INSO
941-1
2nd .Revision
2016

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

استاندارد ملی ایران
۹۴۱-۱
تجدید نظر دوم
۱۳۹۴

روش‌های کنترل کیفیت آماری در حین تولید- قسمت۱: نمودارهای کنترل برای متغیرها

Methods for statistical quality control during production-Part1: control charts for variables

ICS: 03.120.30

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ 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 در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران 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 وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی 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 در صورت 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 می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد، به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1]،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5]در کشور فعالیت 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 پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرفکنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، 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 منظور حفظ بازارهای بین‌المللی 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 صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2-International Electrotechnical Commission
3-International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4-Contact point
5-Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«روش‌های کنترل کیفیت آماری در حین تولید- قسمت ۱: نمودارهای کنترل برای متغیرها »

(تجدیدنظر دوم)

	سمت و/یا نمایندگی
رئیس:	
پورشمس، مهرداد	کارشناس استاندارد
(لیسانس مهندسی شیمی)	
دبیر:	
وظیفه‌خورانی، بهروز	ادارۀ کل استاندارد آذربایجان‌شرقی
(فوق‌لیسانس مدیریت صنعتی)	
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اکبری‌دوست، زینال	اداره کل آموزش‌وپرورش آذربایجان‌شرقی
(لیسانس مدیریت صنعتی)	
ایمانی نبیی، رامین	دانشگاه تبریز
(دکترای آمار)	
بافنده زنده، علیرضا	دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
(دکترای مدیریت سیستم‌ها)	
پیرا، رویا	ادارۀ کل استاندارد آذربایجان‌شرقی
(فوق‌لیسانس شیمی)	
جباری خامنه، حسین	دانشگاه تبریز
(دکترای آمار)	
جعفری، ابوالفضل	سازمان امور اقتصادی و دارایی استان آذربایجان‌شرقی
(فوق‌لیسانس مدیریت‌صنعتی)	

جلیلی، وحید (فوق‌لیسانس مدیریت صنعتی)	شرکت گلسان‌بافت
سالک‌زمانی، مریم (فوق‌لیسانس علوم تغذیه)	ادارۀ کل استاندارد آذربایجان‌شرقی
سیدی، میرحسین (فوق‌لیسانس مدیریت صنعتی)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد کلیبر
عزی، صابر (فوق‌لیسانس مکانیک)	ادارۀ کل استاندارد آذربایجان‌شرقی
فولادپنجه، اکبر (فوق‌لیسانس مکانیک)	ادارۀ کل استاندارد آذربایجان‌شرقی
نظامی‌رشید، خدیجه (لیسانس ریاضی کاربردی)	اداره کل آموزش‌وپرورش آذربایجان‌شرقی

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد ج
پیش‌گفتار و
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۱
۴ مفاهیم اساسی تکنیک نمودار کنترل ۱
۵ مقدمات ایجاد نمودارهای کنترل ۴
۶ ساختن نمودار کنترل ۷
۷ نگهداری نمودارهای کنترل ۱۳
۸ حدود کنترل و حدود مشخصات فنی ۱۶
۹ برآورد قابلیت فرایند ۱۷
۱۰ تعیین حدود مشخصات فنی و به‌دست آوردن حدود کنترل اصلاح‌شده ۱۷
۱۱ مثال‌های عملی ۱۹
پیوست الف (اطلاعاتی) ضرایب برای محاسبه حدود کنترل ۳۴
پیوست ب (اطلاعاتی) صفحه ثبت داده نمودار کنترل (متغیرهای کمی) ۳۵
پیوست پ (اطلاعاتی) ضرایب محاسبه حدود کنترل اصلاح‌شده ۳۶

پیش گفتار

استاندارد «روش‌های کنترل کیفیت آماری در حین تولید- قسمت ۱: نمودارهای کنترل برای متغیرها» نخستین بار در سال ۱۳۵۲ تدوین شد و در سال ۱۳۶۱ برای دومین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت. این استاندارد بر اساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط سازمان ملی استاندارد ایران و تایید کمیسیون‌های مربوط برای دومین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در یکصد و هشتاد و یکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مدیریت کیفیت مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۰۳ تصویب شد، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

استاندارد ملی ایران شماره ۹۴۱ سال۱۹۷۲ با عنوان روشهای کنترل کیفیت آماری استاندارد روش کنترل کیفیت آماری در حین تولید بخش اول – نمودارهای کنترل متغیرهای کمی باطل و این استاندارد جایگزین آن می شود.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

IS 397-1: 2003, Methods for statistical quality control during production- Part1: Control charts for variables

روش‌های کنترل کیفیت آماری در حین تولید- قسمت۱: نمودارهای کنترل برای متغیرها

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، شرح روش نمودار کنترل برای متغیرها به منظور کنترل کیفیت محصولات در حین تولید است. اصول روش اجرایی مربوط به نمودارهای کنترل برای مشاهدات انفرادی، میانگین‌ها، میانه‌ها، نیم‌دامنه تغییرات، دامنه تغییرات و انحراف‌معیار به‌طور کلی در این استاندارد شرح داده شده است.

۱-۲ این استاندارد همچنین رویه‌های ترسیم نمودارهای کنترل اصلاح‌شده[1] را شرح می‌دهد که می‌تواند در مواردی‌که مشخصات محصول مورد ساخت از قبل تعیین شده باشد نیز مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۳ در این استاندارد اصول نمودارهای کنترل با مثال‌های مختلف شرح داده شده است. همچنین رهنمودهایی برای تفسیر داده‌های حاصل از نمودارهای کنترل نیز 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 و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 IS 7920-1:1994, Statidtical vocabulary and symbols-Part1: Probability and general statistical terms

2-2 IS 7920-2:1994, Statidtical vocabulary and symbols-Part2: Statistical quality control

2-3 IS 9300-2:1989, Statidtical models for industrial applications-Part2: Continuous models

2-4 IS 5420-1:1969, Guide on precision of test methods-Part1: Principles and applications

2-5 IS 5420-2:1973, Guide on precision of test methods-Part2: Inter laboratory testing

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف داده شده در استانداردهای IS 7920-1 و IS 7920-2 به کار می‌رود.

۴ مفاهیم اساسی تکنیک نمودار کنترل

1-Modified control charts

۴-۱ تغییرات و علت‌های آن

در تولید تکراری محصولات، شیوه‌ای که در تولیدات صنعتی امروزه متداول می‌باشد، تغییرات در هر مشخصه کیفی مورد نظر یک پدیده دائمی است. هر چند این تغییرات ممکن است ناشی از علت‌های متعدد و اثرات متقابل معلوم و یا مجهول آنها باشد که به‌طور دائمی در تماس با فرایند تولید قرار دارند ولی می‌توان آنها را به‌طور کلی به دو دسته تقسیم نمود:

الف ـ تغییرات ناشی ازعلت‌های قابل‌تشخیص[1]، از قبیل، تنظیم‌های مختلف یک ماشین، اختلاف در بچ‌های[2] مواد خام به‌کار رفته و تغییر کاروران در شیفت‌های کاری.

ب ـ تغییرات ناشی از علت‌های تصادفی(غیرقابل‌تشخیص یا متداول)[3] که وجود آن‌ها در فرایند تولید ناشی از اختلاف ذاتی موجود در مواد خام، ماشین آلات، شرایط جوی و غیره، غیر قابل‌اجتناب است.

۴-۲ تفاوت بین علت‌های تصادفی و علت‌های قابل‌تشخیص

جدول ۱- تفاوت بین علت‌های تصادفی و علت‌های قابل‌تشخیص

ردیف	علت‌های تصادفی(غیر قابل‌تشخیص)	علت‌های قابل‌تشخیص
۱	از تعداد زیادی علل منفرد به‌وجود می‌آید.	از یک یا فقط چند علل منفرد به‌وجود می‌آید.
۲	هر علت تصادفی به تنهایی باعث تغییر ناچیز می‌گردد (ولی تعداد زیادی علل تصادفی با همدیگر منجر به تغییر قابل توجهی می‌شود)	هر علت قابل‌تشخیص می‌تواند مقدار زیادی تغییر ایجاد کند.
۳	حذف آنها از فرایند مقرون به صرفه نمی باشد.	می توان مشخص کرد. اقدام به حذف آنها معمولا از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر است.
۴	هرگاه تنها علت تصادفی وجود داشته باشد، فرایند به بهترین وجه کار خود را انجام می‌دهد.	اگر علت قابل‌تشخیص وجود داشته باشد، فرایند به بهترین وجه کار خود را انجام نمی‌دهد.
۵	قرار گرفتن یک مشاهده در داخل حدود کنترل تحت تغییرات تصادفی به معنی این است که فرایند نبایستی تعدیل[4] شود.	قرار گرفتن یک مشاهده در خارج از حدود کنترل معمولا به این معنی است که فرایند تولید بایستی مورد بررسی دقیق قرار گرفته و تصحیح شود.
۶	تحت علت‌های تصادفی، فرایند کاملا پایدار است و می‌توان از رویه‌های نمونه‌گیری برای برآورد کیفیت کل تولید یا مطالعات بهینه‌سازی فرایندااستفاده کرد.	چنانچه علت‌های قابل‌تشخیص وجود داشته باشد، آن فرایند به اندازه کافی پایدار نمی‌باشد که نمی‌توان از رویه‌های نمونه‌گیری برای برآورد استفاده کرد.

1- Variation due to assignable causes
2- batches
3- Variation due to chance (non-assignable or common) causes
4- ajusted

۴-۳ فرایند تحت کنترل آماری

یک فرآیند را تحت کنترل آماری گویند که علت‌های قابل‌تشخیص تغییر دهنده در آن وجود نداشته و فرآیند فقط تحت تأثیر یک سری از علت‌های غیرقابل‌تشخیص عمل می‌کند. چنین تغییراتی که به صورت تصادفی رخ می‌دهند معمولا از یک قانون آماری معین پیروی می‌نمایند. چنان‌چه تعداد زیادی از مشاهدات (اندازه‌گیری) به‌دست آمده از یک فرآیند که تحت کنترل آماری است با استفاده از یک توزیع فراوانی مورد مطالعه قرار گیرد ملاحظه خواهد شد که اکثرا منحنی حاصل از آن متقارن بوده و به شکل زنگوله می‌باشد که اکثر مشاهدات در اطراف مقدار میانگین قرار داشته و تعداد بسیار کمی دورتر از مقدار میانگین قرار می‌گیرند.

۴-۴ توزیع نرمال

۴-۴-۱ الگوی زنگوله‌ای شکل متقارن که از مشاهدات حاصل از فرآیندهای تولیدی تحت کنترل آماری به‌دست می‌آید به‌طورکلی به‌وسیله توزیع نرمال نمایش داده می‌شود. این توزیع به‌وسیله دو شاخص میانگین و انحراف معیار مشخص می‌گردد. این توزیع متقارن بوده و۹۹٫۷۳ درصد از مشاهدات در فاصله سه برابر انحراف معیار در دو سمت میانگین قرار می‌گیرند. بنابراین انتظار می‌رود که کمتر از سه هزارم مشاهدات خارج از حدود سه برابر انحراف معیار در دو سمت میانگین قرار گیرد. برای توضیحات بیشتر به IS9300-2 مراجعه شود. در نتیجه در یک فرآیند تولیدی که تحت کنترل آماری است اگر یک مشاهده انجام گرفته و آن در فاصله $\pm 3\sigma$ از میانگین قرار نگیرد، می‌توان نتیجه گرفت که آن مشاهده متعلق به آن توزیع یا سیستم نیست و می‌تواند نشانه‌ای (هشداری) نسبت به وجود یک علت قابل‌تشخیص موثر در فرآیند باشد.

۴-۴-۲ همان‌طور که تعداد زیادی از اندازه‌گیری‌های مستقل حاصل از یک فرآیند تولید از یک قانون آماری با توزیع معلوم پیروی می‌نمایند، اگر نمونه‌هایی با حجم[۱] معین از همان فرآیند تولیدی در فاصله زمانی کم و بیش منظمی انتخاب گردد، آماره‌های[۲] نمونه از قبیل میانگین یا انحراف معیار نیز از توزیع‌های معلوم پیروی البته توزیع آماره‌های نمونه با توزیع حاصل از اندازه‌گیری‌های مستقل به‌دست آمده از یک فرآیند تولید یکسان نمی‌باشد. به‌طور کلی توزیع آماره‌های نمونه که در این استاندارد مورد بررسی قرار می‌گیرند با این فرض است که جامعه مورد مطالعه نرمال و یا نوع معینی است که پارامترهای آن را می‌توان برآورد نمود.

۴-۵ نمودارهای کنترل

۴-۵-۱ همانطور که در بالا اشاره گردید رفتار آماره‌های نمونه گرفته شده از یک فرآیند تولید فقط تحت تاثیر علت‌های تصادفی بوده و تکنیک نمودار کنترل بر اساس این ویژگی استوار می‌باشد. اصولا نمودار کنترل یک روش گرافیکی می‌باشد که یک دنباله از آماره‌های نمونه (بر حسب زمان) را نمایش می‌دهد. هر نمودار کنترل از یک خط مرکزی CL که نشان دهنده مقدار میانگین آماره مورد نظر و دو حد کنترل در دو طرف خط مرکزی که

۱- در برخی از مدارک علمی " اندازه" نامیده شده است.

2-Statistic

حدکنترل بالا UCL و حد کنترل پایین LCL نامیده می‌شود تشکیل شده است. حدود کنترل با استفاده از توزیع احتمال آماره نمونه محاسبه می‌شوند.

۴-۵-۲ یکی از اهداف نمودار کنترل به‌دست آوردن یک حالت کنترل آماری به‌وسیله مشخص کردن و حذف علت‌های قابل‌تشخیص و سپس تولید در این حالت به منظور اطمینان از ساخت محصولات یکنواخت با کیفیت قابل قبول می‌باشد. برای این منظور تغییرات ناشی از علت‌های غیرقابل‌تشخیص برآورد گردیده و سپس به عنوان مبنایی برای تشخیص تغییرات ناشی از انحرافات بادلیل از طریق پراکنش آماره‌های نمونه بر روی نمودار کنترل مورد استفاده قرار می‌گیرد. مادامی‌که نقاط وارد شده ما بین حدهای کنترل قرار می‌گیرند می‌توان گفت که فرایند تولید تحت کنترل آماری است. به‌هر حال اگر نقطه‌ای در زیر حد کنترل پایینی و یا بالای حد کنترل بالایی قرار گیرد و یا دارای الگوهای غیرتصادفی باشد (به بند ۷-۲مراجعه شود)، امکان وقوع تعدادی علت‌های قابل‌تشخیص وجود دارد و لذا بررسی‌های دقیق‌تر به‌منظور حذف آنها بایستی به‌عمل آید.

۵ مقدمات ایجاد نمودارهای کنترل

۵-۱ انتخاب مشخصه کیفی

در آغاز باید در مورد مشخصه‌های کیفی‌ای که در یک برنامه کنترل بایستی تحت کنترل قرار گیرند، تصمیم‌گیری شود. معمولا نخست مشخصه‌هایی که روی عملکرد محصول اثر می‌گذارند، مورد توجه قرار می‌گیرند. این مشخصه‌ها ممکن است مربوط به ویژگی‌های مواد اولیه به‌کار رفته یا اجزاء و یا قطعاتی از محصولات باشند، برای مثال قدرت کشش سیم داخل کابل‌ها یا ضخامت پوشش. در بعضی موارد مشخصه کیفی می‌تواند مربوط به محصول تمام شده باشد مانند طول عمر لامپ روشنایی.

۵-۲ انتخاب مکان برای کنترل

۵-۲-۱ در هر نوع فرایند تولیدی به‌کار بردن کنترل‌های مناسب (مقتضی) با استفاده از نمودارهای کنترل در نقاط راهبردی[1] دارای بیشترین اهمیت می‌باشد. چنین کنترل‌هایی باید در نقاطی از خط تولید به‌کار گرفته شوند که حداکثر سودآوری، حداقل ضایعات، افزایش بهره‌وری و غیره را به دنبال داشته باشند. در این رابطه تجزیه و تحلیل مناسبی از کل عملکرد می‌تواند سودمند باشد.

