شوند که قادر به تشخیص هرگونه علل خاص انحراف بین زیرگروه‌ها باشند. تغییرپذیری کوتاه مدت با استفاده از تغییرپذیری در یک مجموعه از زیرگروه‌های همگن قابل‌قبول، اندازه‌گیری می‌شوند و موقعیت حدود کنترل را بر روی نمودار کنترل تعیین می‌کنند، در حالی‌که تغییرپذیری بلندمدت، معمولاً برحسب تغییرات بین زیرگروه‌ها، ارزیابی می‌شود. ترتیب زمانی اغلب یک مبنای خوب برای فرموله‌کردن زیرگروه‌هاست زیرا اجازه تشخیص علل خاصی را می‌دهد که می‌تواند در طول زمان اتفاق افتد. با این وجود، مبناهای دیگر از قبیل نیاز به مطالعه تغییرپذیری اپراتور به اپراتور، تغییرپذیری دستگاه به دستگاه، یا تغییرپذیری تأمین‌کننده به تأمین‌کننده می‌تواند پیشنهاد کند که زیرگروه‌ها به جای طول زمان[1] از طریق اپراتور، دستگاه یا تأمین‌کننده تعریف شوند.

برای این‌که زیرگروه منطقی دارای مقدار معنی‌دار باشد باید تمامی منابع معمول از انحراف به سبب علت تصادفی را داشته باشد. برای مثال یک سری از خوانده‌های تکراری بر روی یک قطعه از مجموعه مواد در یک ابزار آزمون، نمی‌تواند سهم قرارگیری ماده در ابزار یا به دست‌آوردن نمونه را دربرگیرد. اگر این جنبه‌ها به طور ذاتی در یک محیط معمولی آزمون باشد، خوانده‌های تکراری یک برآورد پایین و غیر واقعی از تغییرپذیری اندازه‌گیری ذاتی را ارائه می‌دهند. بدین ترتیب تقریباً هرگونه اندازه‌گیری واقعی از فرایند به نظر می‌رسد "خارج از کنترل" باشد.

۵-۶-۵ اندازه زیرگروه

اندازه زیرگروه باید به گونه‌ای انتخاب شود که توانایی تشخیص تغییرات کوچک در فرایند و خطر مشخص نشدن علت‌های خاص را متوازن کند. یک زیرگروه با اندازه بزرگتر، اگرچه هزینه‌برتر است اما به دلیل این‌که

1 - Over time

اجازه پایش کارآمدتری را می‌دهد، ارزیابی دقیق‌تری از فرایند ارائه خواهد داد. با این حال، اگر نمونه بیش از حد بزرگ باشد، علل خاص فرصت بیشتری دارند تا در دوره جمع‌آوری نمونه رخ دهند که باعث افزایش انحراف داخل نمونه می‌شود. از اینرو، حدود کنترل ممکن است بی‌جهت گسترده شده و بسیاری از علت‌های خاص می‌توانند بدون تشخیص رخ دهند.

هنگامی که با داده های وصفی سروکار داریم، به اندازه زیرگروهی نیاز داریم که بتوانیم تغییرات را به تناسب فرایند مشخص کنیم که از آن‌جایی که داده‌های وصفی نسبت به داده‌های متغیر شامل اطلاعات کمتری هستند، به طور عادی این اندازه، خیلی بزرگتر از اندازه زیرگروه برای داده‌های متغیر خواهد بود.

در برخی موقعیت ها، تشکیل زیرگروه غیر عملی یا بی مفهوم است، اما ترجیح دارد که اطلاعات را به صورت واحدهای انفرادی جمع‌آوری کنیم، به طوری که اساساً اندازه زیرگروه برابر با یک باشد. این زمانی مورد دارد که تست از نوع مخرب است، یا نمونه‌برداری هزینه‌بر است یا هنگامی که اندازه‌گیری‌های تکرارشده در فرایند (فرایندهای پیوسته یا دسته‌ای) فقط به علت خطای ابزار یا تجزیه و تحلیل، متفاوت باشد.

