INSO
7532-5
1st. Edition
2015

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

استاندارد ملی ایران
۷۵۳۲-۵
چاپ اول
۱۳۹۳

# نمودارهای کنترل- قسمت ۵: نمودارهای کنترل ویژه

# Control charts- Part5: Specialized Control Chart

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 ۵: نمودارهای کنترل ویژه »

| **رئیس:** | **سمت و/ یا نمایندگی** |
| --- | --- |
| اولیاء، محمدصالح<br>(دکترای مهندسی صنایع) | عضو هیأت علمی دانشگاه یزد |
| **دبیر:** | |
| جعفری ندوشن،زهرا<br>(فوق لیسانس میریت صنعتی) | کارشناس اداره کل استاندارد یزد |
| **اعضاء:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا) | |
| احمدی ندوشن، علیرضا<br>(فوق لیسانس مدیریت اجرایی) | شرکت گاز استان یزد |
| افضل آبادی، محمدرضا<br>(دکتری مدیریت صنعتی) | سازمان صنایع و معادن استان یزد |
| ارسلان، علیرضا<br>(فوق لیسانس مدیریت اجرایی) | رئیس انجمن کارشناسان استاندارد استان یزد |
| امیرمستوفیان، زهرا<br>(فوق لیسانس مهندسی صنایع) | سازمان ملی استاندارد ایران |
| بهاری‌فرد، ناهید<br>(لیسانس صنایع) | کارشناس مجتمع تولیدی صنایع لاستیک یزد |
| خلیل زاده، فائزه<br>(لیسانس الکترونیک) | کارشناس اداره کل استاندارد یزد |
| قنبریان، علی<br>(لیسانس مهندسی صنایع) | شرکت بازرسی نمونه برداری کیفیت‌آوران باستان |
| کوفی گر ، امیرحسین<br>(دانشجوی دکتری مهندسی صنایع ) | دانشگاه یزد |
| موسوی، سید محمود رضا<br>(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 | ۲ |
| ۴ | نمادها و اصطلاحات اختصاری | ۵ |
| ۵ | نمودارهای کنترل ویژه | ۶ |
| ۶ | نمودارهای کنترل دامنه متحرک و میانگین متحرک | ۷ |
| ۷ | نمودار Z | ۱۱ |
| ۸ | نمودارهای کنترل گروهی | ۱۲ |
| ۹ | نمودار کنترل بالا و پایین | ۱۹ |
| ۱۰ | نمودار کنترل روند | ۲۳ |
| ۱۱ | نمودار کنترل برای ضریب تغییرات | ۲۸ |
| ۱۲ | نمودار کنترل برای داده‌های غیرنرمال | ۳۱ |
| ۱۳ | نمودار P استاندارد | ۳۸ |
| ۱۴ | نمودار کنترل بی‌کفایتی | ۴۱ |
| ۱۵ | نمودار کنترل برای بازرسی از طریق اندازه‌گیری توسط سنجه | ۴۸ |
| پیوست الف (اطلاعاتی) عامل‌هایی برای محاسبه حدود کنترل | | ۵۵ |
| پیوست ب (اطلاعاتی) کتابنامه | | ۵۸ |

**پیش گفتار**

استاندارد «نمودارهای کنترل- قسمت۵: نمودارهای کنترل ویژه» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده ودریکصد و شصت و یکمین اجلاس کمیتهٔ ملی مدیریت کیفیت مورخ ۱۲/۲۵/ ۱۳۹۳مورد 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 مآخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرارگرفته به شرح زیراست:

1- ISO 7870-5:2014 Control charts- Part5: Specialized Control Chart

۲- واژه نامه مرکز آمار ایران

# نمودارهای کنترل- قسمت ۵: نمودارهای کنترل ویژه

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین راهنمایی برای استفاده و مفهوم نمودارهای کنترل ویژه در شرایطی است که استفاده معمول از رویکرد نمودار کنترل شوهارت[۱] در روش‌های کنترل آماری یک فرایند، ممکن است یا قابل کاربرد نباشد یا کارایی کمتری در تشخیص الگوهای غیرطبیعی انحراف فرایند داشته باشد.

نمودارهای کنترل ویژه مورد استفاده در این استاندارد برای داده‌های متغیر عبارتند از:

الف) نمودارهای دامنه متحرک و میانگین متحرک[۲]؛

ب) نمودارهای Z؛

پ) نمودارهای کنترل گروهی[۳]؛

ت) نمودارهای کنترل بالا و پایین[۴]؛

ث) نمودارهای کنترل روند[۵]؛

ج) نمودارهای کنترل برای ضریب تغییرات[۶]؛

چ) نمودارهای کنترل برای داده‌های غیر نرمال[۷].

برای داده‌های وصفی[۸]، نمودارهای کنترل ویژه در این استاندارد عبارتند از:

الف) نمودارهای p استاندارد[۹]؛

ب) نمودارهای کنترل بی‌کفایتی[۱۰]؛

پ) نمودارهای کنترل برای بازرسی ازطریق اندازه‌گیری توسط سنجه[۱۱].

این استاندارد، هم‌چنین راهنمایی درباره زمانی که هریک از نمودارهای کنترل فوق باید استفاده شود، حدود کنترل و مزیت‌ها و محدودیت‌های آن‌ها ارائه می‌کند. هر نمودار کنترل با یک مثال توضیح داده می‌شود.