۵-۲-۲ مطالعه فرایند تولید به‌منظور تعیین ماهیت و مکان بروز علت‌هایی که باعث افزایش انحرافات در مشخصه انتخاب شده می‌گردند نیز اهمیت دارد. روش بازرسی انفرادی کالا و یا محصول برای مشخصه انتخاب شده نیز به‌همان اندازه مهم می‌باشد زیرا عواملی مانند خستگی بازرس ممکن است باعث افزایش خطا در مشاهدات (اندازه‌گیری) شود. بنابراین بی‌نظمی‌های مشهود در داده‌های مربوط به کیفیت ممکن است هم ناشی از خطاهای بازرسی و هم ناشی از اشکالات مربوط به فرایند تولید باشد. خطا در بازرسی ممکن است دراثر استفاده از یک دستگاه آزمون معیوب یا استفاده نادرست از یک دستگاه آزمون سالم و غیره حاصل گردد.

1-Strategic

همچنین در مورد اینکه آیا تمامی محصولات تولیدی را بایستی به عنوان یک مجموعه واحد در نظر گرفت که دارای یک سیستم مشترک از علت‌ها هستند یا بایستی به عنوان دو یا چند مجموعه مجزا از یکدیگر در نظر گرفت آن‌هم بخاطر اینکه محصولات در سیستم‌های مختلف علت‌هایی مانند خطوط تولید مختلف، ماشین‌های مختلف یا شیفت‌های مختلف کارگران و غیره تولید می‌شوند و لذا بایستی به طور جداگانه در برنامه کنترل مورد بررسی قرار گیرند، از ابتدا تصمیم‌گیری کرد.

۵-۳ انتخاب زیر گروه‌های منطقی[1]

۵-۳-۱ از آن‌جایی‌که هدف اصلی نمودارهای کنترل تفکیک تغییرات ناشی از علت‌های قابل‌تشخیص و تغییرات ناشی از علت‌های غیرقابل‌تشخیص از یکدیگر است بنابراین واضح است که هر نمونه بایستی معرف یک بخش همگن[2] از جریان تولید باشد. بنابراین در شرایط مطلوب، تغییرات مشاهده شده در داخل اقلام یک نمونه بایستی ناشی از علت‌های غیرقابل‌تشخیص یا تصادفی باشد، در حالی‌که تغییرات پیدا شده ما بین نمونه‌ها بایستی به علت‌های قابل‌تشخیص نسبت داده شود. تقسیم‌بندی جریان تولید به‌نحوی‌که هر قسمت آن نمونه‌ای دارای این خاصیت را به‌دست دهد، زیرگروه منطقی نامیده می‌شود. مثلا یک زیرگروه منطقی باید در یک مقطع کوتاه زمانی از فرایند تولید گرفته شود زیرا تغییرات در اقلام ساخته شده در یک سری زمانی متوالی (کوتاه) به یکدیگر نزدیک بوده و به احتمال زیاد تغییرات جزئی در آنها می‌تواند نشان دهنده نوسانات تصادفی باشد.

۵-۳-۲ موضوع تشکیل زیر گروه‌های منطقی همچنین بستگی دارد به دانش فنی در مورد فرایند تولیدی و آشنائی با شرایطی که تحت آن شرایط محصول ساخته می‌شود. از آن‌جایی‌که نمی‌توان در مورد نحوه تشکیل زیرگروه‌های منطقی دستورالعمل دقیقی به‌دست داد که بتواند کلیه حالت‌ها را در برگیرد ولی بیان توضیحات مختصری ممکن است در این جهت کمک نماید، مثلا اگر تنظیمات مختلف ماشین دارای تأثیر یکسان بر روی مشخصه کیفی مورد بررسی باشند، کلیه اقلام موجود در یک زیرگروه بایستی مربوط به تنظیمات یکسان باشد. همچنین اگر بچ‌های مختلف مواد دارای یک تأثیر باشند تمام اقلام موجود در زیر گروه باید مربوط به بچ یکسان باشند. به‌طور کلی توصیه می‌گردد که زیر گروه‌ها به ترتیبی تشکیل نشوند که یک زیرگروه شامل اقلام ساخته شده در شیفت‌های مختلف، اجزاء به‌دست آمده از منابع مختلف، از خطوط تولید مختلف، از ماشین‌های مختلف، قالب‌های مختلف، کارگران مختلف و سایر عوامل مختلف باشد. در بسیاری از مواقع یک نمونه کوچک به‌دست آمده از خط تولید می‌تواند به عنوان یک زیر گروه در نظر گرفته شود زیرا می‌تواند نشان‌دهنده حالت لحظه‌ای از فرایند تولید در زمانی که نمونه انتخاب گردیده، باشد. البته باید خاطر نشان کرد که این یک قاعده کلی نیست. اگر شخصی از یک ماشین که دارای وضعیت‌ها و یا خروجی‌های متعدد است نمونه‌ای انتخاب نماید یک مجموعه از اقلام متوالی به‌دست آمده از ماشین نمی‌تواند تشکیل یک زیرگروه منطقی را بدهد که قادر باشد تغییرات ما بین خروجی‌های مختلف را مطالعه نماید. برای مثال اگر یک ماشین پرکن شش دهانه داشته باشیم

1- Rational Sub-groups
2- homogeneous segment

که به‌طور همزمان شش ظرف متوالی را در خط تولید پر کند هر ششمین واحد (نه شش واحد متوالی) انتخاب شده از فرایند تولید یک زیر گروه منطقی را تشکیل خواهد داد، زیرا تغییرات درون این زیر گروه‌ها ناشی از تغییر ذاتی دهانه‌ها بوده و تغییر ما بین زیر گروه‌ها ناشی از تغییرات حاصل از دهانه‌های مختلف ماشین می‌باشد. در این شرایط تنظیم دقیق شش دهانه خیلی دشوار می‌باشد.

۵-۳-۳ به‌منظور اجتناب از اریبی[1] در تشکیل زیر گروه‌های منطقی دو نوع احتیاط باید در هنگام انتخاب نمونه‌های متوالی به عمل آید:

الف- انتخاب دوره‌ای نمونه نباید منطبق بر حالت دوره‌ای خاص از فرایند تولید باشد.

ب- اگر اطلاع قبلی از زمان انتخاب نمونه‌ها بر روی مشخصه کیفی اقلام انتخاب شده اثر داشته باشد، انتخاب نمونه‌ها نباید بر طبق یک برنامه زمانی ثابت انجام گیرد.

۵-۴ حجم نمونه و دفعات نمونه‌گیری

۵-۴-۱ هیچ قاعده کلی برای انتخاب زیرگروه‌ها در نظر گرفته نشده است. در هر موردی باید بر اساس اهمیت آن و با در نظر گرفتن هم هزینه اندازه‌گیری‌ها و هم تجزیه و تحلیل آنها و همچنین منافع حاصله از اقدام بر پایه نمودارهای کنترل تصمیم‌گیری شود. در به‌کارگیری اولیه نمودار کنترل برای تجزیه و تحلیل یک فرایند تولیدی توصیه می‌گردد برای رسیدن به نتایج سریع , دفعات بیشتری نمونه گرفته شود. سپس اگر اشکالات تشخیص داده شد و تصحیح گردید و نیز اگر کارکرد نمودار کنترل، نگهداری کنترل فرایند در جریان تولید باشد، در این حالت توصیه می‌گردد دفعات نمونه گیری را کاهش دهید. به عنوان یک راهنما، دفعات انتخاب زیرگروه‌ها برای نظارت بر محصولات در حال ساخت می تواند دو بار در هر شیفت کاری یا هر ساعت یک بار یا سایر روش‌های مناسب دیگر انجام گیرد. به هر حال فاصله زمانی بین دو زیرگروه بایستی نیمی از مدت زمان مشخص عملکرد بدون مشکل باشد.

۵-۴-۲ حجم نمونه‌های مورد انتخاب بستگی به چند جنبه عملی دارد. به‌هر حال، به‌طور کلی نمونه‌های با حجم بزرگ که در فاصله‌های زمانی کوتاه‌تر انتخاب می‌شوند می‌توانند تغییر جزئی در مقدار میانگین فرایند تولید را سریعا کشف نمایند در حالی‌که نمونه‌های با حجم کوچکتر که در فاصله‌های زمانی طولانی‌تر انتخاب می‌شوند می‌تواند یک تغییر زیاد در میانگین را خیلی سریع کشف نمایند. در بسیاری از کاربردهای صنعتی نمودارهای کنترل ، نمونه ها با حجم ۴ یا ۵ کاملا متداول می‌باشد. انتخاب نمونه با حجم ۵ بیشتر توصیه می‌شود زیرا در این حالت محاسبه میانگین به‌طور قابل ملاحظه‌ای آسان می‌شود. هنگامی‌که از نمودارهای میانه استفاده می‌شود، انتخاب نمونه با حجم ۳ یا ۵ بسیار مناسب است زیرا از محاسبات زیاد برای تعیین مقدار میانه جلوگیری می‌کند. علاوه بر آن هنگام استفاده از نیم دامنه تغییرات محاسبات نیز به مقدار قابل ملاحظه‌ای آسان می‌گردد زیرا میانگین تنها دو مشاهده (بزرگترین و کوچک‌ترین) باید به‌دست آید، به هر حال باید درنظر داشت که استفاده از

1-Bias

میانه و یا نیم دامنه تغییرات بجای میانگین باعث کاهش جزئی در کارائی می‌گردد ولی این کاهش در مورد نمونه‌های کوچک قابل اغماض است. از نمونه‌هایی با حجم کوچکتر نیز وقتی‌که هزینه اندازه‌گیری‌ها بسیار زیاد است، می‌توان استفاده کرد. در بسیاری از صنایع شیمیائی که از فرایند تولید به صورت بچ به بچ استفاده می‌شود، انتخاب نمونه‌هایی با حجم ۱ یا ۲ متداول می‌باشد. لازم به یادآوری است که در نمونه‌های با حجم بزرگ اکثرا از انحراف معیار به‌جای دامنه تغییرات به عنوان شاخص مقدار پراکندگی زیرگروهها استفاده می‌شود.

۵-۵ انتخاب ابزار اندازه‌گیری

کالیبراسیون ابزار اندازه‌گیری لازم برای اندازه‌گیری نتایج آزمون بایستی انجام شود که حداقل مقدار بایستی ترجیحا $\frac{1}{10}$ رواداری[1] یا قابلیت فرایند باشد. تغییرات سیستم اندازه‌گیری بایستی قابل اندازه‌گیری کمی[2] و کمینه[3] باشد (به استانداردهای IS5420-1 وIS5420-2 رجوع شود). این تغییرات سیستم اندازه‌گیری بایستی کمتر از ۱۰درصد کل تغییر فرایند مشخصه باشد. اگر این تغییرات بین ۱۰ تا ۳۰درصد باشد، ممکن است باز هم بسته به کاربرد، قابل قبول باشد. اگر تغییرات بیشتر از ۳۰درصد باشد ابزار نامناسب می‌باشد. علاوه بر این، عدم قطعیت اندازه‌گیری ابزار اندازه‌گیری بایستی بسیار کمتر از رواداری مشخصه باشد.

۶-۵ انتخاب نوع نمودارهای کنترل

چنانچه مشخصه کیفی قابل اندازه‌گیری باشد در این حالت از یک زوج نمودار کنترل استفاده می‌شود بدین ترتیب که یک نمودار برای کنترل تغییرات سطح میانگین فرایند تولید (نمودار میانگین یا نمودار میانه یا نمودار نیم دامنه تغییرات) و دیگری برای کنترل پراکندگی (نمودار دامنه تغییرات یا نمودار انحراف معیار). البته وقتی از یک نمودار مقادیر انفرادی[4] استفاده می‌شود، امکان استفاده از نمودار تکمیلی برای کنترل پراکندگی وجود ندارد.

۶ ساختن نمودار کنترل

۱-۶ جمع‌آوری داده‌های مقدماتی

بعد از آنکه در مورد مشخصه کیفی که باید کنترل شود و همچنین تعداد و حجم نمونه‌هایی که باید انتخاب شود تصمیم‌گیری به عمل آمد، باید مقداری داده‌های مقدماتی از خط تولیدی که در نظر است کنترل شود، برای آغاز بازرسی جمع آوری شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد، تا بتوان مقادیر ثابت را برای محاسبه خط مرکزی و حدود کنترل به‌دست آورد. داده‌های مقدماتی ممکن است نمونه به نمونه جمع آوری شوند (در زیرگروههایی که طبق بند ۵-۴ مشخص می‌شود) تا تقریباً ۲۵ نمونه از جریان دائمی فرایند تولید به‌دست آید. در هنگام جمع آوری داده‌های مقدماتی باید دقت به عمل آید که فرایند تولید بی‌جهت متناوبا تحت تأثیر عوامل مختلف و تغییردهنده مانند تغییر مواد اولیه، متصدی‌ها و تنظیمات ماشین قرار نداشته باشد.

1-Tolerance
2- quantified
3- minimized
4- Individual Measurements

۶-۲ تجزیه و تحلیل داده‌های مقدماتی

۶-۲-۱ تجزیه و تحلیل داده‌های مقدماتی در ابتدا به‌وسیله همگن نمودن شاخص‌های پراکندگی (دامنه تغییرات یا انحراف معیار) زیر گروه‌های مختلف و سپس به‌وسیله همگن سازی شاخص‌های مرکزی (از قبیل میانگین، میانه یا نیم‌دامنه تغییرات) انجام می‌گیرد. رعایت این ترتیب در فرایند همگن‌سازی به‌این جهت ضروری است که دامنه تغییرات (یا انحراف معیار) در محاسبات لازم برای همگن سازی میانگین‌ها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶-۲-۲ همگن سازی شاخص‌های پراکندگی

۶-۲-۲-۱ روش دامنه تغییرات

چنان‌چه حجم نمونه انتخاب‌شده بیشتر از شش نباشد برای هر یک از زیر گروه‌ها مقدار دامنه تغییر (R) محاسبه گردیده و سپس مقدار میانگین دامنه‌های تغییرات ($\bar{R}$) با استفاده از آنها به‌دست می‌آید. با توجه به حجم نمونه مقدار ضریب D_4 از پیوست الف به‌دست می‌آید. چنان‌چه کلیه دامنه‌های تغییرات (R) کمتر یا مساوی $D_4\ \bar{R}$ باشند در این صورت داده‌های مقدماتی جمع‌آوری‌شده را بایستی همگن‌شده منظور داشته و از آنها برای محاسبه حدود کنترل استفاده نمود. چنان‌چه یک یا چند دامنه تغییر بیشتر از مقدار $D_4\ \bar{R}$ باشند در این حالت مشاهدات زیرگروه مربوط به آن دامنه تغییر حذف گردیده و سپس برای داده‌های باقیمانده عملیات فوق باید مجددا تکرار شود (یعنی محاسبه مقدار میانگین دامنه‌های تغییرات جدید ($\bar{R}$) و سپس تطبیق کلیه R های باقیمانده با $D_4\ \bar{R}$) و این عمل آنقدر ادامه می‌یابد تا کلیه مقادیر دامنه تغییرات کمتر از $D_4\ \bar{R}$ گردند.

۶-۲-۲-۲ روش انحراف معیار

در حالتی که حجم نمونه انتخاب‌شده نسبتاً بزرگ باشد توصیه می‌گردد از انحراف معیار به‌جای دامنه تغییرات استفاده شود زیرا در این حالت دامنه تغییرات دارای کارایی کمتری است. شیوه همگن سازی تقریباً مشابه روشی است که در بند ۶-۲-۲-۱ شرح داده شده است. برای هر یک از زیرگروه‌ها انحراف معیار (s) محاسبه شده و سپس مقدار میانگین انحراف معیار($\bar{s}$) با استفاده از آنها به‌دست می‌آید. اگر مقدار همه انحراف معیارها (s) کمتر و یا مساوی $B_4\ \bar{s}$ باشند (ضریب B_4 با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آید) در این حالت داده‌های اولیه را می‌توان همگن شده منظور داشت. چنان‌چه مقدار یک یا چند انحراف معیار (s) بیشتر از مقدار $B_4\ \bar{s}$ باشند، مشاهدات زیرگروه مربوط به آن حذف شده و سپس برای داده‌های باقیمانده عملیات فوق مجددا تکرار شود (یعنی محاسبه مقدار میانگین انحراف معیار جدید ($\bar{s}$) و سپس تطبیق مقدار(s) های باقیمانده با مقدار $B_4\ \bar{s}$) و این عمل آن‌قدر ادامه می‌یابد تا کلیه مقادیر انحراف معیار کمتر از $B_4\ \bar{s}$ شوند.