۵-۶-۶ تکرار نمونه‌گیری

تکرار نمونه‌گیری بستگی به مقدار تغییر در فرایند دارد که برای تشخیص به موقع، بسیارمهم در نظر گرفته می‌شود. همچنین بستگی به هزینه فرایندی دارد که در یک وضعیت خارج از کنترل آماری عمل می‌کند. هرچه جابجایی که باید آشکار شود، کوچکتر باشد تعداد نمونه‌ها با اندازه معین که قبل از نمایان‌شدن نشانه‌ای بر روی نمودار باید جمع آوری شود، بزرگتر است. کوتاه‌کردن دوره بین نمونه‌گیری، دوره قبل از اینکه هرگونه خطای فرایندی مشخص شود، و دوره‌ای که ممکن است فرایند در وضعیت خارج از کنترل عمل کرده و منجر به تولید محصول معیوبی شود، را کاهش خواهد داد. با این حال در تعیین دوره، ملاحظات هزینه نمونه‌گیری و آزمایش، می‌تواند در نظر گرفته شود. باید مراقبت کنیم تا مطمئن شویم که دوره همزمان با پارامترهایی که می‌تواند بر فرایند اثر گذارد، نیست (به طور مثال، نمونه‌گیری در آغاز دوره کاری هنگامی که درجه حرارت پایین است، یا هر ۵۰ محصول در آغاز یک دسته از مواد خام، یا در موقع تغییر شیفت‌کاری).

۵-۷ نمودارهای کنترل برای داده‌های متغیر و داده‌های وصفی

نمودار کنترل را می‌توان برای داده‌های "متغیر" یا برای داده‌های"وصفی" به کار برد. داده‌های متغیر، مشاهدات به دست آمده توسط اندازه‌گیری و ثبت مقدار مشخصه تحت مطالعه در یک مقیاس پیوسته از اندازه‌گیری را، نشان می‌دهند. داده‌های وصفی، مشاهدات (طبقه‌بندی یا قابل‌شمارش) به دست آمده با توجه به وجود (یا عدم وجود) یا تکرار وقوع برخی مشخصه‌ها در هر قلم را نمایش می‌دهند. یک شمارش از تعداد واحدهایی که دارای مشخصه موردنظر هستند یا تکرار وقوع این ویژگی در هر قلم تشکیل می‌شود. آن‌گاه نتایج برحسب تعداد تکرارها یا نسبت‌ها بیان می‌شود.

اساساً، به دلیل تفاوت توزیع اصلی مشخصه مورد مطالعه، نمودارهای کنترل مورد استفاده برای داده‌های متغیر (همچنین نمودارهای کنترل متغیرها نیز نامیده می‌شوند) متفاوت از نمودارهای کنترل مورد استفاده برای داده‌های وصفی (نمودارهای کنترل وصفی‌ها نیز نامیده می‌شوند) هستند.

برای بسیاری از نمودارهای کنترل متغیرها، عموماً توزیع نرمال همراه با مشاهداتی که از نظر آماری مستقل هستند، فرض می‌شود. در نتیجه این فرض، دو نمودار کنترل برای هدف دوگانه کنترل، هر دوی سطح میانگین (مرکز) و تغییرپذیری فرایند استفاده می‌شود. اولین نمودار شامل یک اندازه موقعیت (مرکز) از قبیل متوسط نمونه، میانه یا یک مشخصه اندازه‌گیری شده تنها است، اگر نمونه فقط شامل یک قلم باشد. دومین نمودار از معیار پراکندگی (تغییرپذیری) مشاهدات داخل نمونه از قبیل انحراف استاندارد نمونه یا دامنه نمونه یا تفاوت مطلق بین دو مشاهده متوالی اگر نمونه فقط شامل یک قلم در یک نقطه از زمان باشد، استفاده می‌کند. برای این‌که نمودار کنترل متغیرها، رویکرد اثربخشی داشته باشد، هر دو نوع نمودار الزامی است.