## 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.

---

1 - Shewhart control chart
2 - Moving average and moving range charts
3 - Group control charts
4 - High–low control charts
5 - Trend control charts
6 - Control charts for coefficient of variation
7 - Control charts for non-normal data
8 - Attributes data
9 - Standardized p-charts
10 -Demerit control charts
11 - Control charts for inspection by gauging

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، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ISO3534-2:2006، اصلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

### ۳-۱

**نمودار کنترل**

نمودار همراه با حدود کنترل در جایی‌که برخی معیارهای[1] 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.

**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]

### ۳-۲

**نمودار کنترل شوهارت**

نمودار کنترل 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 می‌شوند.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.2]

### ۳-۳

**نمودار کنترل متغیرها[2] (مشخصه‌های متغیر)**

نمودار کنترل که در آن معیار رسم‌شده، داده‌ها را بر روی یک مقیاس پیوسته نمایش می‌دهد.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.6]

### ۳-۴

**نمودار کنترل وصفی‌ها[3] (مشخصه های وصفی)**

---

1 - Measure
2 - Variables control chart
3 - Attributes control chart

نمودار کنترل که در آن معیار رسم‌شده، داده‌ها را به صورت قابل شمارش یا طبقه‌بندی شده نمایش می‌دهد.
[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.7]

**۵-۳**

**نمودار کنترل $\bar{X}$**

**نمودار کنترل میانگین**

نمودار کنترل متغیرها برای ارزیابی سطح فرایند برحسب میانگین زیرگروه است.
[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.12]

**۶-۳**

**نمودار R**

**نمودار کنترل دامنه**

نمودار کنترل متغیرها 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]

**۷-۳**

**نمودار کنترل میانگین متحرک[1]**

نمودار کنترل 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 این است که وزنی برای اثر انتقال n نقطه آخری در نظر نمی‌گیرد.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.14]

**۸-۳**

**نمودار کنترل دامنه متحرک[2]**

نمودار کنترل متغیرها برای ارزیابی انحراف برحسب دامنه هر n مشاهده متوالی است.

---

1 - Moving average control chart
2 - Moving range control chart

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

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.20]

**۹-۳**

**نمودار Z**

نمودار کنترل متغیرها برای ارزیابی فرایند برحسب انحرافات نرمال استاندارد زیرگروه است.

**۱۰-۳**

**نمودار کنترل گروهی برای میانگین‌ها**

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

**۱۱-۳**

**نمودار کنترل گروهی برای دامنه ها**

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

**۱۲-۳**

**نمودار کنترل بالا و پایین**

نمودار کنترل متغیرها برای ارزیابی سطح فرایند برحسب بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین مقدار زیرگروه است.

**۱۳-۳**

**نمودار کنترل روند**

نمودار کنترل 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]

**۱۴-۳**

**نمودار کنترل برای ضریب تغییرات**

نمودار کنترل متغیرها برای ارزیابی انحراف برحسب ضریب تغییرات زیرگروه است.

**۱۵-۳**

**نمودار** p

نمودارهای کنترل واحدهای طبقه‌بندی شده بر حسب نسبت یا درصد است.

**۱۶-۳**

**نمودار** p

نمودار کنترل وصفی‌ها که در آن نسبت طبقه‌بندی معین به عنوان انحرافات نرمال استاندارد بیان می‌شوند.

**۱۷-۳**

**نمودار کنترل بی‌کفایتی**

**نمودار امتیاز کیفیت**[1]

نمودار کنترل چند مشخصه‌ای برای ارزیابی سطح فرایند که در آن وزن‌های متفاوت به وقایع بسته به اهمیت درک شده آن‌ها، تخصیص داده می‌شود.

[منبع: ISO 3534-2:2006, 2.3.23]

**۱۸-۳**

**نمودار کنترل برای بازرسی از طریق اندازه‌گیری توسط سنجه**

نمودار کنترل وصفی‌ها، هنگامی که بازرسی از طریق اندازه‌گیری توسط سنجه انجام می‌شود و اطلاعات اطلاعات در مورد تعداد واحدهای بالای حد سنجه بالایی و زیر حد سنجه پایینی در دسترس است.

## ۴ نمادها و اختصارات

### ۱-۴ نمادها

| | |
|---|---|
| n | اندازه زیرگروه |
| k | تعداد زیرگروه‌ها |
| x | مقدار اندازه‌گیری شده انفرادی |
| $\bar{x}_i$ | مقدار میانگین iمین زیرگروه |
| $\bar{\bar{x}}$ | میانگین مقادیر میانگین زیرگروه |
| μ | مقدار میانگین واقعی فرایند |
| σ | مقدار انحراف استاندارد واقعی فرایند |
| $R$ | دامنه |
| $\bar{R}$ | میانگین دامنه |

1 - Quality score chart

| | |
|---|---|
| S | انحراف استاندارد نمونه |
| $\bar{s}$ | میانگین انحرافات استاندارد نمونه زیرگروه |
| p | نسبت یا کسر واحدها |
| $\bar{p}$ | مقدار میانگین نسبت یا کسر واحدها |
| $C_L$ | خط مرکزی |
| $U_{CL}$ | حد بالایی کنترل |
| $L_{CL}$ | حد پایینی کنترل |
| $\bar{X}$ | مقدار میانگین متغیر x رسم شده برروی نمودار کنترل |
| $x_H$ | بزرگترین مشاهده در یک زیرگروه |
| $x_L$ | کوچک ترین مشاهده در یک زیرگروه |
| $\bar{x}_H$ | میانگین بزرگترین مشاهده برای همه زیرگروه‌ها |
| $\bar{x}_L$ | میانگین کوچکترین مشاهده برای همه زیرگروه‌ها |
| z | متغیری که دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و انحراف استاندارد یک است |
| $v$ | ضریب تغییرات |
| $\bar{v}$ | میانگین مقادیر ضریب تغییرات |