یادآوری- LCL برای همگن‌سازی مقدار دامنه تغییرات یا انحراف معیار به عنوان حداقل تغییرات در فرایند مورد بررسی، مد نظر قرار نمی‌گیرد و همواره مجاز می‌باشد. تنها نکته‌ای که در آن مرحله بررسی می‌شود صحت این مقدار پایین دامنه تغییرات یا انحراف معیار می‌باشد. چنان‌چه واقعا یک چنین مقدار کمی به‌دست آید پس چنین موقعیت‌هایی بایستی در آینده بیشتر شود.

۶-۲-۲-۳ در مراحل همگن‌سازی ذکرشده در بالا چنان‌چه ۲۵ درصد از زیرگروه‌ها به دلیل خارج از کنترل بودن حذف شوند، از مجموعه داده‌ها صرفنظر کرده و پس از کنترل فرایند تولید و حذف علت‌های قابل‌تشخیص که باعث این چنین میزان بالای انحرافات در داده‌های مقدماتی شده‌اند مجددا داده‌های جدید دیگری از فرایند تولید جمع‌آوری می‌شود.

۶-۲-۳ همگن‌سازی شاخص‌های مرکزی

۶-۲-۳-۱ روش میانگین

از داده‌های همگن‌شده برای پراکندگی (به بند ۶-۲-۲-۱ یا ۶-۲-۲-۲ رجوع شود) میانگین هر زیرگروه ($\bar{x}$) بایستی محاسبه شود و سپس میانگین این میانگین‌ها و یا میانگین کل ($\bar{\bar{x}}$) برای کل زیرگروه‌ها محاسبه می‌شود. در مواردی که داده‌ها قبلا با روش دامنه تغییرات همگن‌شده‌اند (به بند ۶-۲-۲-۱ رجوع شود) مقدار $A_2\ \bar{R}$ باید محاسبه شودکه در آن ضریب A_2 با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آید. چنان‌چه هر یک از میانگین‌ها خارج از حدود $\bar{\bar{x}} \pm A_2\ \bar{R}$ قرار گیرد، مشاهدات زیرگروه مربوطه به آن میانگین حذف شده و سپس برای داده‌های باقیمانده میانگین کل جدید محاسبه و عملیات فوق آنقدر تکرار می‌شود تا کلیه میانگین‌ها در داخل حدود $\bar{\bar{x}} \pm A_2\ \bar{R}$ قرارگیرند. در موردی که داده‌ها با استفاده از انحراف معیار همگن شده باشند (به بند ۶-۲-۲-۲ رجوع شود) به‌جای $A_2\ \bar{R}$ از رابطه $A_1\ \bar{s}$ باید برای همگن نمودن میانگین‌ها استفاده نمود که در آن ضریب A_1 با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آید.

۶-۲-۳-۲ روش میانه

از داده‌های همگن‌شده برای پراکندگی (به بند ۶-۲-۱-۱ رجوع شود)، میانه هر زیرگروه M_e باید محاسبه و سپس میانگین این میانه‌ها ($\overline{M_e}$) محاسبه شود. مقدار $F_2\ \bar{R}$ محاسبه می‌شود که در آن مقدار ضریب F_2 با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آید. چنان‌چه هر یک از میانه‌ها خارج از حدود $\overline{M_e} \pm F_2\ \bar{R}$ قرار گیرد، مشاهدات زیرگروه مربوط به آن میانه‌ها حذف شده و برای داده‌های باقیمانده میانگین میانه جدید محاسبه و روش فوق آنقدر تکرار می‌شود تا مقدار کلیه میانه‌ها در داخل فاصله $\overline{M_e} \pm F_2\ \bar{R}$ قرار گیرند.

۶-۲-۳-۳ روش نیم‌دامنه تغییرات

مراحل همگن‌شدن در این موارد شبیه همگن‌شدن میانه‌هاست، به جز اینکه در آن نیم دامنه تغییرات (M) برای هر زیرگروه (به جای میانه) محاسبه می‌شود و ضریب F_2 با G_2 جایگزین می‌شود. مقدار ضریب G_2 با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آید.

۶-۳ حدود کنترل

۶-۳-۱ حدود کنترل برای شاخص‌های پراکندگی

۶-۳-۱-۱ نمودار دامنه تغییرات

مقدار همگن‌شده میانگین دامنه تغییرات ($\bar{R}$) که طبق بند ۶-۲-۲-۱ به‌دست می‌آید، به عنوان خط مرکزی این نمودار در نظر گرفته می‌شود. حد کنترل بالا (UCL) و حد کنترل پایین (LCL) برای نمودار دامنه تغییرات (نمودار $\bar{R}$) به ترتیب با استفاده از رابطه‌های $D_4\ \bar{R}$ و $D_3\ \bar{R}$ محاسبه می‌شوند. مقادیر ضریب‌های D_3 و D_4 با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آید.

یادآوری- در نمودار دامنه تغییرات(نمودار $\bar{R}$) چنانچه LCL منطبق بر محور X باشد، $D_3=0$ می‌باشد.

۶-۳-۱-۲ نمودار انحراف معیارها

خط مرکزی برای نمودار انحراف‌معیار برابر با مقدار همگن‌شده میانگین انحراف معیار$\bar{s}$ به‌دست آمده بر طبق بند ۶-۲-۲-۲ درنظر گرفته می‌شود. حد کنترل بالا (UCL) و حد کنترل پایین (LCL) برای نمودار انحراف معیار به‌ترتیب با استفاده از رابطه‌های $B_4\ \bar{s}$ و$B_3\ \bar{s}$ محاسبه می‌گردند که در آنها مقادیر ضریب‌های B_4 وB_3 با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آید.

۶-۳-۲ حدود کنترل برای شاخص مرکزی

۶-۳-۲-۱ نمودار میانگین($\bar{X}$)

خط مرکزی برای نمودار میانگین برابر با مقدار میانگین کل حاصل از میانگین‌های همگن‌شده به‌دست آمده طبق بند ۶-۲-۳-۱ می‌باشد. در صورتی‌که از دامنه تغییرات برای همگن سازی استفاده شده است حدود کنترل بالا و پایین برای نمودار میانگین ($\bar{X}$) با استفاده از رابطه‌های زیر به‌دست می‌آیند:

$$\mathrm{UCL} = \overline{\overline{\mathrm{X}}} + \mathrm{A}_2\overline{\mathrm{R}} \qquad \text{و} \qquad \mathrm{LCL} = \overline{\overline{\mathrm{X}}} - \mathrm{A}_2\overline{\mathrm{R}}$$

و در صورتی‌که از انحراف معیار برای همگن نمودن استفاده شده باشد حدود کنترل بالا و پایین برای نمودار میانگین ($\bar{X}$) با استفاده از رابطه‌های زیر به‌دست می‌آیند:

$$\mathrm{UCL} = \overline{\overline{\mathrm{X}}} + \mathrm{A}_1\bar{S} \qquad \text{و} \qquad \mathrm{LCL} = \overline{\overline{\mathrm{X}}} - \mathrm{A}_1\overline{\mathrm{S}}$$

در هر دو صورت، ضریب‌های A_2 و A_1 با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آیند.

یادآوری- هنگامی‌که حد مشخصات فنی بالا[1] (U) و حد مشخصات فنی پایین (L) برای مشخصه کیفی مورد نظر تعیین شده است، در اکثر حالت‌ها بهتر است به منظور کنترل، به‌جای میانگین کل همگن‌شده ($\bar{\bar{X}}$) در رابطه‌های بالا از $U+L/2$ استفاده شود. برای جزئیات بیشتر به بند ۶-۴ رجوع شود.

۶-۳-۲-۲ نمودار میانه (M_e)

خط مرکزی برای نمودار میانه برابر با میانگین مقادیر همگن‌شده میانه ($\bar{M}_e$) می‌باشد و حدود کنترل آن با استفاده از رابطه های زیر به‌دست می‌آیند:

$$\mathrm{UCL} = \bar{M}_e + \mathrm{F}_2\overline{\mathrm{R}} \qquad \text{و} \qquad \mathrm{LCL} = \bar{M}_e - \mathrm{F}_2\overline{\mathrm{R}}$$

1- Upper specification limit

مقدار ضریب F_2 با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آید.

۶-۳-۲-۳ نمودار نیم دامنه تغییرات (M)

خط مرکزی برای نمودار نیم‌دامنه‌تغییرات برابر با میانگین مقادیر همگن‌شده نیم‌دامنه تغییرات ($\overline{M}$) می‌باشد و حدود کنترل آن با استفاده از رابطه های زیر به‌دست می‌آیند:

$$\mathrm{UCL} = \overline{M} + \mathrm{G_2}\overline{\mathrm{R}} \qquad \text{و} \qquad \mathrm{LCL} = \overline{M} - \mathrm{G_2}\overline{\mathrm{R}}$$

مقدار ضریب G_2 با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آید.

۶-۳-۳ حدود کنترل برای نمودار کنترل مقادیر انفرادی

۶-۳-۳-۱ وقتی که تغییرات درون زیرگروه قابل‌اغماض باشد برای مثال در پودر یا فرموله کردن مایع و یا موقعی که هزینه بازرسی زیاد باشد، داشتن بیش از یک نمونه از هر زیرگروه مطلوب نمی‌باشد و در چنین شرایطی از نمودار کنترل مقادیر انفرادی استفاده می‌شود که حجم نمونه برابر یک بوده و مقدار دامنه تغییرات برای هر زیرگروه قابل محاسبه نبوده و روش همگن نمودن که در بند ۶-۲-۲-۱ ذکر شده به سهولت قابل اجرا نمی‌باشد. بنابراین در چنین شرایطی بعد از جمع آوری مشاهدات مقدماتی (به تعداد ۲۵ یا بیشتر) روش دامنه تغییرات متحرک[1] به‌کار برده می‌شود. برای این منظور اختلافات متوالی مقادیر انفرادی که عبارتند از اختلاف بین اولین و دومین مشاهده، اختلاف ما بین دومین و سومین مشاهده و الی آخر بدون توجه به علامت آنها باید محاسبه شوند. بنابراین اگر تعداد مشاهدات برابر با ۲۵ باشد، تعداد دامنه تغییرات متحرک برابر با ۲۴ می‌شود. پس از آن میانگین این دامنه‌های تغییرات متحرک $\overline{\mathrm{R}}$ محاسبه و چنان‌چه هر یک از مقادیر دامنه تغییرات متحرک (R) برابر و یا کمتر از مقدار حاصل از رابطه $3.267\ \overline{\mathrm{R}}$ باشند، در این صورت داده‌های مقدماتی همگن شده درنظر گرفته می‌شود. اما اگر یک یا چند دامنه تغییرات متحرک بیشتر از این مقدار باشند دامنه تغییر متحرک مربوط به هر یک از آنها حذف گردیده و این روش آن‌قدر ادامه می‌یابد تا همه دامنه‌های تغییرات متحرک همگن شوند.

۶-۳-۳-۲ برای کل داده‌ها، میانگین کل ($\bar{\bar{X}}$) محاسبه می‌شود. UCL و LCL برای نمودار مقادیر انفرادی با استفاده از رابطه‌های زیر به‌دست می‌آیند:

$$\mathrm{UCL} = \bar{\bar{X}} + 2.66\overline{\mathrm{R}} \qquad \text{و} \qquad \mathrm{LCL} = \bar{\bar{X}} - 2.66\overline{\mathrm{R}}$$

که در آن $\overline{\mathrm{R}}$ مقدار میانگین دامنه‌های تغییرات متحرک همگن‌شده می‌باشد. اگر چنان‌چه هر یک از مقادیر انفرادی در خارج از حدود کنترل قرار گیرند، آن مقادیر باید حذف گردیده و مجددا میانگین جدید با استفاده از داده‌های باقیمانده محاسبه شود. این عمل آنقدر تکرار می‌شود تا کلیه مشاهدات باقیمانده مابین حدود کنترل قرار گیرند.

۶-۴ نمودارهای کنترل مبتنی بر مقادیر استاندارد معلوم

1- Moving Range

۶-۴-۱ در بعضی از حالت‌ها ممکن است به جمع آوری و تجزیه‌وتحلیل داده‌های مقدماتی به ترتیبی که در بند ۶-۱ و ۶-۲ شرح داده شد، نیازی نباشد و بتوان با استفاده از گزارشات یا اطلاعات قبلی مقادیر استاندارد پارامترهای فرایند تولید را مشخص نمود، مثلا میانگین فرایند تولید در سطح μ قرار داده شده و انحراف معیار فرایند تولید برابر σ برآورد می‌شود. هنگام کنترل این نوع مشخصه‌ها که هم حد بالایی (U) و هم حد پایینی (L) مشخصات فنی معین شده‌اند، در اغلب موارد مناسب آن است که کنترل فرایند تولید در سطح میانگین $U + L/2$ انجام پذیرد. حتی در حالتهایی‌که نمودار کنترل مقدماتی بر پایه جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل داده‌های مقدماتی تهیه شده است، پس از گذشت یک مدت زمان معین هنگامی‌که فرایند تولید تثبیت گردیده و در حالت کنترل آماری قرار دارد ارزیابی مجدد پارامترهای به‌کار رفته برای محاسبه حدود کنترل ضروری می‌باشد.

۶-۴-۲ مقادیر مربوط به میانگین فرایند تولید (μ) و انحراف معیار فرایند تولید (σ) حاصل از تقریباً صد و یا بیشتر نقطه واردشده بر روی نمودار کنترل مقدماتی ممکن است به عنوان مقادیر استاندارد برای محاسبه مجدد حدود کنترل در نظر گرفته شوند. در صورت استفاده از مقادیر استاندارد، حدود کنترل طبق بند ۶-۴-۲ به‌دست می‌آید.

یادآوری- هنگامی‌که حدود کنترل مقدماتی بر پایه میانگین دامنه تغییرات ($\bar{R}$) تعیین شده‌اند، در این حالت می‌توان برآورد مناسبی از انحراف معیار فرایند تولید با استفاده از فرمول $\sigma = \bar{R}/d_2$ به‌دست آورد که در آن $\bar{R}$ مربوط به دامنه تغییرات صد نمونه و یا بیشتر بوده و ضریب d_2 نیز با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آید.

۶-۴-۳ حدود کنترل برای‌شاخص‌های پراکندگی

۶-۴-۳-۱ حدود کنترل نمودار دامنه تغییرات

خط مرکزی نمودار دامنه تغییرات در نقطه $d_2\sigma$ قرار می‌گیرد. UCL و LCL به ترتیب در نقطه $D_2\sigma$ و $D_1\sigma$ رسم می‌شوند که در آن‌ها ضرایب D_1، d_2 وD_2 با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آیند.

۶-۴-۳-۲ حدود کنترل نمودار انحراف معیار

خط مرکزی نمودار انحراف معیار در $C_2\sigma$ قرار داده می‌شود. UCL و LCL در نقطه $B_2\sigma$ و $B_1\sigma$ رسم می‌شوند که در آنها ضریب‌های C_2، B_2 و B_1 با توجه به اندازه نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آیند.

۶-۴-۴ حدود کنترل برای اندازه‌های تمایل مرکزی

۶-۴-۴-۱ حدود کنترل نمودار میانگین

خط مرکزی نمودار میانگین در μ رسم‌شده و LCL و UCL به ترتیب در$\mu + A\sigma$ و $\mu - A\sigma$ رسم می‌شوند که در آنها ضریب A با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آید.

۶-۴-۴-۲ حدود کنترل نمودار میانه

خط مرکزی نمودار میانه در μ رسم‌شده و LCL و UCL به ترتیب در$\mu + F\sigma$ و $\mu - F\sigma$ رسم می‌شوند که در آنها ضریب F با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آید.