فاصله بین حدود کنترل بر روی نموداربرای موقعیت میانگین، تابعی از انحرافی است که برروی نمودار برای پراکندگی، پایش می‌شود. بنابراین در ایجاد نمودار کنترل برای سطح فرایند (میانگین)، مهم است تصدیق کنیم که آیا فرایند با توجه به پراکندگی آن در وضعیت کنترل آماری قرار دارد یا خیر.

برای بیشتر نمودارهای کنترل وصفی، عموماً توزیع دوجمله‌ای یا توزیع پواسون فرض می‌شود. هریک از این توزیع‌ها یک پارامتر تنهایی دارد که باید برای پایداری فرایند، پایش شود. بنابراین، فقط یک نمودار تنها برای پایش فرایند همراه با داده‌های وصفی ضرورت دارد. از آنجایی‌که، انحراف استاندارد از نسبت یا تعداد دفعات مشاهده را می‌توان برآورد کرد، وقتی که اندازه زیرگروه معلوم باشد و نسبت یا تعداد مشاهده در نمونه تعیین شود، حدود کنترل بر روی نمودار وصفی‌ها می‌تواند تعیین شود.

۶ انواع نمودارهای کنترل

سیستم نمودارهای کنترل مشخص‌شده در این استاندارد، متشکل از موارد متناظر با مشخصه‌های زیر هستند: "پایداری فرایند" و "پذیرش فرایند"

هنگامی که هدف، دستیابی یا حفظ پایداری فرایند باشد، نمودار کنترل شوهارت (به استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۷۵۳۲، رجوع شود) و نمودارهای کنترل مربوطه می‌تواند استفاده شود.

هنگامی که هدف، دستیابی به پذیرش فرایند باشداز نمودارهای کنترل پذیرش استفاده می‌شود (به استاندارد ایزو ۳-۷۸۷۰ رجوع شود). با این حال استاندارد ایزو ۳-۷۸۷۰، مشخص می‌کند که مطالعه نمودار کنترل شوهارت اولیه باید به گونه‌ای جهت داده شود که اعتبار استفاده از یک نمودار کنترل پذیرش را تصدیق‌کند. همچنین حفظ کنترل تغییرپذیری فرایند، الزامی است. در بین انواع عمومی نمودارهای کنترل، برخی نمودارهای خاص نیز در بندهای ۷ و ۸ توصیف می‌شوند.

به علاوه، روش‌های آماری در بند ۹ وجود دارند که هنگامی به کار می‌روند که نتوان فرایند را تحت وضعیت کنترل آماری درآورد. این روش‌ها، تنظمیات فرایند را با هدف اینکه تا حد ممکن فرایند را نزدیک به هدف نگه دارد، پیش‌بینی می‌کند.

۷ نمودارها برای پایداری فرایند

۷-۱ کلیات

دو شکل کلی از نمودار کنترل شوهارت وجود دارد:

اولین شکل، نمودار کنترل بدون داشتن حدود کنترل از پیش تعیین شده است. این نمودار از حدود کنترل برمبنای داده‌های نمونه یا زیرگروه که بر روی نمودار رسم شده، استفاده می‌کند. این شکل از نمودار کنترل برای این استفاده می‌شود که تعیین کنیم آیا مقادیر مشاهده شده از یک سری از نمونه‌ها، توسط یک مقدار بزرگ‌تر از آنچه که توسط شانس به تنهایی انتظار می‌رود، تغییر می‌کند. با این وجود، این نوع نمودار برای تشخیص هرگونه فقدان کنترل، به ویژه در مراحل تحقیق و توسعه، یا در بررسی‌های آزمایشی اولیه یا مطالعات اولیه خدمات و تولید، استفاده می‌شود. این نمودار کنترل برای ارزیابی انحراف از یک فرایند، محصول یا خدمت جدید شامل انحراف از روش اندازه‌گیری‌شده، مفید است. در این مرحله، از آن‌جایی‌که حدود کنترل تابعی از داده‌های رسم‌شده هستند، در تفسیر علائم موجود برروی نمودار باید مراقبت صورت پذیرد.