### ۲-۴ اختصارات

| | |
|---|---|
| BPO | برون سپاری فرایند کسب وکار[1] |
| CV | ضریب تغییرات |
| $L_{GL}$ | حد پایینی سنجه[2] |
| $U_{GL}$ | حد بالایی سنجه[3] |

## ۵ نمودارهای کنترل ویژه

نمودارهای کنترل ویژه زیر برای متغیرها، کاربرد دارند:

**الف)** نمودارهای کنترل دامنه متحرک و میانگین متحرک؛

**ب)** نمودارهای Z؛

**پ)** نمودارهای کنترل گروهی؛

**ت)** نمودارهای کنترل بالا و پایین؛

**ث)** نمودارهای کنترل روند؛

**ج)** نمودارهای کنترل برای ضریب تغییرات؛

**چ)** نمودارهای کنترل برای داده‌های غیر نرمال.

نمودارهای کنترل ویژه زیر برای وصفی‌ها کاربرد دارند:

---

1 - Business process outsourcing
2 - Lower gauge limit
3 - Upper gauge limit

**الف)** نمودارهای p استاندارد؛

**ب)** نمودار کنترل بی‌کفایتی؛

**پ)** نمودار کنترل برای بازرسی از طریق اندازه‌گیری توسط سنجه.

## ۶ نمودارهای کنترل دامنه متحرک و میانگین متحرک

در برخی از تولیدات صنعتی، زمان زیادی صرف می‌شود تا یک قلم کالای جدید تولید کنیم یا آزمون‌هایی انجام دهیم که ماهیت مخرب دارند. در نتیجه مناسب نیست، نمونه‌گیری را تکرار کنیم تا بیشتر از یک نمونه ($n > 1$) جمع آوری کنیم. در ضمن میانگین یا انحراف فرایند ممکن است تغییر کند و این ممکن است موجب برخی فقدان‌های محسوس شود. تحت چنین موقعیت‌هایی زیرگروه‌هایی که هریک شامل مشاهدات انفرادی هستند، برای پایش فرایند استفاده می‌شوند.

در این موقعیت‌ها، استفاده از میانگین‌های متحرک و دامنه‌های متحرک به جای نمودارهای کنترل شوهارت پیشنهاد می‌شود. میانگین‌های متحرک k زیرگروه (هرکدام شامل یک نمونه) به طریق زیر به دست می‌آیند. در ابتدا میانگین مقادیر k زیرگروه اول، محاسبه می‌شود. سپس در گام دوم، مقدار اولین زیرگروه، به نفع مقدار (k+۱) امین زیرگروه کنار گذاشته می‌شود و میانگین این زیرگروه‌ها به دست می‌آید. سپس مقدار دومین زیرگروه کنار گذاشته شده و مقدار (k+۲) امین زیرگروه به آنها اضافه شده و میانگین این مقادیر محاسبه می‌شود و به همین ترتیب الی آخر.... به یک روش مشابه دامنه‌های متحرک محاسبه می‌شوند. نرخ تولید کمک می‌کند تا در مورد تعداد زیرگروه‌هایی که باید در یک زمان برای دامنه متحرک و میانگین متحرک مد نظر قرار گیرد، تصمیم بگیریم. به علاوه، اگر شخص بخواهد تغییر کمتری در میانگین و دامنه فرایند داشته باشد، تعداد زیرگروه بیشتری مورد نیاز خواهد بود.

### ۶-۱ حدود کنترل

#### ۶-۱-۱ نمودار دامنه متحرک

$$C_L = \overline{\mathrm{R}}$$
$$U_{\mathrm{CL}} = \mathrm{D}_4\overline{\mathrm{R}}$$
$$L_{\mathrm{CL}} = \mathrm{D}_3\overline{\mathrm{R}}$$

#### ۶-۱-۲ نمودار میانگین متحرک

$$C_L = \overline{\overline{\mathrm{x}}}$$
$$U_{\mathrm{CL}} = \overline{\overline{\mathrm{x}}} + \mathrm{A}_2\overline{\mathrm{R}}$$
$$L_{\mathrm{CL}} = \overline{\overline{\mathrm{x}}} - \mathrm{A}_2\overline{\mathrm{R}}$$

به طوری که $\overline{\mathrm{R}}$ دامنه همگن است. مقادیر $A_2$، $\mathrm{D}_3$ و $\mathrm{D}_4$ برای اندازه های مختلف نمونه k=(n) در پیوست الف آمده است.

### ۶-۲ تفسیر

بر خلاف نمودارهای کنترل شوهارت، میانگین‌های متحرک و دامنه‌های متحرک متوالی مستقل نیستند. بنابراین، در نمودارهای کنترل میانگین متحرک و دامنه متحرک، مسیرها در هرطرف از خط مرکزی چنان‌چه توسط نمودار کنترل شوهارت مشخص می‌شود، تفسیر یکسانی ندارند. با این وجود، یک نقطه خارج از حدود کنترل معنای یکسانی با همان مورد در نمودار کنترل شوهارت دارد. الگوی دوره‌ای و یا روند کاهشی یا افزایشی در نمودار دامنه متحرک، نشان دهنده توان بالقوه برای بهبود است. با این‌حال، عوامل قابل تشخیص برای نمودار میانگین متحرک و همان موارد برای نمودار دامنه متحرک ممکن است متفاوت باشند.