۶-۴-۴-۳ حدود کنترل نمودار نیم‌دامنه تغییرات

خط مرکزی نمودار نیم‌دامنه تغییرات در μ رسم شده و LCL و UCL به ترتیب در $\mu + G\sigma$ و $\mu - G\sigma$ رسم می‌شوند که در آنها ضریب G با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آید.

۶-۴-۴-۴ حدود کنترل نمودار مقادیر انفرادی

خط مرکزی نمودار مقادیر انفرادی در μ رسم‌شده و LCL و UCL به ترتیب در $\mu + 3\sigma$ و $\mu - 3\sigma$ رسم می‌شوند.

۶-۵ چند راهنمایی عملی برای رسم نمودارهای کنترل

۶-۵-۱ نمودارهای کنترل معمولا بر روی یک فرم مناسب و یا کاغذ شطرنجی و یا کاغذ میلی‌متری رسم می‌شوند. محور افقی نشان‌دهنده شماره زیرگروه (تا حد امکان به‌وسیله تاریخ و شماره زیرگروه مشخص می‌شود) بوده و مقادیر شاخص‌های آماری انتخاب‌شده از قبیل میانگین، میانه، دامنه تغییرات و غیره بر روی محور عمودی نشان داده می‌شوند. معمولا استفاده از کاغذ میلی‌متری که شماره زیرگروه‌ها بر روی محور افقی در فاصله‌های حداقل ۰/۵ سانتیمتری از یکدیگر قرار گیرند برای این منظور مناسب است. هنگامی‌که نمودارها برای تمایل مرکزی (میانگین، میانه یا نیم‌دامنه تغییرات) و برای پراکندگی (انحراف معیار یا دامنه‌تغییرات) به‌طور همزمان ساخته شوند در این حالت بر روی یک کاغذ میلی‌متری نمودار برای تمایل مرکزی در بالا و نمودار پراکندگی در زیر آن به‌طوری‌که هر دو نمودار دارای محور افقی یکسان باشند قرار داده می‌شوند.

دقت کاملی به منظور یکسانی دقیق محور افقی برای هر دو نمودار باید به عمل آید. بنابراین برای هر زیرگروه باید دو نقطه تعیین و بر روی نمودارهای کنترل مربوط به خود وارد گردند، به‌طوری‌که هر دو نقطه مربوطه به هر زیرگروه بر روی یک خط عمودی قرار داشته باشند.

۶-۵-۲ نمونه‌ای از فرم متداول برای جمع آوری داده‌ها در پیوست ب ذکر شده است.

۷ نگهداری نمودارهای کنترل

۷-۱ استفاده از نمودار کنترل در حین تولید

۷-۱-۱ نمودارهای کنترل باید در یک محل مناسب و مشخص قرار داده شوند به‌طوری‌که به سادگی به‌وسیله افراد ذی‌ربط از قبیل مهندس کنترل کیفیت، بازرس ارشد، مدیر، سر کارگر و متصدی قابل مشاهده باشد.

۷-۱-۲ پس از انتخاب نمونه، نقاط به‌دست آمده بر روی نمودار کنترل بایستی بدون تأخیر رسم شوند.

۷-۱-۳ هنگامی‌که یک نقطه خارج از حدود کنترل قرار گیرد باید اقدام لازمی که از قبل تعیین شده است انجام شود. در این مورد ممکن است دو نوع اقدام انجام گیرد:

یکی اقدام در مورد بهر[1] محصول و دیگری اقدام در مورد فرایند تولید. در صورتی‌که اقدام مربوط به بهر محصولات باشد، در این حالت ممکن است بررسی نمونه‌های بیشتری از بهر به منظور تعیین پذیرفتن یا رد کردن آن لازم باشد. در صورتی‌که اقدام مربوط به فرایند تولید باشد، این حالت شامل رسیدگی به مناسب بودن مواد اولیه، صحت روش آزمون و غیره است به‌طوری‌که به‌دین وسیله بتوان علت فقدان کنترل را تعیین نموده و در صورت امکان اقدام اصلاحی لازم را به منظور جلوگیری از وقوع مجدد آن سریعاً به عمل آورد.

۷-۱-۴ بعد از آنکه علل به وجود آورنده مشکل تعیین و سپس حذف شد، حدود کنترل باید به‌طور متناوب بازنگری و اصلاح شوند. برای این منظور باید یک برنامه معین تهیه شود و سپس به عنوان برنامه مستمر بطور یکسان دنبال گردد. برای مثال هر ۵۰ یا ۱۰۰ نقطه، هر ماه و غیره، با توجه به دفعات نمونه‌گیری و چگونگی میزان کنترل نشان داده شده به‌وسیله نمودار کنترل. هنگام بازنگری حدود کنترل باید توجه شود تاآنجا که ممکن است حدود کنترل جدید عریض‌تر[2] از حدود کنترل به‌دست آمده در قبل نباشند، زیرا بر روی کنترل تولید بهتری که قبلا به‌دست آمده اثر خواهند گذاشت.

۷-۱-۵ توضیحات مختصری همچنین بر روی نمودار کنترل در مورد علل اشکالات پیدا شده در مراحل تولید و یا روش‌های بازرسی و اقدام اصلاحی که به عمل آمده باید ذکر شود. در حقیقت این کار به منظورثبت اتفاق افتاده در ورودی‌ها مناسب می‌باشد و می‌تواند در تعیین علت‌های قابل تشخیص به‌منظور انجام اقدامات اصلاحی مفید باشد. نمودارهای کنترل تکمیل‌شده باید به عنوان گزارش در مورد کیفیت محصول بایگانی شوند.

۷-۲ شناسایی علت‌های قابل‌تشخیص

۷-۲-۱ از آن‌جا که هدف اصلی نمودار کنترل، شناسایی وجود الگوی غیر طبیعی در فرایند ساخت بوده که باید نسبت به بر طرف نمودن آن اقدام شود، بنابراین لازم است مشخصات یک الگوی طبیعی نقاط در نمودار کنترل کیفیت را به‌شرح زیر مورد توجه قرار داد:

الف ــ اکثر نقاط به خط مرکزی نزدیک می‌باشند.

ب ــ تعداد کمی از نقاط پراکنده شده و به حدود کنترل نزدیک می‌باشند.

پ ــ هیچیک از نقاط (یا حداقل تعداد معدودی و به‌طور اتفاقی) خارج از حدود کنترل قرارنمی‌گیرند.

۷-۲-۲ انواع مختلفی از الگوهای غیرطبیعی نیز وجود دارند که می‌توان در نمودارهای کنترل به آنها پی برد. سهولت و سرعتی که یک متصدی قادر است به هر نوع الگوی غیر طبیعی پی ببرد به تجربه او و در استفاده از نمودارهای کنترل و همچنین دانش فنی او درباره مراحل تولید بستگی دارد. به‌هر حال در زیر بعضی از الگوهای غیرطبیعی که معمولا بیشتر رخ می‌دهند شرح داده می‌شود.

الف ــ ناپایداری[3] ـ وجود نقاطی خارج از حدود کنترل

1- lot
2- Wider
3-Instability

ب ــ طبقه‌بندی[1] ـ تغییرات بالا و پائین نقاط در مقایسه با پهنای حدود کنترل بسیار کم است و همچنین نقاطی در نزدیکی حدود کنترل وجود ندارد.

پ ــ آشفتگی[2] ـ گرایش نقاط به دور بودن از خط مرکزی و پخش اکثر نقاط در نزدیکی حدهای کنترل.

ت ــ سیستم نظام‌مند یا دوره‌ای[3] ـ یک مجموعه‌ای از نقاط که مرتباً بالا و پایین رفته بدون آنکه در این ترتیب قرار گرفتن نقاط وقفه‌ای ایجاد شود.

ث ــ روند[4] ـ یک مجموعه نقاط متوالی (هفت) بدون آنکه تغییری در جهت آنها به وجود آید.

۷-۲-۳ الگوهای غیرطبیعی که در بالا اشاره شد ممکن است در صورت فقدان کنترل در هر یک از موارد زیر مشاهده شود:

الف- فقدان کنترل فقط در نمودار میانگین (یا میانه یا نیم دامنه تغییرات)؛

ب – فقدان کنترل فقط در نمودار دامنه تغییرات (یا انحراف معیار)؛

پ - فقدان کنترل در هر دو نمودار میانگین و دامنه تغییرات.

۷-۲-۳-۱ فقدان کنترل فقط در نمودار میانگین

نوع متداول فقدان کنترل مشاهده‌شده در مراحل تولید می‌باشد که در آن تغییر در میانگین فرایند تولید همراه با تغییرات کم یا بدون هیچ تغییری در پراکندگی مراحل تولید است. در چنین حالت‌هایی نمودار کنترل دارای ارزش بسیار زیادی برای تنظیم‌کننده ماشین می‌باشد زیرا به کمک آن می‌تواند تنظیم دقیق ماشین را به منظور تولید با توجه به میانگین مورد نظر انجام دهد. این نوع فقدان کنترل بر روی نمودار میانگین مشاهده می‌شود. نمودار دامنه تغییرات حالت کنترل از خود نشان می‌دهد مگر آنکه تغییرات در میانگین مراحل تولید در بین اقلام یک زیرگروه به وجود آمده باشد. از آن‌جا که حدود نمودار کنترل به اندازه کافی دورتر از خط مرکزی قرار داده می‌شوند، امکان خارج شدن نقاط از حدود کنترل بدون یک تغییر قابل ملاحظه در مراحل تولید بسیار کم است، تغییرات کوچک در میانگین فرایند که برای آن نمودار کنترل تهیه شده است باعث خارج شدن تعداد زیادی از نقاط از حدود کنترل نمی‌شود. دلایل کافی برای مشکوک شدن نسبت به تغییرمیانگین فرایند وجود دارد اگر:

الف - ۷ نقطه متوالی بر روی نمودار کنترل در یک سمت خط مرکزی قرار گیرد؛

ب - ۱۰ نقطه از ۱۱ نقطه متوالی در یک سمت خط مرکزی قرار گیرد؛

پ - ۱۲ نقطه از ۱۴ نقطه متوالی در یک سمت خط مرکزی قرار گیرد؛

ت - ۱۴ نقطه از ۱۷نقطه متوالی در یک سمت خط مرکزی قرار گیرد؛

1- Stratification
2- Mixture
3- Cyclic or systematic system
4- Trend

ث - ۱۶ نقطه از ۲۰ نقطه متوالی در یک سمت خط مرکزی قرار گیرد.

۷-۲-۳-۲ فقدان کنترل فقط در نمودار پراکندگی

تغییر پذیری ذاتی یک فرایند تولید ممکن است از زمانی به زمان دیگر فرق کند، حتی اگر هیچگونه تغییری در میانگین فرایند به وجود نیاید. در هر فرایند تولید که در آن مهارت و دقت کارور عامل مهمی باشد، علت متداول برای افزایش تغییرات به جابجائی یک کارور با کارور دیگرکه دارای مهارت و دقت کمتری است مربوط می‌گردد. در حقیقت مهارت و دقت یک کارور نیز ممکن است از یک روز به روز دیگر یا ساعت به ساعت دیگر تغییر نماید. وجود جهش‌هایی از نقاط به بالای خط مرکزی نمودار دامنه تغییرات نشانه مشخصی برای نشان دادن فقدان کنترل در تغییرپذیری فرایند است. به‌طور کلی، تغییرپذیری در پراکندگی یک فرایند تولید به‌ویژه در فرایندهایی که کارور در آن اهمیت بالایی دارد، دیده می‌شود. بنابراین برای بهبود این نوع فرایندهای تولیدی اولین قدم آن است که پراکندگی آنها تحت کنترل آماری قرار گیرد. مقدار میانگین دامنه تغییرات ($\overline{R}$) مورد استفاده برای محاسبه حدود کنترل بایستی در فاصله‌های زمانی معین مورد تجدید نظر قرار گیرد زیرا این مقدار در محاسبه حدود کنترل هم برای شاخص تمایل مرکزی و هم برای شاخص پراکندگی تأثیر مستقیمی دارد.

۷-۲-۳-۳ تغییرات هم در پراکندگی و هم در میانگین فرایند

هنگامی‌که هم پراکندگی فرایند تولید و هم میانگین فرایند تولید تغییر نماید در این صورت آشکار است که فقدان کنترل هم بر روی نمودار دامنه تغییرات و هم بر روی نمودار میانگین مشاهده می‌شود. این حالت معمولا در اولین مراحل استفاده از نمودار کنترل برای متغییرها به‌منظور تجزیه‌وتحلیل عملیات ساخت محصول مشاهده می‌شود. در حالتی که چندین علت قابل تشخیص برای تغییرات وجود داشته باشد، حذف بعضی از آنها باعث می‌شود که تعدادی از نقاط خارج از کنترل حذف شوند ولی باعث حذف تمام آنها نخواهد شد. در چنین شرایطی ادامه وجود بعضی نقاط خارج از کنترل نباید باعث ناامیدی شود. از طرف دیگر نمودار کنترل باید به عنوان یک شاهد برای نشان دادن آنکه بهبودی بیشتر امکان‌پذیر است و همچنین به عنوان یک عامل محرک برای از بین بردن منابع مشکل، مورد توجه قرار گیرد. این موضوع از اهمیت خاصی برخوردار است که بررسی شود آیا ممکن است خطای اندازه‌گیری در مقادیر به‌دست آمده از اندازه‌گیری‌ها باعث بروز علت قابل تشخیص در تغییرات شود. برای اینکه یک اشتباه در تنظیم وسیله اندازه‌گیری می‌تواند باعث تغییرات ناگهانی در میانگین فرایند تولید شود. خطاهای مداوم در تنظیم وسیله اندازه‌گیری ممکن است باعث به وجود آمدن تغییرات نامنظم در میانگین شود. بعضی از انواع فرسودگی وسیله اندازه‌گیری ممکن است باعث افزایش پراکندگی در فرایند تولید شده و انواع دیگر از فرسودگی ممکن است باعث افزایش تغییرات در میانگین‌ها شود.

۸ حدود کنترل و حدود مشخصات فنی

از آن‌جایی‌که اکثر نمودارهای کنترل مانند نمودار کنترل میانگین و نمودار کنترل دامنه تغییرات در عملیات تولیدی برای کشف علت‌های قابل‌تشخیص مورد استفاده قرار می‌گیرند، وجود حدود مشخصات فنی در کنار آنها عاملی است که ایجاد ابهام می‌کند. البته نباید تصور کرد که حدود کنترل نمودار میانگین با حدود مشخصات

فنی یکسان است. نمودارهای کنترل می‌توانند اولا فرایند را سازگار با قابلیت آن کنترل نمایند. در حقیقت حدود مشخصات فنی معمولا برای مقادیر انفرادی به‌کار برده می‌شود در صورتی‌که حدود کنترل نمودار میانگین برای توزیع میانگین به‌کار می‌رود. به همین دلیل توصیه می‌شود که حدود مشخصات فنی بر روی نمودار میانگین رسم نشود. به‌هر حال نباید استنباط کرد که حدود کنترل و حدود مشخصات فنی با یکدیگر هیچ ارتباطی ندارند.

یادآوری- فقط در مورد نمودارهای کنترل برای مقادیر انفرادی (به بند ۶-۳-۳ و ۶-۴-۴-۴ رجوع شود) حدود مشخصات فنی ممکن است به منظور مقایسه بر روی نمودار نشان داده شوند.

۹ برآورد قابلیت فرایند

از یک فرایند تولید که برای مدت زمان نسبتاً طولانی تحت کنترل آماری قرار داشته باشد، می‌توان یک بر آورد مناسب برای قابلیت فرایند با استفاده از نمودار کنترل پراکندگی (نمودار انحراف معیار یا نمودار دامنه تغییرات) به‌دست آورد. در صورتی‌که از نمودار انحراف معیار استفاده شده باشد، قابلیت فرایند تولید را می‌توان با استفاده از رابطه $6\bar{s}/c_2$ تعیین نمودکه مقدار c_2 با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست آورد.