دومین شکل نمودار، نمودار کنترل با حدود کنترل از پیش‌تعیین شده، برمبنای مقادیر استاندارد مورد قبولی است که برای معیارهای آماری رسم شده بر روی نمودار، کاربرد دارد. مقادیر استاندارد می‌تواند برمبنای موارد ذیل باشد:

الف- داده‌های نماینده قبلی (از قبیل آن‌هایی‌که از طریق تجربه با استفاده از نمودارهای کنترل با حدود کنترل از پیش تعیین‌نشده به دست آمده‌اند)؛

ب- یک مقدار اقتصادی حاصل از در نظرگرفتن نیازهای خدمت و هزینه تولید و یا؛

پ- یک مقدار هدف موردنظر تعریف‌شده در یک مشخصه.

این شکل از نمودارکنترل ، از طریق ارزیابی این که آیا تفاوت بین یک مقدار نمونه و مقادیراستاندارد پذیرفته شده بزرگتر از آنچه که توسط مشاهده شانسی انتظار می‌رود است یا خیر، برای پایش فرایندهای درحال انجام استفاده می‌شود.

ترجیحاً، مقادیر استاندارد باید چنانچه در بند الف در بالا توصیف شده، تعیین شود زیرا عبور از مرحله اول با استفاده از نمودار کنترل با حدود از پیش تعیین نشده به مرحله دوم که از نمودارهای کنترل با حدود از پیش تعیین شده استفاده می‌شود، پیوستگی کنترل فرایند را الزام می‌کند.

توجه کنید که شکل دوم نمودار کنترل، نه تنها پایداری سیستم علت را بررسی می‌کند، بلکه ارزیابی می‌کند که آیا سیستم علت به طور مناسب، برحسب مقادیر اقتصادی یا هدف مورد پذیرش، تعیین شده است.

۷-۲ فهرست تفصیلی از نمودار کنترل شوهارت و نمودارهای کنترل مربوطه

۷-۲-۱ کلیات

این فهرست به سه طبقه تقسیم می‌شود. دو طبقه اول برمبنای مشاهدات مستقل است که از داده‌های به دست‌آمده از هر زیرگروه یا جمع‌آوری شده از بیشتر از یک زیرگروه، استفاده می‌کند. سومین طبقه شامل داده‌هایی است که فرض استقلال برای آن‌ها در نظر گرفته نمی‌شود.

۷-۲-۲ نمودارهایی که برای هر مقدار رسم شده، فقط از داده های یک زیرگروه منطقی، استفاده می‌کنند

۷-۲-۲-۱ داده‌های متغیر

نمودارهایی که می‌توانند برای داده‌های متغیر از فقط یک زیرگروه منطقی برای هر مقدار رسم‌شده ، استفاده شوند، شامل موارد زیر هستند:

الف- نمودارهای کنترلی $\overline{X}$ و R (میانگین برای معیار گرایش مرکزی و دامنه برای معیار پراکندگی) یا نمودارهای کنترلی $\overline{X}$ و s (انحراف استاندارد به جای دامنه)، نمودارهای کنترل میانه می‌تواند جایگزین نمودارهای کنترل میانگین شود.

ب- نمودارهای کنترل X و دامنه متحرک (بند ۷-۲-۳ را ببینید)؛

پ- نمودارهای چندمتغیره[1]؛

ت- نمودار کنترل روند؛

ث- نمودارهای کنترل بالا- پایین؛

ج- نمودار کنترل گروه؛

چ- نمودار کنترل ضریب تغییرات؛

ح- نمودارهای کنترلی Z و R.

نمودارهای کنترلی چند متغیره برای این استفاده می‌شوند که تغییر در میانگین یا در ارتباط (کوواریانس) بین چند مشخصه مرتبط را مشخص کنند. به طور معمول فقط یک خلاصه آمار به‌دست‌آمده از ترکیب مشخصه‌هایی که کنترل می‌شوند، بر روی نمودار رسم شده است.