### ۶-۳ مزیت‌ها

در برخی مواقع، نمودار کنترل برای دامنه متحرک و میانگین متحرک، اثربخش‌تر است. این نمودارها، علامت اخطار را زودتر از نمودارهای معمول $(\overline{X}, R)$ می‌دهد. ضرورتی ندارد تا زمانی که یک نمونه کامل جدید جمع‌آوری شود، منتظر بمانیم. این موضوع اگر محصول گران قیمت باشد یا نرخ خروجی کم باشد، اهمیت دارد.

### ۶-۴ محدودیت‌ها

نقاط متوالی، مستقل نیستند. از آنجایی‌که احتمال به دست‌آوردن یک مسیر از هر نوع، در نمودار کنترل برای میانگین متحرک یا دامنه متحرک در مقایسه با نمودارهای کنترل شوهارت، قدری بیشتر است، تفسیر معمول مسیرها، برای این نمودارهای کنترل معتبر نیست.

### ۶-۵ مثال

از قسمت بالایی قاب ساعت برای تنظیم زمان استفاده می‌شود. پین قسمت بالایی از طریق یک روزنه در ساعت، تنظیم می‌شود. قطر روزنه باید در فاصله (۰/۰۰۱ ± ۰/۰۰۵) میلی متر حفظ شود. جدول ۱، داده‌ها را به ترتیب تولید، در جایی که عملیات فراخ کردن روزنه به منظور متناسب‌سازی روزنه با پین قسمت بالایی قاب ساعت انجام می‌شود، نشان می‌دهد.

**جدول ۱- نتایج زیرگروه از قطر روزنه برای پین قاب ساعت**

| شماره زیرگروه | قطر روزنه | مجموع سه مشاهده متحرک | میانگین متحرک | دامنه متحرک | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۰٫۰۰۳ | | | | |
| ۲ | ۰٫۰۰۵ | | | | |
| ۳ | ۰٫۰۰۱ | ۰٫۰۰۹ | ۰٫۰۰۳۰ | ۰٫۰۰۴ | |
| ۴ | ۰٫۰۰۳ | ۰٫۰۰۹ | ۰٫۰۰۳۰ | ۰٫۰۰۴ | |
| ۵ | ۰/۰۰۲ | ۰٫۰۰۶ | ۰٫۰۰۲۰ | ۰٫۰۰۲ | |
| ۶ | ۰٫۰۰۵ | ۰٫۰۱۰ | ۰٫۰۰۳۳ | ۰٫۰۰۳ | |
| ۷ | ۰٫۰۰۶ | ۰٫۰۱۳ | ۰٫۰۰۴۳ | ۰٫۰۰۴ | جابجایی شیفت |
| ۸ | ۰٫۰۰۳ | ۰٫۰۱۴ | ۰٫۰۰۴۷ | ۰٫۰۰۳ | |
| ۹ | ۰٫۰۰۴ | ۰٫۰۱۳ | ۰٫۰۰۴۳ | ۰٫۰۰۳ | |

**جدول ۱- نتایج زیرگروه از قطر روزنه برای پین قاب ساعت**

| شماره زیرگروه | قطر روزنه | مجموع سه مشاهده متحرک | میانگین متحرک | دامنه متحرک | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱۰ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۰۴۰ | ۰/۰۰۲ | |
| ۱۱ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۱ | |
| ۱۲ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۰۵۳ | ۰/۰۰۱ | |
| ۱۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۰۴۰ | ۰/۰۰۵ | |
| ۱۴ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۳۰ | ۰/۰۰۵ | جابجایی ابزار |
| ۱۵ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۳۳ | ۰/۰۰۶ | |
| ۱۶ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۳۳ | ۰/۰۰۶ | |
| ۱۷ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۰۳۷ | ۰/۰۰۶ | |
| ۱۸ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۲۷ | ۰/۰۰۳ | |
| ۱۹ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۳۳ | ۰/۰۰۱ | |
| ۲۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۲۷ | ۰/۰۰۳ | |
| ۲۱ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۳۳ | ۰/۰۰۵ | |
| ۲۲ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۰۴۰ | ۰/۰۰۵ | |
| ۲۳ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۰۵۰ | ۰/۰۰۲ | |
| ۲۴ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۰۳۷ | ۰/۰۰۳ | |
| ۲۵ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۲۳ | ۰/۰۰۳ | |
| **کل** | | | **۰/۰۸۲۹** | **۰/۰۸۰** | |

### ۶-۵-۱ حدود کنترل برای نمودار کنترل دامنه متحرک

$$C_L = \overline{\mathrm{R}} = \frac{0.080}{23} = 0.0035$$

$$U_{\mathrm{CL}} = \mathrm{D}_4\overline{\mathrm{R}} = 2.575 \times 0.0035 = 0.0090$$

$$L_{\mathrm{CL}} = \mathrm{D}_3\overline{\mathrm{R}} = 0 \times 0.0035 = 0$$

در معادلات فوق، مقادیر $D_3$و $D_4$ برای n=۳ از پیوست الف به دست آمده است. چنانچه مقادیر دامنه کمتر از $U_{\mathrm{CL}}$ باشد، مقدار میانگین دامنه همگن، برای محاسبه حدود کنترل برای نمودار کنترل میانگین متحرک، ۰/۰۰۳۵ در نظر گرفته می‌شود.