در صورتی‌که از نمودار دامنه تغییرات استفاده شده باشد این برآورد با استفاده از رابطه $6\bar{R}/d_2$ تعیین می‌شود

که مقدار d_2 با توجه به حجم نمونه از پیوست الف به‌دست می‌آید و چنان‌چه انحراف معیار مراحل تولید(σ) از قبل معلوم باشد در این حالت قابلیت فرایند تولید با استفاده از رابطه 6σ برآورد می‌شود. به عبارت دیگر برآورد قابلیت فرایند، حد بالایی (حداکثر)[1] تغییراتی است که می‌تواند در تمام اقلام حاصل از یک فرایند تولید مشاهده شود، البته مادامی‌که فرایند تولید تحت کنترل آماری قرار داشته باشد. برای جزئیات بیشتر در خصوص برآورد قابلیت فرایند به استاندارد IS 10645 مراجعه کنید.

۱۰ تعیین حدود مشخصات فنی و به‌دست آوردن حدود کنترل اصلاح‌شده

۱۰-۱ در یک وضعیت واقعی هنگامی‌که حدود مشخصات فنی پس از مطالعه کامل مراحل تولید رسم می‌شوند، اختلاف بین حد بالایی (U) و حد پایینی (L) مشخصات فنی نباید بی‌جهت از قابلیت فرایند تولید که طبق بند ۹ به‌دست می‌آید تفاوت داشته باشد. ولی در بسیاری از مواقع، حدود مشخصات فنی در آغاز تولید اقلام بر اساس ملاحظات فنی، مهندسی و عملی تعیین می‌شود. در چنین حالت‌هایی پس از آن‌که تولید شروع شد و مراحل تولید بررسی گردید و ملاحظه شد که مراحل تولید تحت کنترل آماری است، یکی از شرایط سه‌گانه زیر ممکن است رخ دهد.

اختلاف رواداری میان حد بالایی و حد پایینی مشخصات فنی:

الف - کوچکتر از برآورد قابلیت فرایند باشد؛

ب - تقریبا برابر با برآورد قابلیت فرایند باشد؛

1- Upper Limit

پ – بزرگتر از برآورد قابلیت فرایند باشد.
اقدامات محتملی که در هر یک از ۳ حالت فوق انجام می‌پذیرد در استاندارد IS 10645 ذکر شده است.

۲-۱۰ هنگامی‌که اختلاف میان حد بالایی و حد پایینی مشخصات فنی (U ـ L) بزرگتر از برآورد قابلیت فرایند تولید باشد، یکی از اقدامات مذکور در استاندارد IS 10645 ، استفاده از نمودار کنترل اصلاح‌شده می‌باشد.

۳-۱۰ هنگامی‌که اختلاف میان حد بالایی و حد پایینی مشخصات فنی (U ـ L) به‌طور قابل ملاحظه‌ای بزرگتر از قابلیت فرایند تولید باشد، حدود کنترل را می‌توان ب‌طور مناسبی اصلاح کرد بطوری‌که تولید بتواند تحت حدود مشخصات فنی از قبل تعیین‌شده قرار گیرد. پذیرفتن حدود کنترل اصلاح‌شده دارای مزایای اقتصادی زیادی است زیرا با تغییر مختصری در میانگین فرایند تولید از توقف غیرضروری مراحل تولید به منظور جستجوی اشکال اجتناب می‌شود و این هنگامی است که تغییرات در میانگین فرایند تولید به آن اندازه‌ای نیست که باعث تولید محصولات معیوب شود. بنابراین نمودارهای کنترل اصلاح‌شده در به‌کارگیری ماشین‌ها در کوتاه‌مدت در صورتی مفید هستند که بتوان قابلیت فرایند تولید را از تولید قبلی تعیین نمود. هر چقدر که اختلاف میان حد بالایی و حد پایینی مشخصات فنی (U ـ L) بیشتر از قابلیت فرایند تولید باشد، دامنه‌مجاز[1] وسیع‌تری برای تنظیم ماشین می‌توان در نظر گرفت. استفاده از حدود کنترل اصلاح‌شده ممکن است مشکل تنظیم نمودن ماشین‌هایی را که برای استفاده‌های عملی به اندازه کافی خوب هستند، ساده نماید. حدود کنترل اصلاح‌شده همچنین هنگامی می‌تواند مفید واقع شود که فرآیند تولید در معرض فرسایش ابزار قرار گیرد از آن‌جا که گسترش طبیعی فرایند تولید در هر نقطه از زمان خیلی کمتر از گسترش آن در طول عمر ابزار است.

۴-۱۰ نمودار کنترل اصلاح‌شده در مواقعی که اجزاء برای مونتاژ یا عملیات به پایان رساندن نهایی به کار می‌رود و یا برای ترخیص کالا از گمرک دارای اهمیت است، مناسب نمی‌باشد. به‌هر حال باید توجه نمود که حدود کنترل اصلاح‌شده تا هنگامی‌که برآورد قابلیت فرآیند تولید ثابت باقی می‌ماند، قابل استفاده است. به عبارت دیگر پراکندگی فرایند تولید باید تحت کنترل آماری قرار داشته باشد. هنگامی‌که پراکندگی فرایند تولید دارای بی نظمی است، استفاده از حدود کنترل اصلاح‌شده مناسب نمی‌باشد. به‌دین دلیل یک نمودار دامنه تغییرات (یا انحراف معیار) بایستی در کنار هر نمودار میانگین دارای حدود کنترل اصلاح‌شده قرار داشته باشد.

۵-۱۰ هنگام استفاده از نمودارهای کنترل اصلاح‌شده، حدود کنترل بالایی و پایینی در بین حدود مشخصات فنی بالایی و پایینی قرار داده می‌شوند، به‌طوری‌که حدود کنترل به یک فاصله از حدود مشخصات فنی به ترتیب زیر قرار می‌گیرند:

$$\mathrm{LCL} = L + V_1\sigma \qquad \text{و} \qquad \mathrm{UCL} = U - V_1\sigma$$

1- Permissible Latitude

که در آن مقدار ضریب V_1 عاملی است که متناسب با حجم نمونه از پیوست ج به‌دست می‌آید. در صورتی‌که نمودارهای کنترل بعد از محاسبه میانگین دامنه تغییرات ($\bar{R}$) مورد استفاده قرار می‌گیرند، در این حالت حدود کنترل بالایی و پایینی اصلاح‌شده به ترتیب زیر به‌دست می‌آیند:

$$\mathrm{LCL} = L + V_2\bar{R} \qquad \text{و} \qquad \mathrm{UCL} = U - V_2\bar{R}$$

که در آن مقدار ضریب V_2 متناسب با حجم نمونه از پیوست (پ) به‌دست می‌آید. خط مرکزی برای هر دو حالت فوق در نقطه $U + L/2$ رسم می‌شود.

۱۱ مثال‌های عملی

۱۱-۱ مثال برای ساختن نمودارهای کنترل میانگین و دامنه تغییرات

۱۱-۱-۱ در یک کارخانه سازنده پودرضدعفونی کننده که فرایند تولید آن پیوسته است متوسط تولید روزانه برابر با ۲۵ تن (در یک شیفت هشت ساعته) است. محصول تولیدی در کیسه‌های ۵۰ کیلوگرمی بسته‌بندی شده و در نتیجه در هر روز ۵۰۰ کیسه برای حمل آماده می‌شود. از آن‌جایی‌که مقدار درصد وزنی ماده ضدعفونی‌کننده یک مشخصه مهم است که باید کنترل شود، بنابراین برای این منظور از نمودارهای کنترل مناسب (میانگین و دامنه تغییرات) استفاده شده است.

۱۱-۱-۲ پنج کیسه متوالی پرشده در انتهای خط تولید به عنوان یک حجم نمونه با مناسب در نظر گرفته شده و همچنین بر اساس ملاحظات عملی و تجربی، انتخاب نمونه در فاصله هر دو ساعت یکبار برای کنترل مورد نظر کافی می‌باشد. بعد از دقت‌های لازم در مورد یکنواختی مواد اولیه، مخلوط نمودن، تعمیر و نگهداری ماشین و غیره، داده‌های مقدماتی داده شده در جدول شماره (۲) در مدت یک هفته جمع آوری گردیده که در شکل شماره (۱) نشان داده شده است.

۱۱-۱-۳ برای ساختن نمودارهای کنترل، در مرحله اول دامنه تغییرات به ترتیب زیر همگن می‌شود:

۱۱-۱-۳-۱ برای ۲۵ دامنه تغییر (به ستون ۱۱ از جدول ۲ رجوع شود) میانگین دامنه تغییرات از با استفاده از رابطه $\bar{R} = 8.58/25 = 0.34$ به‌دست می‌آید.

۱۱-۱-۳-۲ حد بالایی کنترل (UCL) برای نمودار دامنه تغییرات با استفاده از رابطه $D_4\ \bar{R} = 2.115 \times 0.34 = 0.72$ محاسبه می‌شود. مقدار D_4 از پیوست الف برای حجم نمونه پنج به‌دست آمده است. پس از مطابقت تمام R ها با این مقدار، مشاهده شد که دامنه تغییر زیرگروه شماره ۱۱ خارج از حد بالایی کنترل قرار گرفته و در نتیجه این زیرگروه حذف می‌شود.

۱۱-۱-۳-۳ میانگین دامنه تغییرات برای ۲۴ زیرگروه باقیمانده با استفاده از رابطه$\bar{R} = 7.84/24 = 0.33$ محاسبه و حد بالایی کنترل با استفاده از رابطه $D_4\ \bar{R} = 2.115 \times 0.33 = 0.70$ محاسبه می‌شود. دامنه

تغییر مربوط به زیرگروه شماره ۹ خارج از حد بالایی کنترل قرار گرفته و در نتیجه این زیرگروه نیز حذف می‌شود.

۱۱-۱-۳-۴ میانگین دامنه تغییرات برای ۲۳ نمونه باقیمانده با استفاده از رابطه$\bar{R} = {}^{7.13}/_{23} = 0.31$ محاسبه و حد بالایی کنترل با استفاده از رابطه $D_4\ \bar{R} = 2.115 \times 0.31 = 0.65$ محاسبه می‌شود. در این مرحله پس از مطابقت، مشاهده می‌گردد که کلیه دامنه‌های تغییرات باقیمانده در زیر حد بالایی کنترل قرار گرفته و در نتیجه داده‌ها را همگن شده منظور داشته و میانگین دامنه تغییرات برای رسم حدود کنترل برابر با $\bar{R} = 0.31$ در نظر گرفته شده است. حد کنترل پایینی برای نمودار دامنه تغییرات $D_3\bar{R} = 0$ محاسبه می‌شود که مقدار D_3 برای حجم نمونه ۳، صفر می‌باشد.

۱۱-۱-۴ برای ۲۳ نمونه باقیمانده که به‌طریق فوق با توجه به دامنه تغییرات همگن گردیده، میانگین میانگین‌ها یا میانگین $\bar{\bar{X}} = 10.05$ و $A_2\bar{R} = 0.58 \times 0.31 = 0.18$ محاسبه می‌شوند. مقدار ضریب A_2=0.58 برای حجم نمونه ۵ از پیوست الف به‌دست آمده است. حدود کنترل نمودار میانگین با استفاده از رابطه $\bar{X} \pm A_2\bar{R}$ مقادیر ۱۰/۲۳ و ۹/۸۷ به‌دست می‌آید. همان‌طور که مشاهده می‌شود میانگین زیرگروه‌های شماره ۳، ۵، ۶ و ۷ خارج از حدود کنترل نمودار میانگین قرار گرفته‌اند. این موضوع را می‌توان به این صورت توضیح داد که رفتار غیرعادی در مقداری از ماده ضدعفونی‌کننده وقتی که برنامه‌ای برای رسم نمودارهای کنترل به‌وسیله جمع‌آوری نمونه‌های مناسب وجود دارد، دیده شده است. بنابراین این چهار زیرگروه حذف شده و میانگین کل جدید $\bar{\bar{X}} = 10.05$ محاسبه می‌شود و مقادیر حدود کنترل ۱۰/۲۲ و ۹/۸۶ به‌دست می‌آید. در این مرحله کلیه مقادیر مربوط به ۱۹ زیرگروه باقیمانده با حدود کنترل جدید مقایسه‌شده و مشاهده می‌گردد که کلیه نقاط در بین این حدود قرار گرفته و این حدود برای رسم نمودار میانگین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یادآوری- حذف چهار زیرگروه مربوطه به نقاط خارج شده از حدود کنترل نمودار کنترل میانگین باعث کم شدن مرکزیت فرایند تولید شده و این امر به‌وسیله کاهش میانگین کل از ۱۰/۰۵ به ۱۰/۰۴ انجام گرفته است.

۱۱-۱-۵ پس از رسم نمودارهای کنترل میانگین و دامنه تغییرات، داده‌ها به‌طور منظم به صورت نقطه بر روی این دو نمودار در فاصله زمانی دو ساعته و بر طبق تاریخ وارد شده است. مجموعه‌ای از این داده ها در جدول شماره ۳ ثبت شده و بر روی نمودارهای شکل شماره ۲ به صورت نقطه نشان داده شده‌اند. همان‌طور که در نمودار میانگین شکل شماره ۲ مشاهده می‌شود نقطه مربوطه به زیرگروه شماره ۳ در زیر حد پایینی کنترل قرار گرفته که نشان دهنده امکان وجود یک علت قابل‌تشخیص است و باید مورد بررسی قرار گیرد. پس از مشاهده این نقطه، مسئول واحد تولید یک بررسی کامل انجام داده و به این امر پی برد که علت پایین بودن میانگین مقدار ماده مؤثر، ناشی از عدم تنظیم ترازوی به‌کار رفته برای توزین قبل از مخلوط نمودن مواد بوده است. در این مورد اصلاح لازم به عمل آمده و بعد از آن فرایند تولید تحت کنترل قرار گرفته است.

۱۱-۲ مثال برای ساختن نمودارهای کنترل اصلاح‌شده

۱۱-۲-۱ در مثال ذکرشده در بند ۱۱-۱ اگر چنان‌چه قرار باشد که کارخانه تولیدی، پودر ضدعفونی‌کننده را با مقدار اسمی ٪۱۰ با رواداری ٪ ۵- تا ٪۱۰+ تولید نماید، حد بالایی مشخصات فنی برای مقدار ماده ضدعفونی‌کننده برابر با ٪۱۱ و حد پایینی برابر ٪۹٫۵۰ می‌باشد. چنان‌چه فرایند تولید به‌وسیله حدود به‌دست آمده در بند ۱۱-۱ کنترل شود، بنابراین میانگین دامنه تغییرات کلی برای تمام مدت از رابطه $\bar{R} = {15.89}/{43} = 0.37$ به‌دست می‌آید، در نتیجه برآورد قابلیت فرایند تولید را می‌توان از رابطه $6\bar{R}/d_2$ = 0.95 به‌دست آورد. همان‌طور که مشاهده می‌شود این برآورد قابلیت فرایند تولید بسیار کوچک‌تر از اختلاف بین حد بالایی و حد پایینی مشخصات فنی U-L =1.5% می‌باشد. بنابراین کارخانه تصمیم گرفت از نمودار کنترل اصلاح‌شده برای میانگین‌ها استفاده نماید. خط مرکزی و حدود بالایی و پایینی کنترل برای نمودار کنترل تعدیل شده به ترتیب زیر محاسبه می‌شوند:

$$\mathrm{UCL} = U - V_2\bar{R} = 11.0 - 0.713 \times 0.73 = 11.00 - 0.26 = 10.74$$

$$\mathrm{LCL} = L + V_2\bar{R} = 9.50 + 0.713 \times 0.37 = 9.50 + 0.26 = 9.76$$

۱۱-۲-۲ بنابراین حدود کنترل جدید برای میانگین برابر با ٪۹/۷۶ تا ٪۱۰/۷۴ خواهد بود در حالی‌که حدود کنترل قبلی برابر با ٪۹٫۸۶ تا ٪۱۰٫۲۲بوده‌اند. این دامنه تغییرات بازتر (عریض‌تر) برای نمودار کنترل میانگین باعث می‌شود بدون نگرانی از تغییرات مجاز در مقادیر میانگین فرایند تولید، کارخانه پودری با مشخصات فنی تعیین‌شده تولید نماید و این امر منجر به تولید اقتصادی می‌شود.