۷-۲-۲-۲ داده های وصفی

نمودارهایی که می‌توانند برای داده‌های وصفی حاصل از فقط یک زیرگروه منطقی برای هر مقدار رسم شده، استفاده شود شامل موارد زیر است.

الف- نمودار کنترل p (نمودار کنترلی که واحدهای آن برحسب نسبت یا درصد طبقه‌بندی شده است)؛

ب- نمودار np (نمودار کنترلی که واحدهای آن برحسب تعداد طبقه‌بندی شده است)؛

پ- نمودار c (نمودار کنترل تعداد دفعات مشاهده)؛

---

1 - multivariate

ت- نمودار u (نمودار کنترل تعداد دفعات مشاهده در هر واحد)؛
ث- نمودار p استاندارد؛
ج- نمودارهای کنترل بی‌کفایتی ؛
چ- نمودار کنترل برای بازرسی از طریق اندازه‌گیری توسط سنجه ؛
ح- نمودارهای کنترل X و دامنه متحرک برای تعداد مشاهدات یا نسبت‌ها.

۷-۲-۳ نمودارها با استفاده از داده‌های حاصل از بیشتر از یک زیرگروه برای هر مقدار رسم شده

۷-۲-۳-۱ نمودار کنترل میانگین متحرک و نمودار کنترل دامنه متحرک همراه با نمودار کنترل X (استاندارد ایزو ۵-۷۸۷۰ را ببینید)

در برخی مواقع، مشاهدات انفرادی بر روی یک نمودار کنترل X رسم می‌شوند. دامنه‌های متحرک (تفاوت بین دو مشاهده متوالی) آن‌گاه بر روی یک نمودار دامنه متحرک رسم می‌شوند تا انحراف نشان داده شده توسط فرایند را برآوردکرده و کنترل کنند. برخی اوقات، میانگین‌های متحرک هر n مشاهده متوالی می‌تواند جایگزین نمودارهای کنترل X شود.

۷-۲-۳-۲ نمودار کنترل مجموع تجمعی (CUSUM) (ایزو ۴-۷۸۷۰ را ببینید)

مجموع تجمعی انحرافات مشاهدات انفرادی یا آماره‌های خلاصه زیرگروه، از قبیل $\overline{X}$، R، s و p از یک مقدار مرجع رسم می‌شوند. وضعیت کنترل فرایند از طریق استفاده از یک ابزار معلوم با عنوان یک ماسک V ، تعیین می‌شوند. این نمودار به علت تقویت اثر انتقال، معمولاً از نمودار کنترل شوهارت معمولی، نسبت به تغییرات کوچک در سطح، حساس‌تر است. به طور مشابه، برای مواردی که هدف اساساً این است که شرایط غیر استاندارد را مشخص کنیم، علاوه بر وجود یک خلاصه نموداری از داده‌های متوالی، یک شیوه مجموع تجمعی جدولی وجود دارد که یک نمودار را الزام نمی‌کند، اما مشابه با استفاده مورد نظر آن است. آنگاه یک قاعده تصمیم عددی، جایگزین ماسک V می‌شود. یک ویژگی مفید شیوه CUSUM، اعم از نموداری یا جدولی، توانایی آن برای ارائه یک برآورد از نقطه‌ای است که در آن تغییر در یک پارامتر فرایند، ممکن است رخ دهد.

۷-۲-۳-۳ نمودار متوسط متحرک موزون نمایی[1]

برای محاسبه میانگین مربوط به مشاهدات انفرادی یا میانگین‌های زیرگروه یا دامنه‌های زیرگروه یا انحرافات استاندارد زیرگروه از مشاهدات فعلی و همه مشاهدات قبلی محاسبه می‌شوند، اما به آن‌هایی که در مرتبه‌های اولیه گرفته می‌شوند، به تدریج وزن کمتری تعلق می‌گیرد. به دلیل اثر تقویتی انتقال، این نمودار به تغییرات کوچک حساس‌تر است اما در مقایسه با نمودار کنترل شوهارت، حساسیت کمتری به تغییرات بزرگ دارد.