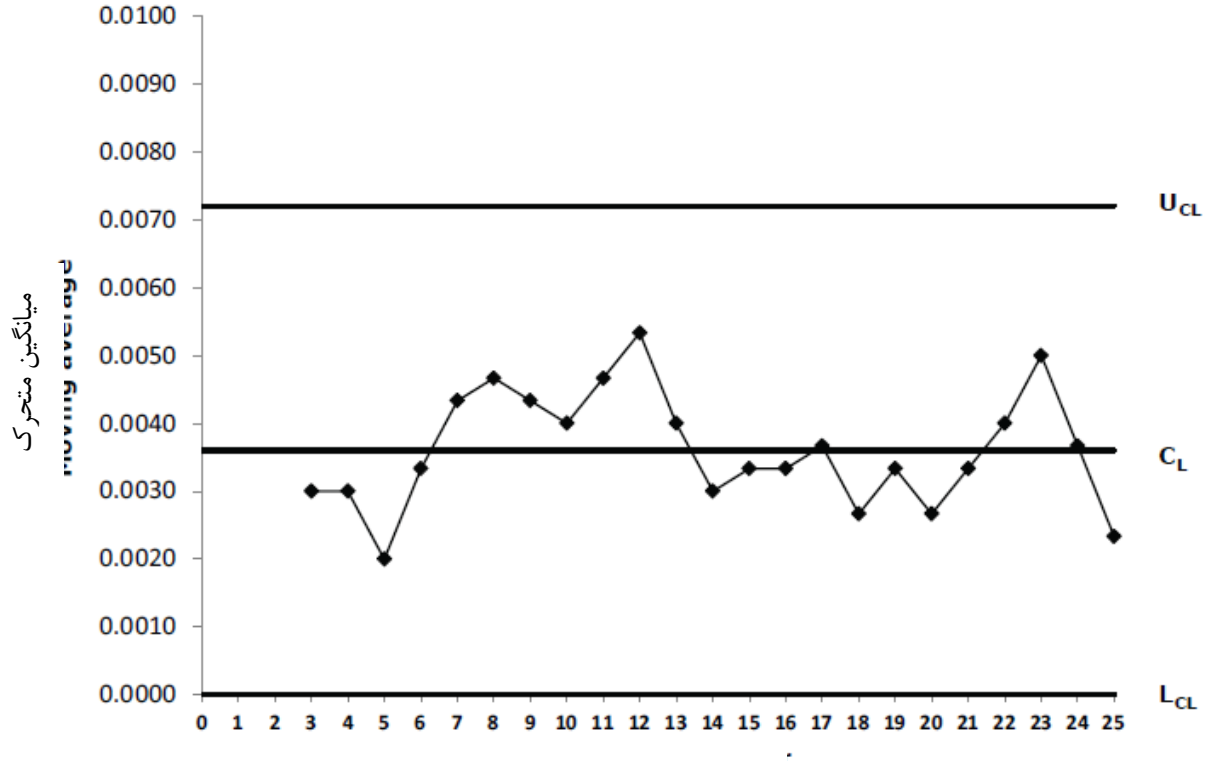
### ۶-۵-۲ حدود کنترل برای نمودار کنترل میانگین متحرک

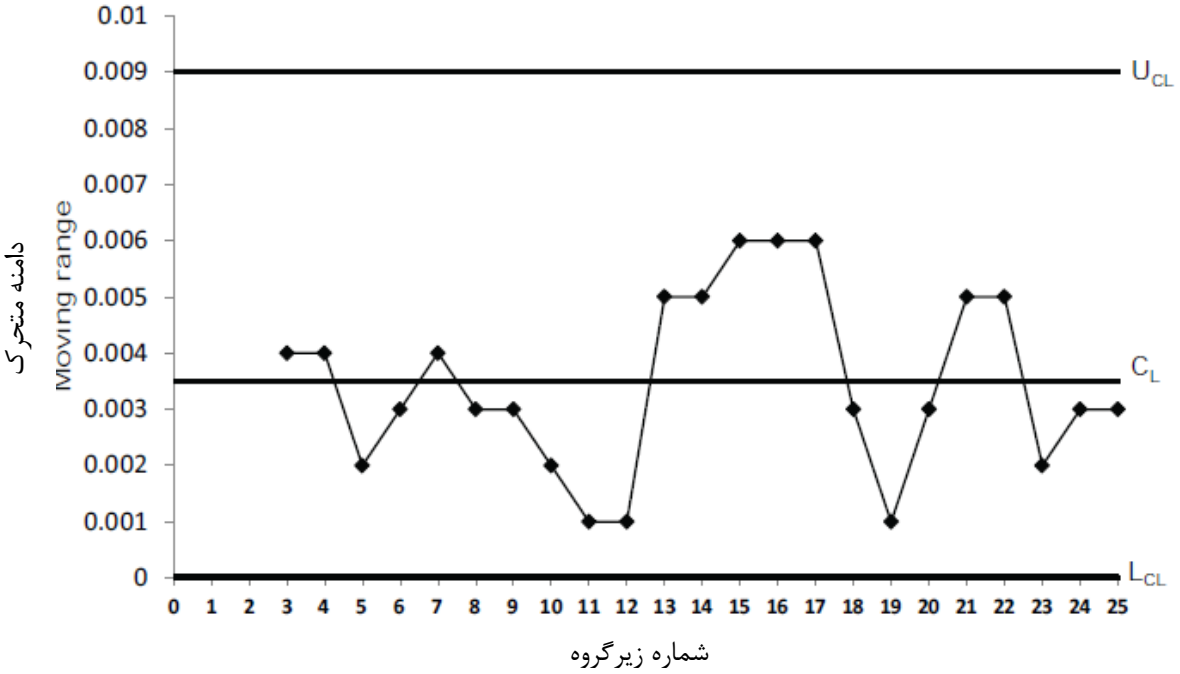
$$C_L = \overline{\overline{\mathrm{x}}} = \frac{0.0829}{23} = 0.0036$$