۱۱-۳ مثال در مورد ساختن نمودار کنترل مقادیر انفرادی

۱۱-۳-۱ در یک کارخانه، محصول روغن تربانتین درجه یک طی فرایند بچ به بچ تولید می‌شود. یکی از مشخصه های مهم که باید تحت کنترل قرار گیرد وزن مخصوص است ولی به دلیل محدودیت‌های آزمایشی فقط یک نمونه مرکب[1](به‌دست آمده از قسمت‌های مختلف در یک بچ) از هر بچ می‌تواند مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گیرد. بنابراین تصمیم گرفته شد برای این منظور از نمودار کنترل مقادیر انفرادی استفاده شود.

۱۱-۳-۲ داده‌های مقدماتی جمع‌آوری‌شده از فرایند تولید شامل تولیدات مربوط به ۲۲ بچ مختلف بوده که در جدول شماره (۴) نشان داده شده است. از ۲۲ نتیجه به‌دست آمده برای ۲۲ بچ، دامنه تغییرات متحرک برای هر دو نمونه متوالی محاسبه گردیده و در نتیجه ۲۱دامنه تغییر متحرک از نتایج ۲۲ بچ بدست آمده حاصل می‌شود. میانگین دامنه‌های تغییرات متحرک ($\bar{R}$) با استفاده از رابطه $\bar{R} = {15.89}/{43} = 0.003$ به‌دست می‌آید. برای همگن ساختن دامنه‌های تغییرات متحرک حد بالایی کنترل برای نمودار کنترل با استفاده از رابطه $D_4\,\bar{R} = 3.267 \times 0.003 = 0.0098$ به‌دست آورده می‌شود. از آن‌جایی‌که پس از مطابقت، کلیه مقادیر دامنه‌های تغییرات متحرک کمتر از این حد بالایی کنترل می‌باشند لذا داده‌ها را همگن‌شده منظور داشته و مقدار

1-Composite sample

$\bar{R} = 0.003$ برای ساختن نمودار کنترل مقادیر انفرادی مورد استفاده قرار گرفته است UCL و LCL برای نمودار مقادیر انفرادی با استفاده از رابطه $\bar{X} \pm 2.60\bar{R} = 0.867 \pm 0.008$ مقدار ۰/۸۵۱ تا ۰/۸۶۷ به‌دست می‌آید. نقاط مربوط به مقادیر انفرادی حاصل از تجزیه‌وتحلیل نمونه‌های مرکب برای هر بچ بر روی نمودار کنترل شکل شماره (۳) رسم شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌گردد کلیه نقاط در بین حدود کنترل قرار گرفته است. این موضوع به خوبی نشان می‌دهد که فرایند تولید تحت کنترل آماری قرار داشته است.

۱۱-۳-۳ حدود مشخصات فنی در نظر گرفته شده برای وزن مخصوص روغن تربانتین (درجه۱) برابر با ۰/۸۵۲ تا ۰/۸۶۲ می‌باشد. بر خلاف حالت نمودار میانگین که نشان دادن حدود مشخصات فنی بر روی آن مورد توجه نمی‌باشد، در حالت نمودار مقادیر انفرادی، رسم حدود مشخصات فنی همراه با حدود کنترل بر روی نمودار به منظور تعیین چگونگی تغییرات فرایند تولید با توجه به حدود مشخصات فنی بسیار مفید می‌باشد. در نتیجه حدود مشخصات فنی بر روی نمودار کنترل برای مقادیر انفرادی رسم شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود حد پایینی مشخصات فنی درست در بالای حد پایینی کنترل قرار گرفته در صورتی‌که حد بالایی مشخصات فنی پایین‌تر از حد بالایی کنترل قرار گرفته است. در نتیجه سه نقطه از ۲۲ نقطه در خارج از حد بالایی مشخصات فنی قرار می‌گیرد، هر چند که هنوز در بین حدود کنترل قرار دارند. برآورد قابلیت فرایند تولید را می‌توان با استفاده از رابطه $6\bar{R}/d_2 = 0.016$ به‌دست آورد. این مقدار اندکی بزرگتر از مقدار حاصل از اختلاف میان حد بالایی و حد پایینی مشخصات فنی (U ـ L) که برابر با ۰/۰۱۰ است، می‌باشد. بنابراین توصیه می‌گردد نسبت به کاهش تغییرات فرایند تولید یا تجدیدنظر در حدود مشخصات فنی اقدام شود.

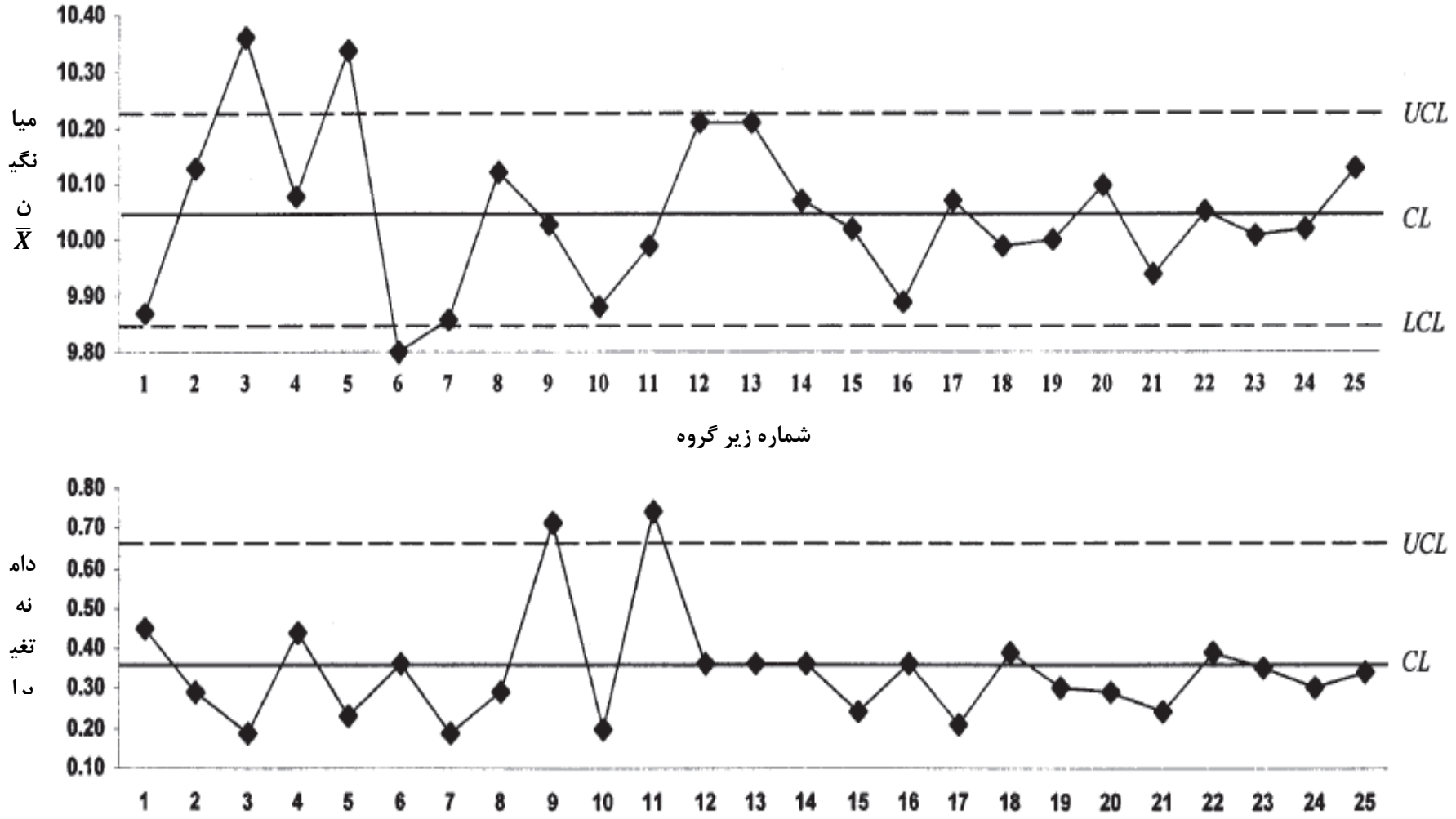
جدول ۲- برگه ثبت داده نمودار کنترل (داده‌های مقدماتی)

(بندهای ۱۱-۱-۲ و ۱۱-۱-۳-۱)

محصول:	پودر ضدعفونی‌کننده	**شماره بخش تولید:**	
مشخصه کیفی:	درصد وزنی ماده ضدعفونی‌کننده	**تولید روزنه:**	۲۵ تن
واحد اندازه گیری:	وزن بر حسب درصد	**حجم نمونه:**	۵ کیسه (قلم)
مقدار اسمی:	۱۰ درصد	**دفعات نمونه‌گیری:**	هر دو ساعت یک‌بار
رواداری تعیین شده:	-۵ تا +۱۰ درصد مقدار اسمی	**بازرس:**	

شماره زیرگروه	تاریخ	زمان (ساعت)	مقادیر اندازه‌گیری‌شده (درصد ماده ضدعفونی‌کننده در کیسه نمونه)					مجموع	میانگین	دامنه تغییرات
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)	(۱۱)
۱	۱ ۵/ **	۸/۳۰	۹/۹۹	۹/۶	۹/۸	۱۰/۰۵	۹/۹۱	۴۹/۳۵	۹/۸۷	۰/۴۵
۲	۱ ۵/ **	۱۰/۳۰	۱۰	۱۰/۲۹	۱۰/۱۴	۱۰/۰۷	۱۰/۱۴	۵۰/۶۴	۱۰/۱۳	۰/۲۹
۳	۱ ۵/ **	۱۲/۳۰	۱۰/۳۴	۱۰/۴۳	۱۰/۲۴	۱۰/۴۳	۱۰/۳۴	۵۱/۷۸	۱۰/۳۶	۰/۱۹
۴	۱ ۵/ **	۱۴/۳۰	۹/۸	۱۰/۱۴	۱۰/۲۴	۹/۹۹	۱۰/۲۴	۵۰/۴۱	۱۰/۰۸	۰/۴۴
۵	۲ ۵/ **	۸/۳۰	۱۰/۲۷	۱۰/۲۱	۱۰/۴۴	۱۰/۳۹	۱۰/۳۹	۵۱/۷	۱۰/۳۴	۰/۲۳
۶	۲ ۵/ **	۱۰/۳۰	۹/۶۳	۹/۷۵	۹/۹۹	۹/۸۷	۹/۷۵	۴۸/۹۹	۹/۸	۰/۳۶
۷	۲ ۵/ **	۱۲/۳۰	۹/۸۶	۹/۷۷	۹/۷۷	۹/۹۶	۹/۹۶	۴۹/۳۲	۹/۸۶	۰/۱۹
۸	۲ ۵/ **	۱۴/۳۰	۹/۹۷	۱۰/۱۶	۱۰/۱۶	۱۰/۰۷	۱۰/۲۶	۵۰/۶۲	۱۰/۱۲	۰/۲۹
۹	۳ ۵/ **	۸/۳۰	۹/۸۸	۱۰/۳۹	۹/۶۸	۱۰/۱۴	۱۰/۰۵	۵۰/۱۴	۱۰/۰۳	۰/۷۱
۱۰	۳ ۵/ **	۱۰/۳۰	۹/۸۸	۹/۷۸	۹/۷۸	۹/۹۸	۹/۹۸	۴۹/۴	۹/۸۸	۰/۲۰
۱۱	۳ ۵/ **	۱۲/۳۰	۹/۶۸	۱۰/۴۲	۱۰/۲۳	۹/۸۶	۹/۹۷	۴۹/۹۶	۹/۹۹	۰/۷۴
۱۲	۳ ۵/ **	۱۴/۳۰	۱۰/۳۵	۱۰/۱۲	۱۰/۱۲	۹/۹۹	۱۰/۳۵	۵۱/۰۴	۱۰/۲۱	۰/۳۶
۱۳	۴ ۵/ **	۸/۳۰	۱۰/۲۳	۹/۹۹	۱۰/۲۳	۱۰/۳۵	۱۰/۳۵	۵۱/۰۴	۱۰/۲۱	۰/۳۶
۱۴	۴ ۵/ **	۱۰/۳۰	۹/۸۷	۱۰/۱۲	۱۰/۰۸	۹/۹۹	۱۰/۱۲	۵۰/۳۳	۱۰/۰۷	۰/۳۶
۱۵	۴ ۵/ **	۱۲/۳۰	۹/۹	۹/۹۶	۹/۷۸	۱۰/۱۴	۱۰/۲	۵۰/۱	۱۰/۰۲	۰/۲۴

۱۶	۴/۵**	۱۴/۳۰	۹/۷۲	۹/۸۴	۱۰/۰۲	۱۰/۰۲	۱۰/۰۸	۴۹/۴۴	۹/۸۹	۰/۳۶
۱۷	۵/۵**	۸/۳۰	۹/۹۶	۱۰/۰۷	۱۰/۱	۱۰/۱۷	۱۰/۱۲	۵۰/۳۴	۱۰/۰۷	۰/۲۱
۱۸	۵/۵**	۱۰/۳۰	۹/۸۱	۹/۹۵	۹/۸۵	۹/۹	۱۰/۲	۴۹/۹۶	۹/۹۹	۰/۳۹
۱۹	۵/۵**	۱۲/۳۰	۱۰/۰۵	۹/۹۰	۱۰	۱۰/۰۵	۱۰/۱۵	۵۰	۱۰	۰/۳۰
۲۰	۵/۵**	۱۴/۳۰	۱۰/۲۹	۱۰/۱۰	۹/۸۱	۱۰/۰۵	۱۰/۰۵	۵۰/۴۹	۱۰/۱	۰/۲۹
۲۱	۶/۵**	۸/۳۰	۹/۹	۱۰/۰۵	۱۰/۲۵	۹/۹۵	۱۰	۴۹/۷۱	۹/۹۴	۰/۲۴
۲۲	۶/۵**	۱۰/۳۰	۱۰/۱	۹/۹۶	۹/۹۱	۹/۸۶	۱۰/۰۶	۵۰/۲۳	۱۰/۰۵	۰/۳۹
۲۳	۶/۵**	۱۲/۳۰	۹/۸۱	۱۰/۱۶	۱۰/۱۶	۱۰/۱	۱۰/۰۶	۵۰/۰۴	۱۰/۰۱	۰/۳۵
۲۴	۶/۵**	۱۴/۳۰	۹/۹۶	۱۰/۰۱	۱۰/۲۱	۹/۹۱	۱۰/۰۲	۵۰/۱۱	۱۰/۰۲	۰/۳۵
۲۵	۷/۵**	۸/۳۰	۱۰/۳	۱۰/۲۱	۹/۹۶	۱۰/۱۶	۱۰/۰۲	۵۰/۶۵	۱۰/۱۳	۰/۳۴
جمع کل									**۲۵۱/۱۷**	**۸/۵۸**



شکل ۱- نمودارهای دامنه تغییرات و میانگین (داده‌های مقدماتی)