1 - Exponentially

۷-۲-۴ نمودارهایی برای مشاهدات غیر مستقل (خودهمبسته[1])

فرضی که معمولاً در توجیه استفاده از نمودارهای کنترل برای داده‌های متغیر ذکر می‌شود اینست که داده‌ها در حالتی که فرایند تحت کنترل آماری باشد، تولید می‌شوند و به صورت نرمال و مستقل همراه با یک میانگین و یک انحراف استاندارد معین توزیع می‌شوند. یکی وضعیت خارج از کنترل، یک تغییر یا جابجایی در میانگین یا انحراف استاندارد (یا هردو) با مقادیر متفاوت است.

یکی از فرض‌های مهمی که در ارتباط با نمودارهای کنترل در نظر گرفته می‌شود، فرض استقلال مشاهدات است. اگر داده‌های نشان‌دهنده مشخصه کیفیت، حتی یک سطح پایین از وابستگی را در طول زمان نشان دهند، نمودارهای کنترل متعارف به خوبی کار نمی‌کند، پدیده‌ای که با عنوان خودهمبستگی شناخته شده است. به خصوص این‌که، این نمودارهای کنترل نتایج اشتباهی خواهند داد، اگر داده‌ها همبسته باشند. متأسفانه فرض غیر همبستگی یا استقلال مشاهدات حتی به طور تقریبی هم در برخی فرایندهای ساخت برآورده نمی‌شود. یک مثال شامل فرایندهای شیمیایی است که اندازه‌گیری‌های متوالی بر روی مشخصه محصول یا فرایند اغلب به میزان بالایی همبسته هستند. موقعیت دیگر که وجود خودهمبستگی را آشکار کرده، جایی است که رویه‌های اندازه‌گیری و آزمون خودکار برای هر واحد تولید بر اساس زمان سفارش اعمال شده است.

یک رویکردی که با این نوع فرایند خودهمبسته سر و کار دارد، سادگی نمونه‌گیری از داده‌های فرایند است که با تکرار کمتری جریان می‌یابد، به طوری‌که ساختار همبستگی در داده‌های نمونه‌گیری شده ضعیف می‌شود. رویکرد دیگر اینست که اندازه زیرگروه، یک است. اگرچه این رویکرد راه‌حل ساده‌ای به نظر می‌رسد، ولی عیب آن استفاده غیر مؤثر از داده‌های در دسترس است و نسبت به زمانی که از همه داده‌ها استفاده شود، زمان طولانی‌تری برای تشخیص تغییر واقعی فرایند می‌طلبد.

یک رویکرد ترجیحی به این وضعیت آن است که بپذیریم که این خودهمبستگی توسط جابجایی یا انحراف در طول زمان به عنوان بخش ذاتی از فرایند، ایجاد می‌شود. داده‌های تنظیم شده برای این نوع تغییرات که توسط خودهمبستگی ایجاد شده‌اند، پایش می‌شوند. به ویژه، ساختار همبستگی در داده‌ها با استفاده از مدل سری‌های زمانی مناسب، مدل‌سازی می‌شوند. این مدل داده‌ها را به گونه‌ای اصلاح می‌کند تا خودهمبستگی را حذف کنند و داده‌های اصلاح شده که که داده‌های باقی‌مانده نامیده می‌شوند و اکنون ناهمبسته است، می‌توانند به طور مناسبی بر روی یک نمودار کنترل رسم شوند.

۷-۲-۵ قابلیت فرایند

وقتی فرایند در وضعیت کنترل آماری قرار دارد که برمبنای هیچ حدود کنترل از پیش‌تعیین شده‌ای نباشد، عملکرد آن قابل پیش‌بینی باشد و قابلیت آن برای برآورده‌کردن مشخصات بتواند ارزیابی شود (به استاندارد ایزو ۱-۲۲۵۱۴ و استانداردملی ایران به شماره ۲-۷۵۳۲ رجوع شود).