$$U_{\mathrm{CL}} = \overline{\overline{\mathrm{x}}} + \mathrm{A}_2\overline{\mathrm{R}} = 0.0036 + 1.023 \times 0.0035 = 0.0072$$

$$L_{\mathrm{CL}} = \overline{\overline{\mathrm{x}}} - \mathrm{A}_2\overline{\mathrm{R}} = 0.0036 - 1.023 \times 0.0035 = 0$$

مقدار $A_2$ از پیوست الف برای n=۳، ۱/۰۲۳ در نظر گرفته می‌شود. نمودار کنترل در شکل ۱ رسم شده است.




**شکل۱- نمودارهای کنترل میانگین متحرک و دامنه متحرک**

### ۶-۵-۳ تفسیر

فرایند در وضعیت کنترل آماری قرار دارد.

## ۷ نمودار Z

در برخی مواقع نیاز به کنترل فرایندها وجود دارد، مثل وقتی که گونه‌های زیادی از محصولات با مشخصات متفاوت وجود دارد، مقدار تولید کم باشد و اندازه‌های بهر/ نمونه متغیر باشد. هنگامی که تفاوت‌های قابل توجهی در واریانس این محصولات وجود داشته باشد، استفاده از انحراف از هدف فرایند مشکل‌ساز می‌شود. همچنین ممکن است موقعیت‌هایی وجود داشته باشد که فرایند یک مقدار هدف ثابت نداشته باشد. در عوض، مقدار هدف همراه با زمان تغییر می‌کند.

در چنین مواردی، نمودارهایی که به طور معمول استفاده می‌شوند از قبیل نمودارهای $(\bar{X}, R)$ یا $(\bar{X}, s)$ نمی‌توانند مبنایی برای قضاوت و تفسیر معتبر نمودار کنترل و تصمیم‌گیری مناسب باشند. یک نمودار مناسب، برای دیدن الگو و تصمیم‌گیری نمودار z است. این عقیده وجود دارد که داده‌ها را استاندارد کنیم تا پارامترهای متفاوت محصول را برحسب میانگین‌ها و تغییرپذیری و تبدیل هر نقطه به یک متغیر نرمال استاندارد با استفاده از تبدیل $z = \frac{(x-\mu)}{\sigma}$ جبران کنیم، به طوری که مقدار مورد انتظار انحراف استاندارد ارائه شده در آن نقطه زمانی شناخته شده است. اگر فرایند تحت کنترل آماری باشد، آن گاه انحرافات نرمال استاندارد بین ۳+ و ۳- خواهند بود. این نوع نمودارها به نمودار z منسوب هستند.

### ۷-۱ حدود کنترل

$C_L = 0$

$U_{\mathrm{CL}} = +3$

$L_{\mathrm{CL}} = -3$

### ۷-۲ مزیت‌ها

مزیت نمودار Z، محاسبه و نمایش ساده آن است و مهم‌تر اینکه تفسیر معمول نمودارهای کنترل شوهارت را به منظور کنترل فرایند و تصمیم‌گیری، تسهیل می‌کند.

### ۷-۳ محدودیت ها

از آنجایی که این نمودار برای برآورد تغییرپذیری نیاز به داده‌های قبلی دارد، هنگامی که هیچ داده قبلی وجود ندارد، ممکن است به کارگیری آن مشکل باشد.

### ۷-۴ مثال

میله‌های گرافیتی مورد استفاده در تولید فولاد، در کوره پخته می‌شوند. در زمان‌های مختلف (زیرگروه‌ها)، دمای داخل کوره متفاوت است. مقادیر هدف دما و برآورد انحراف استاندارد ذاتی دمای کوره در زمان‌های مختلف در جدول ۲ آمده است. مقادیر انحراف استاندارد نرمال (Z) برای زیرگروه‌های متفاوت محاسبه شده و در جدول ۲ آمده است. نگاه می‌کنیم ببینیم آیا این مقادیر بین ۳+ و ۳- قرار می‌گیرند یا خیر. اگر مقادیر بالای ۳+ یا زیر ۳- قرار گیرند، آنگاه فرایند در وضعیت خارج از کنترل قرار دارد. نمودار کنترل در شکل ۲ رسم شده است.