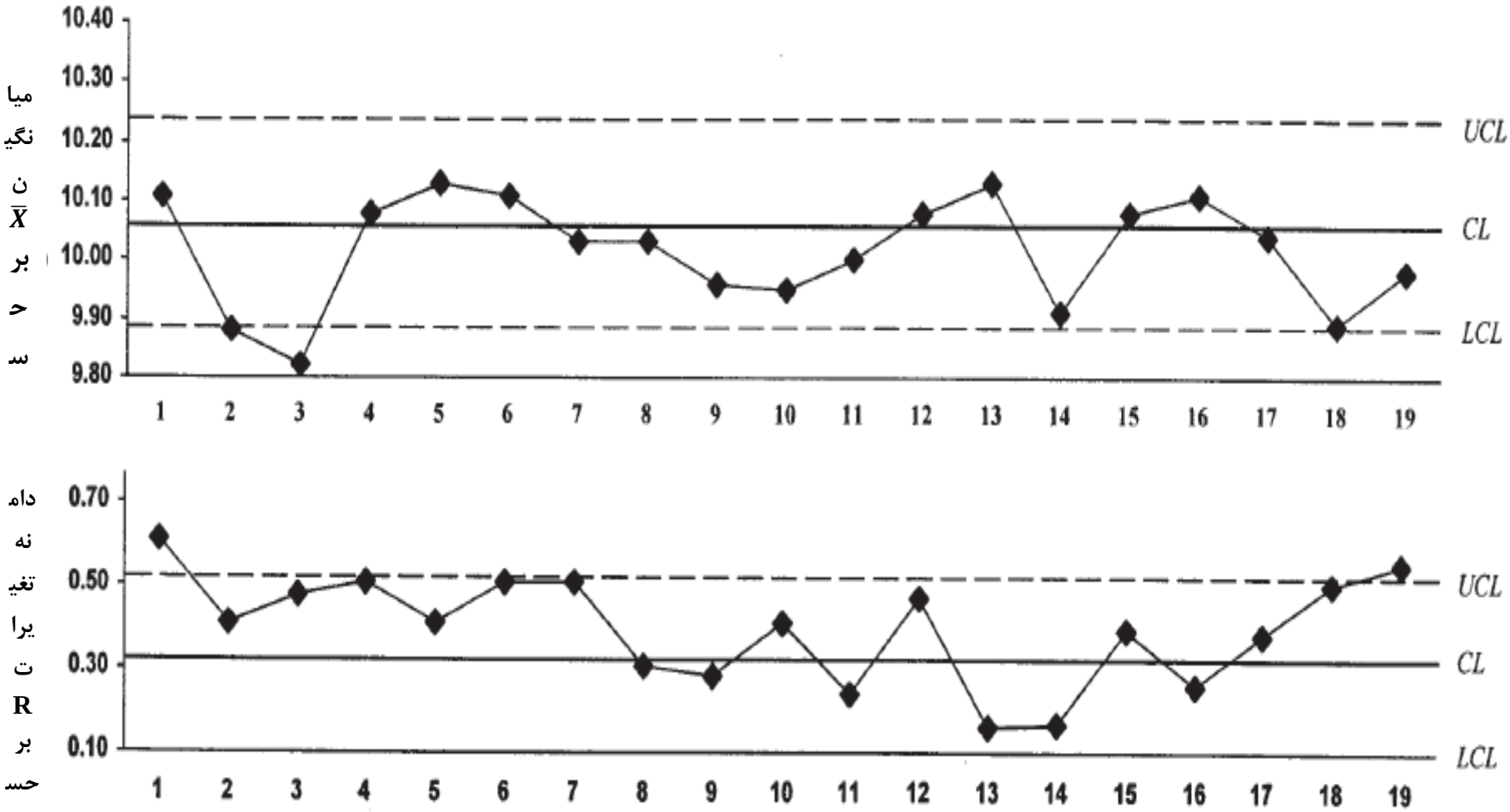
جدول ۳- برگه ثبت داده نمودار کنترل(داده‌های بعدی)

(بندهای ۱۱-۱-۵)

محصول:	پودر ضدعفونی‌کننده	**شماره بخش تولید:**	
مشخصه کیفی:	درصد وزنی ماده ضدعفونی‌کننده	**تولید روزنه:**	۲۵ تن
واحد اندازه گیری:	وزن بر حسب درصد	**حجم نمونه:**	۵ کیسه (قلم)
مقدار اسمی:	۱۰ درصد	**دفعات نمونه‌گیری:**	هر دو ساعت یک‌بار
رواداری تعیین شده:	-۵ تا +۱۰ درصد مقدار اسمی	**بازرس:**	

شماره زیرگروه	تاریخ	زمان (ساعت)	مقادیر اندازه‌گیری شده (درصد ماده ضدعفونی‌کننده در کیسه نمونه)					مجموع	میانگین	دامنه تغییرات
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)	(۱۱)
۱	۱ /۶/ **	۸/۳۰	۱۰/۰۹	۱۰/۳۹	۱۰/۰۹	۹/۷۸	۱۹.۱۰	۵۰/۵۴	۱۰/۱۱	۰/۶۱
۲	۱ /۶/ **	۱۰/۳۰	۹/۶۸	۹/۸۸	۹/۹۸	۱۰/۰۹	۹/۷۸	۴۹/۴۱	۹/۸۸	۰/۴۱
۳	۱ /۶/ **	۱۲/۳۰	۹/۸۲	۹/۶۳	۹/۸۰	۹/۷۶	۱۰/۱۱	۴۹/۱۲	۹/۸۲	۰/۴۸
۴	۱ /۶/ **	۱۴/۳۰	۹/۸۸	۹/۸۸	۱۰/۳۹	۱۰/۳۹	۹/۱۸	۵۰/۴۲	۱۰/۰۸	۰/۵۱
۵	۲ /۶/ **	۸/۳۰	۱۰/۲۹	۱۰/۰۹	۹/۸۸	۱۰/۰۹	۱۰/۰۹	۵۰/۶۴	۱۰/۱۳	۰/۴۱
۶	۲ /۶/ **	۱۰/۳۰	۹/۷۸	۱۰/۲۹	۱۰/۱۹	۱۰/۲۹	۹/۹۸	۵۰/۵۳	۱۰/۱۱	۰/۵۱
۷	۲ /۶/ **	۱۲/۳۰	۱۰/۰۹	۱۰/۰۹	۱۰/۲۹	۹/۸۸	۹/۷۸	۵۰/۱۳	۱۰/۰۳	۰/۵۱
۸	۲ /۶/ **	۱۴/۳۰	۱۰/۰۹	۹/۸۸	۱۰/۱۹	۹/۸۸	۱۰/۰۹	۵۰/۱۳	۱۰/۰۳	۰/۳۱
۹	۳ /۶/ **	۸/۳۰	۱۰/۰۴	۹/۸۷	۹/۹۹	۱۰/۰۹	۹/۸۱	۴۹/۸۰	۹/۹۶	۰/۲۸
۱۰	۳ /۶/ **	۱۰/۳۰	۹/۷۷	۱۰/۰۵	۱۰/۱۸	۹/۸۵	۹/۹۲	۴۹/۷۷	۹/۹۵	۰/۴۱
۱۱	۳ /۶/ **	۱۲/۳۰	۱۰/۱۰	۹/۸۷	۱۰/۰۳	۱۰/۱۱	۹/۸۹	۵۰/۰۰	۱۰/۰۰	۰/۲۴
۱۲	۳ /۶/ **	۱۴/۳۰	۱۰/۰۳	۹/۸۴	۱۰/۳۱	۱۰/۰۱	۱۰/۲۱	۵۰/۴۰	۱۰/۰۸	۰/۴۷
۱۳	۴ /۶/ **	۸/۳۰	۱۰/۰۸	۱۰/۱۱	۱۰/۲۴	۱۰/۱۲	۱۰/۱۰	۵۰/۶۵	۱۰/۱۳	۰/۱۶
۱۴	۴ /۶/ **	۱۰/۳۰	۹/۸۶	۹/۹۰	۱۰/۰۲	۹/۸۵	۹/۹۲	۴۹/۵۵	۹/۹۱	۰/۱۷
۱۵	۴ /۶/ **	۱۲/۳۰	۱۰/۱۸	۱۰/۲۹	۱۰/۱۱	۹/۹۲	۹/۹۰	۵۰/۴۰	۱۰/۰۸	۰/۳۹

۱۶	۴ ٭٭/۶/	۱۴/۳۰	۱۰/۱۴	۱۰/۲۰	۱۰/۰۸	۱۰/۱۷	۹/۹۴	۵۰/۵۳	۱۰/۱۱	۰/۲۶
۱۷	۵ ٭٭/۶/	۸/۳۰	۱۰/۱۹	۹/۸۴	۹/۸۱	۱۰/۱۵	۱۰/۱۹	۵۰/۱۸	۱۰/۰۴	۰/۳۸
۱۸	۵ ٭٭/۶/	۱۰/۳۰	۹/۶۹	۹/۸۴	۹/۷۰	۱۰/۰۲	۱۰/۱۹	۴۹/۴۴	۹/۸۹	۰/۵۰
۱۹	۵ ٭٭/۶/	۱۲/۳۰	۱۰/۰۶	۹/۷۲	۱۰/۲۷	۹/۹۷	۹/۹۰	۴۹/۹۲	۹/۹۸	۰/۵۵



شکل ۲- نمودارهای دامنه تغییرات و میانگین (داده‌های بعدی)

۱۱-۴ مثال برای ساختن نمودارهای کنترل میانه و دامنه تغییرات

۱۱-۴-۱ نمودار کنترل میانه و دامنه تغییرات (به جدول ۵ و شکل ۴ مراجعه شود).

۱۱-۴-۲ نمودار دامنه تغییرات

$\bar{R} = {}^{22.0}/_{25} = 0.888$
$UCL = D_4 \bar{R} = 2.115 \times 0.888 = 1.88$
بنابراین دامنه تغییرات شماره ساعت ۲۰ بزرگتر از UCL می‌باشد، به منظور همگن نمودن داده‌ها، این دامنه تغییر حذف شده و محاسبات دوباره انجام می‌گیرد.

$$\bar{R} = \frac{22.2 - 2.0}{24} = \frac{20.2}{24} = 0.84$$
$UCL = 2.115 \times 0.84 = 1.78$
از آن‌جایی که تمامی مقادیر دامنه تغییرات کوچکتر از UCL می‌باشند، مقدار $\bar{R} = 0.84$ به عنوان دامنه-تغییرات همگن شده در نظر گرفته می‌شود.

۱۱-۴-۳ نمودار میانه

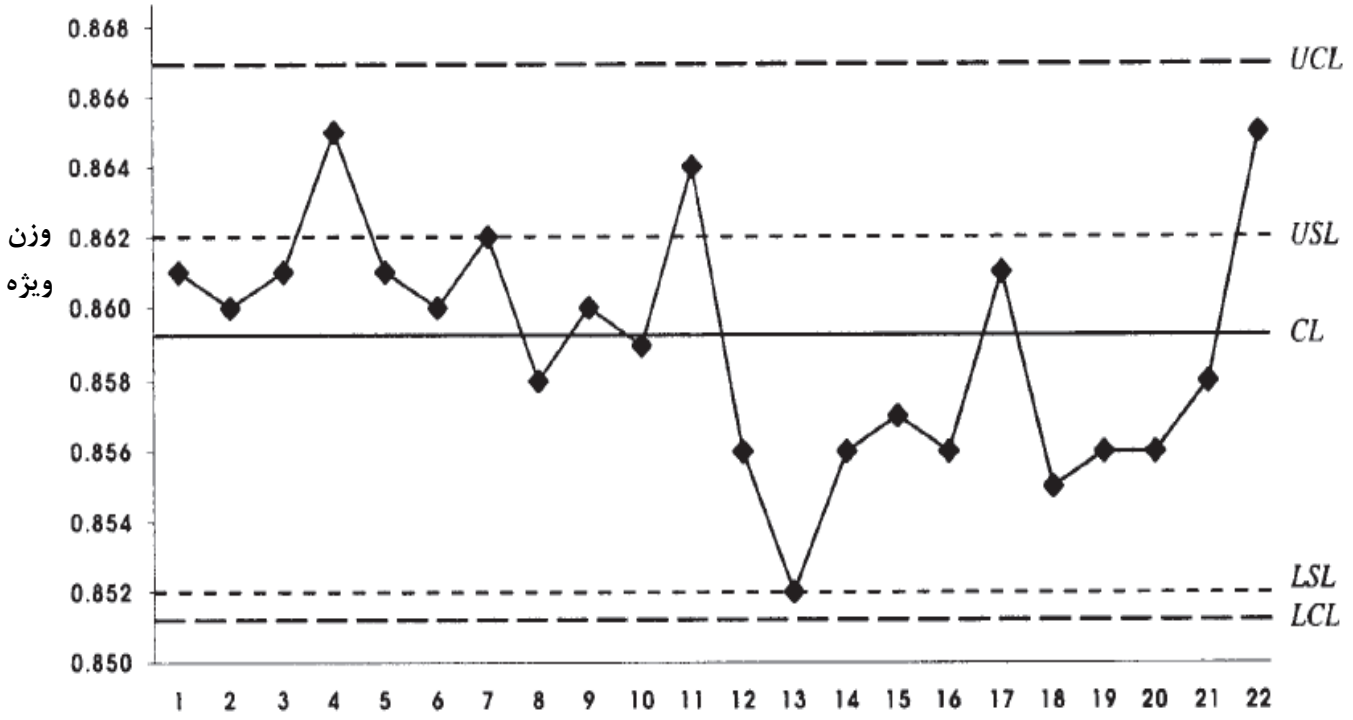
$$\bar{M}_e = \frac{1264.6 - 52.3}{24} = \frac{1212.3}{24} = 50.51$$
$UCL = \bar{M}_e + F_2\bar{R} = 50.51 + 0.691 \times 0.84 = 50.51 + 0.58 = 51.09$
$LCL = \bar{M}_e - F_2\bar{R} = 50.51 - 0.58 = 49.93$
از آن‌جایی که مقدار میانه برای شماره ساعت ۱۸ و ۱۹ بیشتر از UCL می‌باشد، این مقادیر به‌منظور همگن‌سازی حذف می‌شوند و محاسبات دوباره انجام می‌گیرد.

$$\bar{M}_e = \frac{1212.3 - 52.1 - 52.3}{22} = \frac{1107.9}{22} = 50.36$$
$UCL = 50.36 + 0.58 = 50.94$
$LCL = 50.36 - 0.58 = 49.78$
با توجه به این‌که تمامی مقادیر میانه‌ها بین UCL و LCL قرار می‌گیرند، بنابراین این حدود به عنوان حدود کنترل نمودار میانه در نظر گرفته می‌شوند.