1 - autocorrelated

۸ نمودارهایی برای پذیرش فرایند

۸-۱ کلیات

این نمودارهای کنترل برای قضاوت در مورد قابلیت پذیرش یک فرایند ازطریق کنترل کسر (نسبت) خروجی افزون بر حدود مشخصات به کار می‌روند. دو خط X بار (بالایی و پایینی) می‌تواند بدین منظور استفاده شود، اما از آنجایی‌که کارایی آن‌ها متکی به داشتن تغییرپذیری معقول در فرایند است، باید توجه داشت که استفاده همزمان از نمودارهای R (یا s) برای کنترل تغییرپذیری داخل زیرگروه، الزامی است.

تأکید این نمودارها در مقایسه با نمودارهای کنترل نوع شوهارت، این است که ممکن است فرایند در مورد برخی سطوح فرایند تنها، نباید در وضعیت کنترل آماری باقی بماند، اما تا زمانیکه تغییرپذیری درون زیرگروه در وضعیت کنترل آماری قرار دارد، نمودار می‌تواند در هر سطح یا سطوح در برخی نواحی از سطوح فرایند که توسط محاسبه عددی (قیاسی) ایجاد شده‌اند، اجرا شوند. فرض می‌شود که برخی علل معلوم، تغییرات را در سطح فرایند ایجاد خواهد کرد، که این تغییرات به اندازه‌ای در ارتباط با الزامات محصول یا خدمت کوچک هستند که تلاش برای کنترل سخت‌گیرانه آن‌ها، غیر اقتصادی خواهد بود، یعنی هنگامی که قابلیت فرایند به قدر کافی بالا باشد، کنترل خیلی دقیق فرایند می‌تواند بیش از حد برای مقدار دریافت شده، هزینه‌بر باشد. از طرف دیگر برخی تغییرات سطح فرایند به اندازه‌ای بزرگ هستند که سزاوار تشخیص اولیه باشند (بتوان آنها را در همان ابتدا تشخیص داد) و خطر عدم تشخیص آنها مهم به نظر می‌رسد.

ویژگی‌های کلیدی که نمودارهای پذیرش فرایند را از نمودار کنترل شوهارت و نمودارهای کنترل مرتبط، متمایز می سازد، یکپارچگی مشخصات در این نمودارها است که این یکپارچگی عنصری برای بررسی وضعیت کنترل آماری نیست.

۸-۲ نمودارهای کنترل پذیرش (ایزو ۳-۷۸۷۰ را ببینید)

نمودارهای کنترل پذیرش، هر دو خطر رد فرایند هنگامی که در یک سطح قابل‌قبول عمل می‌کند و خطر پذیرش (عدم تشخیص) فرایند، هنگامی که در سطح قابل‌رد عمل می‌کند را در نظر می‌گیرد. یک رویه عمومی برای این فرایندها به طریق زیر است.

یک ناحیه از فرایندهای قابل‌پذیرش تعریف می‌شود، این ناحیه توسط سطوح فرایند قابل پذیرش و مجموعه‌ای از سطوح فرایند قابل رد، مرزبندی می‌شود. اندازه زیرگروهی که لازم است برای برآورده‌کردن خطر آلفای مشخص رد فرایندهایی که باید پذیرفته شوند و خطر بقای پذیرش فرایندهایی که باید رد شوند، تعیین می‌شود. از این معیار، حدود کنترل خاص محاسبه می‌شوند و بر روی نمودار به منظور تصمیم‌گیری توسط یک متصدی فرایند، نشان داده می‌شوند.

۸-۳ نمودارهای کنترل اصلاح شده (نمودارهای کنترل با حدود اصلاح شده، ایزو ۳-۷۸۷۰ را ببینید)

نمودار کنترل اصلاح شده، فقط با اطمینان دادن، با یک سطح اطمینان معینی که در آن فرایند در یک سطح رضایت‌بخش عمل می‌کند و یک کسر نامنطبق افزون بر برخی مقادیر خاص، برای یک اندازه زیرگروه معین ایجاد نمی‌کند، در ارتباط است.