## ۸ نمودارهای کنترل گروهی

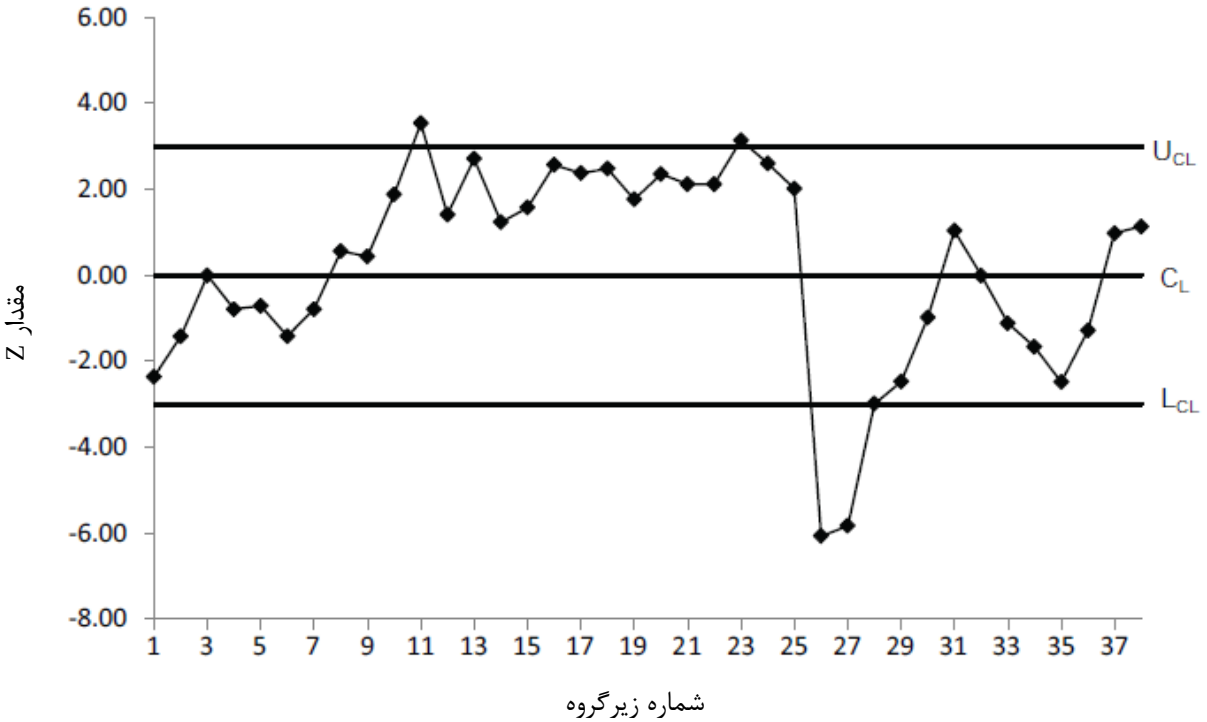
در تولید صنعتی ممکن است اتفاق افتاده باشد که داده‌های نمایش داده شده به منظور کنترل کیفیت از چند منبع بیاید، برای مثال از دستگاه چند دوکی نخ ریسی با خروجی استاندارد یکسان، یا چندین کارگر یا چندین دستگاه. در چنین مواردی، هنگامی که نمودار کنترل نشان‌دهنده عدم کنترل باشد، مگر در مواردی که در انتخاب نمونه گام های مناسب برداشته شده باشد، برای مهندس کیفیت مشکل است تا مسأله را مشخص کند. یکی از راه‌های آشکار، حفظ یک نمودار جداگانه برای هر منبع انحراف احتمالی است که غیر اقتصادی و زمان‌بر است. یک نمودار کنترل گروهی، اولین بار با دیدگاه کنترل ابعاد بر روی ماشین‌های اتوماتیک چند دوک نخ‌ریسی، توصیه شده است که دارای قابلیت کاربرد گسترده‌ای است و یک جواب برای مسأله فراهم می‌کند.

نمودارهای کنترل گروهی فقط هنگامی معتبر هستند که دلایل کافی وجود دارد که فرض کنیم میانگین‌های هریک از منابع داده و همچنین تغییرپذیری هریک از منابع یکنواخت هستند. به جای حفظ یک زوج از نمودارهای میانگین و دامنه برای هر منبع ممکن، (نظیر ماشین یا کارگر) فقط یک جفت از نمودارهای میانگین و دامنه حفظ می‌شوند. در نمودار میانگین، بیشترین و کمترین مقدار میانگین، همراه با شناسایی منبع مناسب (از قبیل شماره سریال دوک ها، ماشین آلات یا کارگران) رسم می‌شوند و بزرگ‌ترین مقدار دامنه بر روی نمودار دامنه رسم می‌شود. در نمودار میانگین، بیش‌ترین مقادیر با یک خط به هم وصل می‌شوند، در مورد کم‌ترین مقادیر نیز همین کار انجام می‌شود تا از سردرگمی اجتناب شود. عقیده اصلی بر این است که اگر بزرگ‌ترین مقدار متناظر با یک نمونه خاص، زیر حد بالایی کنترل ($U_{CL}$) قرار گیرد، سایر مقادیر نیز ضرورتاً، این‌چنین عمل می‌کنند. به طور مشابه، اگر کم‌ترین مقدار بالای حد پایینی کنترل ($L_{CL}$) باشد، دیگر مقادیر نیز ضرورتاً این‌چنین می باشند. شماره شناسایی متصل به بزرگ‌ترین مقدار که بالاتر از $U_{CL}$ قرار می‌گیرد یا متصل به کم‌ترین مقدار که زیر $L_{CL}$ قرار می‌گیرد بلافاصله نشان‌دهنده مشکلی در منبع می‌باشد. اگر یک شماره خاص با تکرار بیشتر یا در مقدار بالا یا مقدار پایین ظاهر شود، نیاز به توجه وجود دارد. اگر مقادیر بالا یا شناسایی پایین با یکدیگر الگوی دوره‌ای را برای شماره شناسایی یکسان نشان دهند، سرنخ حیاتی برای توجه فراهم می‌کند.