جدول ۴ – مقدار وزن ویژه نمونه‌های مرکب برای بچ‌های مختلف

(بند ۱۱-۳-۲)

شماره بچ	مقدار وزن ویژه	دامنه تغییرات متحرک
۱	۰٫۸۶۱	–
۲	۰٫۸۶۰	۰٫۰۰۱
۳	۰٫۸۶۱	۰٫۰۰۱
۴	۰٫۸۶۵	۰٫۰۰۴
۵	۰٫۸۶۱	۰٫۰۰۴
۶	۰٫۸۶۰	۰٫۰۰۱
۷	۰٫۸۶۲	۰٫۰۰۴
۸	۰٫۸۵۸	۰٫۰۰۴
۹	۰٫۸۶۰	۰٫۰۰۴
۱۰	۰٫۸۵۹	۰٫۰۰۱
۱۱	۰٫۸۶۴	۰٫۰۰۵
۱۲	۰٫۸۵۶	۰٫۰۰۸
۱۳	۰٫۸۵۲	۰٫۰۰۴
۱۴	۰٫۸۵۶	۰٫۰۰۴
۱۵	۰٫۸۵۷	۰٫۰۰۱
۱۶	۰٫۸۵۶	۰٫۰۰۱
۱۷	۰٫۸۶۱	۰٫۰۰۵
۱۸	۰٫۸۵۵	۰٫۰۰۶
۱۹	۰٫۸۵۶	۰٫۰۰۱
۲۰	۰٫۸۵۶	۰٫۰۰۰
۲۱	۰٫۸۵۸	۰٫۰۰۲
۲۲	۰٫۸۶۵	۰٫۰۰۷
مجموع	**۱۸٫۸۹۹**	**۰٫۰۶۴**



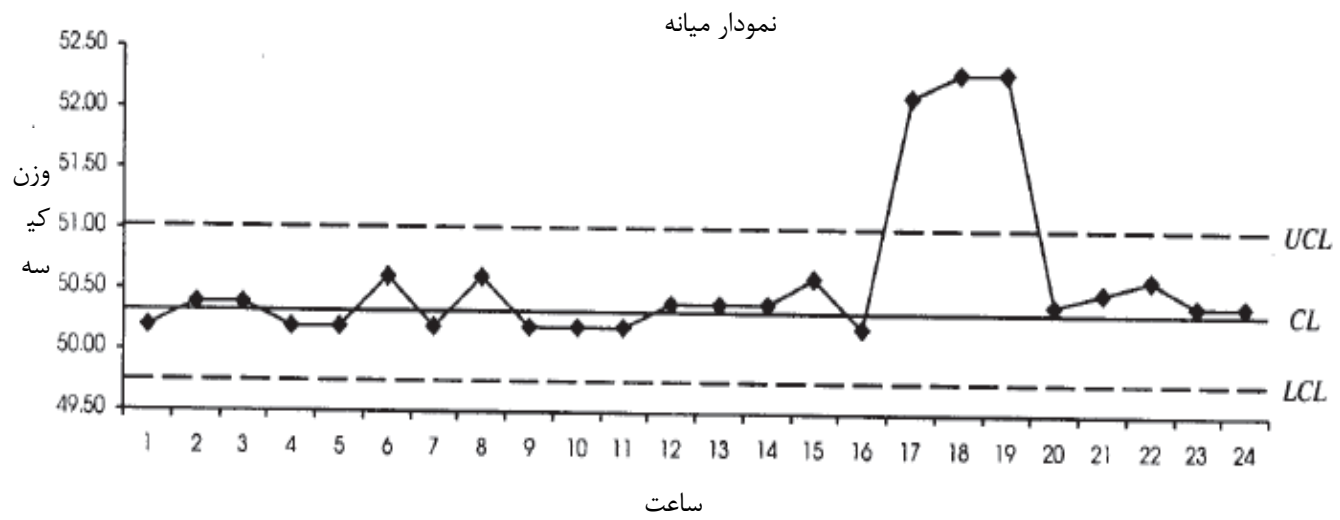
شکل ۳ – نمودار برای مقادیر انفرادی

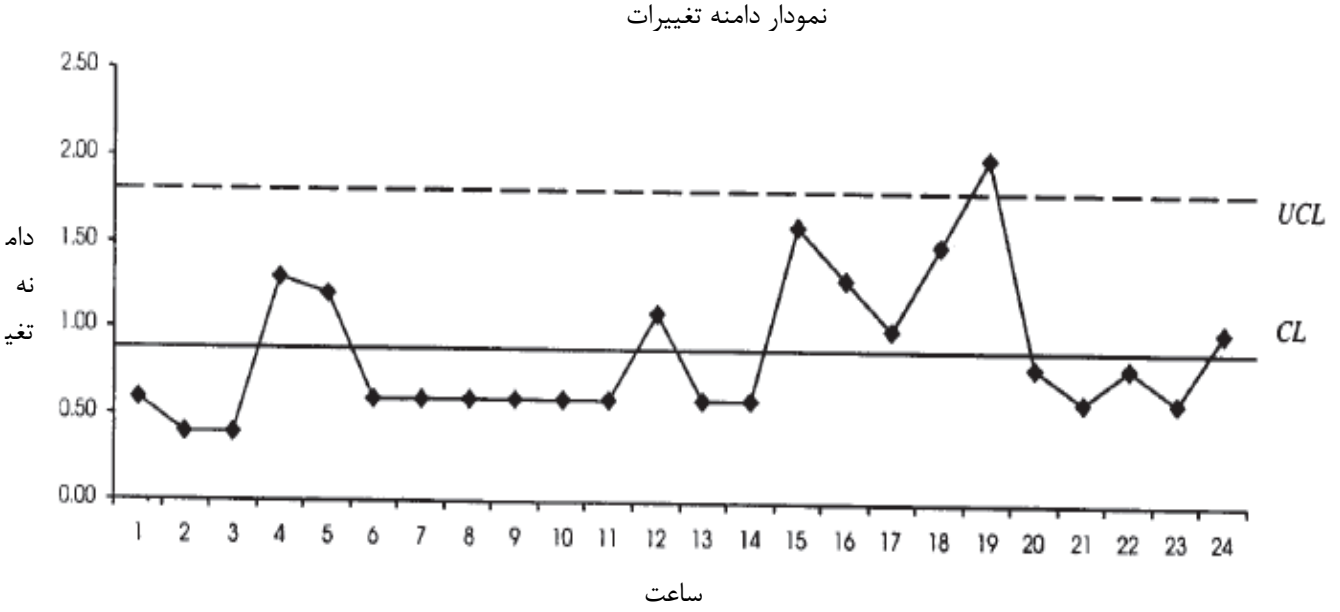
جدول ۵ – وزن کیسه‌ها

(بند ۱۱-۴-۱)

محصول:	سیمان پورتلند		مشخصه کیفی:	وزن (کیلو گرم)		
حجم نمونه:	۵ کیسه ۵۰ کیلویی		دفعات نمونه‌گیری:	هر یک ساعت از یک دهانه‌ی یک ماشین		
شماره ساعت	نتایج آزمون				میانه	دامنه تغییرات
۱	۵۰٫۰۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۰۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۶۰	۵۰٫۲۰	۰٫۶۰
۲	۵۰٫۲۰	۵۰٫۰۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۴۰	۰٫۴۰
۳	۵۰٫۶۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۶۰	۵۰٫۴۰	۰٫۴۰
۴	۵۰٫۸۰	۵۰٫۲۰	۴۹٫۵۰	۵۰٫۲۰	۴۹٫۸۰	۵۰٫۲۰	۱٫۳۰
۵	۵۰٫۴۰	۴۹٫۸۰	۴۹٫۲۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۲۰	۱٫۲۰
۶	۴۹٫۸۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۶۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۶۰	۰٫۶۰
۷	۵۰٫۴۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۸۰	۵۰٫۸۰	۵۰٫۶۰	۵۰٫۲۰	۰٫۶۰
۸	۵۰٫۲۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۸۰	۵۰٫۶۰	۰٫۶۰
۱۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۲۰	۴۹٫۸۰	۵۰٫۰۰	۵۰٫۲۰	۰٫۶۰
۱۱	۵۰٫۴۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۶۰	۴۹٫۵۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۲۰	۰٫۶۰
۱۲	۵۰٫۴۰	۵۰٫۴۰	۴۹٫۸۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۲۰	۰٫۶۰
۱۳	۵۰٫۶۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۸۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۴۰	۱٫۱۰
۱۴	۵۰٫۶۰	۴۹٫۸۰	۴۹٫۲۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۸۰	۵۰٫۴۰	۰٫۶۰
۱۵	۴۹٫۵۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۵۰	۵۰٫۸۰	۵۰٫۴۰	۰٫۶۰
۱۶	۵۰٫۶۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۴۰	۴۹٫۸۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۶۰	۱٫۶۰
۱۷	۵۰٫۸۰	۵۰٫۲۰	۵۱٫۰۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۲۰	۱٫۳۰
۱۸	۵۲٫۱۰	۵۲٫۳۰	۵۲٫۵۰	۵۱٫۵۰	۵۱٫۵۰	۵۲٫۱۰ [1]	۱٫۰۰
۱۹	۵۱٫۰۰	۵۲٫۳۰	۵۲٫۱۰	۵۲٫۵۰	۵۲٫۵۰	۵۲٫۳۰ [1]	۱٫۵۰
۲۰	۵۰٫۴۰	۵۲٫۴۰	۵۲٫۳۰	۵۲٫۴۰	۵۱٫۵۰	۵۲٫۳۰	۲٫۰۰ [1]
۲۱	۵۰٫۸۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۸۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۰۰	۵۰٫۴۰	۰٫۸۰
۲۲	۵۰٫۸۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۶۰	۵۰٫۵۰	۵۰٫۵۰	۰٫۶۰
۲۳	۵۰٫۵۰	۵۰٫۰۰	۵۰٫۸۰	۵۰٫۶۰	۵۰٫۸۰	۵۰٫۶۰	۰٫۸۰
۲۴	۵۰٫۴۰	۵۰٫۴۰	۴۹٫۸۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۴۰	۰٫۶۰
۲۵	۵۰٫۴۰	۵۰٫۴۰	۴۹٫۸۰	۵۰٫۲۰	۵۰٫۴۰	۵۰٫۴۰	۱٫۰۰
مجموع						**۱۲۶۴٫۶۰**	**۲۲٫۲۰**

[1] بیانگر داده‌های حذ شده به‌منظور همگن‌سازی





شکل ۴ – نمودار کنترل برای میانه و دامنه تغییرات

پیوست الف

(اطلاعاتی)

ضرایب برای محاسبه حدود کنترل

	Using Standard Values of μ and σ									Using s			Using R				
	Average Chart	Median Chart	Mid-Range Chart	Standard Deviation			Range Chart			Average Chart	Standard Deviation		Average Chart	Median Chart	Mid-Range Chart	Range Chart	
CL	μ	μ	μ	$c_2\sigma$			$d_2\sigma$			$\bar{x}$	$\bar{s}$		$\bar{\bar{x}}$	$\bar{M}_e$	$\bar{M}$	$\bar{R}$	
LCL	$\mu - A\sigma$	$\mu - F\sigma$	$\mu - G\sigma$	$B_1\sigma$			$D_1\sigma$			$\bar{x} - A_1\bar{s}$	$B_3\bar{s}$		$\bar{\bar{x}} - A_2\bar{R}$	$\bar{M}_e - F_2\bar{R}$	$\bar{M} - G_2\bar{R}$	$D_3\bar{R}$	
UCL	$\mu + A\sigma$	$\mu + F\sigma$	$\mu + G\sigma$	$B_2\sigma$			$D_2\sigma$			$\bar{x} + A_1\bar{s}$	$B_4\bar{s}$		$\bar{\bar{x}} + A_2\bar{R}$	$\bar{M}_e + F_2\bar{R}$	$\bar{M} + G_2\bar{R}$	$D_4\bar{R}$	
No. of Observations in Sample	A	F	G	c_2	B_1	B_2	d_2	D_1	D_2	A_1	B_3	B_4	A_2	F_2	G_2	D_3	D_4
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
2	2.121	2.121	2.121	0.564 2	0	1.843	1.128	0	3.686	3.760	0	3.267	1.880	1.880	1.880	0	3.267
3	1.732	2.009	1.805	0.723 6	0	1.858	1.693	0	4.358	2.394	0	2.568	1.023	1.187	1.067	0	2.575
4	1.500	1.638	1.638	0.797 9	0	1.808	2.059	0	4.698	1.880	0	2.266	0.729	0.796	0.796	0	2.282
5	1.342	1.607	1.6532	0.840 7	0	1.756	2.326	0	4.918	1.596	0	2.089	0.577	0.691	0.659	0	2.115
6	1.225	1.300	1.458	0.868 6	0.226	1.711	2.534	0	5.078	1.410	0.030	1.970	0.483	0.549	0.575	0	2.004
7	1.134			0.888 2	0.105	1.672	2.704	0.205	5.203	1.277	0.118	1.882					
8	1.061			0.902 7	0.167	1.638	2.847	0.387	5.307	1.175	0.185	1.815					
9	1.000			0.913 9	0.219	1.609	2.970	0.546	5.394	1.094	0.239	1.761					
10	0.949			0.922 7	0.262	1.584	3.078	0.687	5.469	1.028	0.284	1.716					
11	0.905			0.930 0	0.299	1.561	3.173	0.812	5.534	0.973	0.321	1.679					
12	0.866			0.935 9	0.331	1.541	3.258	0.924	5.592	0.925	0.354	1.646					
13	0.832			0.941 0	0.359	1.523	3.336	1.026	5.646	0.884	0.382	1.618					
14	0.802			0.945 3	0.384	1.507	3.407	1.121	5.693	0.848	0.406	1.594					
15	0.775			0.949 0	0.406	1.492	3.472	1.207	5.737	0.916	0.428	1.572					
16	0.750			0.952 3	0.427	1.478	3.532	1.285	5.779	0.788	0.448	1.552					
17	0.728			0.955 1	0.445	1.465	3.588	1.359	5.817	0.762	0.466	1.534					
18	0.707			0.957 6	0.461	1.454	3.640	1.426	5.854	0.738	0.482	1.518					
19	0.688			0.959 9	0.477	1.443	3.689	1.490	5.888	0.717	0.497	1.503					
20	0.671			0.961 9	0.491	1.433	3.735	1.548	5.922	0.697	0.510	1.490					
21	0.655			0.963 8	0.504	1.424	3.778	1.606	5.950	0.679	0.523	1.477					
22	0.640			0.965 5	0.516	1.415	3.819	1.659	5.979	0.662	0.534	1.466					
23	0.626			0.967 0	0.527	1.407	3.858	1.710	6.006	0.647	0.545	1.455					
24	0.612			0.968 4	0.538	1.399	3.895	1.759	6.031	0.632	0.555	1.455					
25	0.600			0.969 6	0.548	1.392	3.931	1.804	6.059	0.619	0.565	1.435					

یادآوری ۱- هنگامی‌که حجم نمونه افزایش می‌یابد، کارایی میانه و نیم دامنه تغییرات به عنوان برآوردی از تمایل مرکزی کاهش می یابد، از این رو نباید برای نمونه هایی با حجم بزرگ از آنها استفاده کرد. به همین دلیل ورودی ها در ستون (۳) و (۴) جدول بالا تنها برای نمونه هایی با حجم کمتر از ۶ داده شده است.

یادآوری ۲- با توجه به اینکه دامنه تغییرات برای نمونه‌هایی با حجم بزرگ توصیه نمی‌شود، ورودی ها در ستون ۱۴ تا ۱۸ جدول بالا برای نمونه‌هایی با حجم کمتر از ۶ داده شده است.

پیوست ب

(اطلاعاتی)

صفحه ثبت داده های نمودار کنترل (متغییرها)

در این پیوست، مثالی در خصوص بند ۶-۵-۲ ذکر شده است.

صفحه شماره:

محصول:	**حجم نمونه:**	**شماره دستور تولید:**
مشخصه فنی:	**دفعات نمونه برداری**	**محل تولید:**
واحد اندازه‌گیری:	**تاریخ**	**شماره ماشین:**
حجم اسمی:	**متصدی:**	
رواداری:	**بازرس:**	

شماره	تاریخ	زمان	مقادیر انفرادی	مجموع	میانه/ نیم دامنه تغییرات	دامنه تغییرات	ملاحظات

پیوست پ

(اطلاعاتی)

ضرایب برای محاسبه حدود کنترل اصلاح‌شده

در این پیوست، مثالی در خصوص بند ۱۰-۵ ذکر شده است.

تعداد مشاهدات در نمونه (n)	استفاده از انحراف معیار معلوم (V_1)	استفاده از میانگین دامنه تغییرات (V_2)	تعداد مشاهدات در نمونه (n)	استفاده از انحراف معیار معلوم (V_1)	استفاده از میانگین دامنه تغییرات (V_2)
۲	۰٫۸۷۹	۰٫۷۷۹	۱۴	۲٫۱۹۸	۰٫۶۴۵
۳	۱٫۲۶۸	۰٫۷۴۹	۱۵	۲٫۲۲۵	۰٫۶۴۱
۴	۱٫۵۰۰	۰٫۷۲۹	۱۶	۲٫۲۵۰	۰٫۶۳۷
۵	۱٫۶۵۸	۰٫۷۱۳	۱۷	۲٫۲۷۲	۰٫۶۳۳
۶	۱٫۷۷۵	۰٫۷۰۰	۱۸	۲٫۲۹۳	۰٫۶۳۰
۷	۱٫۸۶۶	۰٫۶۹۰	۱۹	۲٫۳۱۲	۰٫۶۲۷
۸	۱٫۹۳۹	۰٫۶۸۱	۲۰	۲٫۳۲۹	۰٫۶۲۴
۹	۲٫۰۰۰	۰٫۶۷۳	۲۱	۲٫۳۴۵	۰٫۶۲۱
۱۰	۲٫۰۵۱	۰٫۶۶۶	۲۲	۲٫۳۶۰	۰٫۶۱۸
۱۱	۲٫۰۹۵	۰٫۶۶۰	۲۳	۰٫۳۷۴	۰٫۶۱۵
۱۲	۲٫۱۳۴	۰٫۶۵۵	۲۴	۲٫۳۸۸	۰٫۶۱۳
۱۳	۱٫۱۶۸	۰٫۶۵۰	۲۵	۲٫۴۰۰	۰٫۶۱۱