حدود اصلاح می‌شوند بدین منظور که اجازه دهند میانگین فرایند در یک دامنه منتخب تغییر کند و بیشتر از یک کسر معین از محصول نامنطبق را تولید نکند.

۹ تنظیم فرایند

برخی اوقات، این امکان وجود ندارد تا فرایند را در وضعیت کنترل آماری در آوریم یا آن را در یک وضعیت کنترل آماری حفظ کنیم، زیرا برخی انحرافات نمی‌تواند حذف شود یا به قدرکافی کاهش یابد. علل چنین انحرافاتی می‌تواند نامعلوم باشد یا حذف آن‌ها می‌تواند هزینه‌بر باشد. بر خلاف استفاده از نمودارهای کنترل برای شناسایی علل قابل تشخیص، تمرکز اکنون بر روی حفظ فرایند در اطراف سطح هدف است. این شامل استفاده از مدل‌های پیش‌بینی درجات متنوعی از پیچیدگی است به طوری‌که انتظار می‌رود فرایند همان‌گونه که در حال حاضر عمل می‌کند، ادامه یابد و اقدام فوری توسط تنظیم سطح یک متغیر کنترل به منظور پیشگیری از انحراف فرایند از سطح هدف انجام می‌شود. از آن‌جایی‌که عناصر مدل پیش‌بینی خیلی وابسته به فرایند مشخصی هستند، نمودارهای تنظیم فرایند برای کاربرد (کاربردهای) خاص مناسب هستند.

برخلاف نمودارهای کنترل قبلی، برآوردهای پیش‌بینی سطوح فرایند برمبنای این فرض استفاده می‌شوند که فرایند مسیر فعلی خود را ادامه خواهد داد و خواستار تغییر فرایند در آینده هستند به منظور این‌که از هرگونه انحراف پیش‌بینی شده از هدف فرایند، اجتناب کنند. هنگامی که مدل پیش‌بینی قوی باشد، این رویکرد می‌تواند در کاهش تغییرپذیری، بسیار اثربخش باشد. اگر مدل پیش‌بینی ضعیف باشد، به احتمال زیاد منجر به افزایش تغییرپذیری می‌شود. اثربخشی مدل پیش‌بینی را می‌توان با رسم تفاوت‌های بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی در نمودار کنترل شوهارت، و کنترل این که نمودار وضعیت کنترل آماری را نشان می‌دهد، ارزیابی کرد.

تنظیم فرایند برمبنای روش زیر انجام شود:

۱) پیش‌بینی مشاهده بعدی با استفاده از یک مدل پیش‌بینی؛

۲) برآورد تفاوت بین مقدار پیش‌بینی شده و مقدار هدف؛

۳) تنظیم تفاوت توسط تغییر سطح یک متغیر کنترل، اگر مناسب باشد. در این مورد، متغیر کنترل، متغیری در فرایند است که به عنوان تابعی از علامت راه انداز[1] برای تغییر مقدار خروجی فرایند، تغییر می‌کند.

[1] -Actuating

پیوست الف

(اطلاعاتی)

کتابنامه

[۱] استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۷۵۳۲ سال ۱۳۹۲، نمودارهای کنترل- قسمت ۲: نمودارهای کنترل شوهارت

[۲] استاندارد ایران- ایزو ۹۰۰۰ سال ۱۳۸۷، سیستم‌های مدیریت کیفیت- مبانی و واژگان

[3] ISO 3534-1, Statistics- Vocabulary and symbols- Part 1: General statistical terms and terms used in probability

[4] ISO/TR 22514-4: 2007, Statistical methods in process management- Capability and performance- Part 4: Process capability estimates and performance measures

[5] Kots & Lovelace (1998). Process Capability Indices in Theory and Practice