**جدول ۲- نتایج زیرگروه از درجه حرارت داخل کوره**

| شماره زیرگروه | زمان (h) | مقدار هدف (μ) | انحراف استاندارد از داده‌های قبلی | مقدار مشاهده شده | $z = \frac{(x-\mu)}{\sigma}$ | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲ | ۲۰۵ | ۲٫۱۲ | ۲۰۰ | -۲٫۳۶ | |
| ۲ | ۴ | ۲۱۰ | ۷٫۰۷ | ۲۰۰ | -۱٫۴۱ | |
| ۳ | ۶ | ۲۱۰ | ۸٫۴۸ | ۲۱۰ | -۰/۰۰ | |
| ۴ | ۸ | ۲۲۰ | ۶٫۳۶ | ۲۱۵ | -۰٫۷۹ | |
| ۵ | ۱۰ | ۲۲۰ | ۷٫۰۷ | ۲۱۵ | -۰٫۷۱ | |
| ۶ | ۱۲ | ۲۳۰ | ۷٫۰۷ | ۲۲۰ | -۱٫۴۱ | |
| ۷ | ۱۴ | ۲۳۰ | ۶٫۳۶ | ۲۲۵ | -۰٫۷۹ | |
| ۸ | ۱۶ | ۲۳۰ | ۱۷٫۶۸ | ۲۴۰ | ۰٫۵۷ | |
| ۹ | ۱۸ | ۲۴۰ | ۱۱٫۳۱ | ۲۴۵ | ۰٫۴۴ | |
| ۱۰ | ۲۰ | ۲۴۰ | ۱۰٫۶۱ | ۲۶۰ | ۱٫۸۹ | |
| ۱۱ | ۲۲ | ۲۴۰ | ۷٫۰۷ | ۲۶۵ | ۳٫۵۴ | خرابی سیستم گرمایش |
| ۱۲ | ۲۴ | ۲۴۰ | ۳٫۵۳ | ۲۴۵ | ۱٫۴۲ | |
| ۱۳ | ۲۶ | ۲۴۰ | ۵٫۵۳ | ۲۵۵ | ۲٫۷۱ | |
| ۱۴ | ۲۸ | ۲۵۰ | ۸٫۰۸ | ۲۶۰ | ۱٫۲۴ | |
| ۱۵ | ۳۰ | ۲۵۰ | ۱۲٫۶۵ | ۲۷۰ | ۱٫۲۸ | |
| ۱۶ | ۳۲ | ۲۵۰ | ۱۳٫۶۲ | ۲۸۵ | ۲٫۵۷ | |
| ۱۷ | ۳۴ | ۲۶۰ | ۱۰٫۵ | ۲۸۵ | ۲٫۳۸ | |
| ۱۸ | ۳۶ | ۲۶۰ | ۱۰٫۰۷ | ۲۸۵ | ۲٫۴۸ | |
| ۱۹ | ۳۸ | ۲۷۰ | ۸٫۴۸ | ۲۸۵ | ۱٫۷۷ | |
| ۲۰ | ۴۰ | ۲۷۰ | ۶٫۳۶ | ۲۸۵ | ۲٫۳۶ | |
| ۲۱ | ۴۲ | ۲۷۰ | ۷٫۰۷ | ۲۸۵ | ۲٫۱۲ | |
| ۲۲ | ۴۴ | ۲۷۰ | ۷٫۰۷ | ۲۸۵ | ۲٫۱۲ | |
| ۲۳ | ۴۶ | ۲۸۰ | ۶٫۳۶ | ۳۰۰ | ۳٫۱۴ | |
| ۲۴ | ۴۸ | ۲۸۰ | ۷٫۶۷ | ۳۰۰ | ۲٫۶۱ | |
| ۲۵ | ۵۰ | ۳۲۰ | ۴٫۹۵ | ۳۳۰ | ۲٫۰۲ | |
| ۲۶ | ۵۲ | ۳۸۰ | ۴٫۹۵ | ۳۵۰ | -۶٫۰۶ | |
| ۲۷ | ۵۴ | ۴۶۰ | ۵٫۱۵ | ۴۳۰ | -۵٫۸۳ | |
| ۲۸ | ۵۶ | ۴۸۰ | ۶٫۷ | ۴۶۰ | -۲٫۹۹ | |
| ۲۹ | ۵۸ | ۵۵۰ | ۸٫۱ | ۵۳۰ | -۲٫۴۷ | |
| ۳۰ | ۶۰ | ۵۵۰ | ۵٫۱ | ۵۴۵ | -۰٫۹۸ | |
| ۳۱ | ۶۲ | ۵۵۰ | ۴٫۸ | ۵۵۵ | ۱٫۰۴ | |
| ۳۲ | ۶۴ | ۵۵۰ | ۵٫۲۵ | ۵۵۰ | ۰٫۰۰ | |
| ۳۳ | ۶۶ | ۵۵۰ | ۴٫۵ | ۵۴۵ | -۱٫۱۱ | |
| ۳۴ | ۶۸ | ۵۵۰ | ۶٫۰۲ | ۵۴۰ | -۱٫۶۶ | |
| ۳۵ | ۷۰ | ۵۵۰ | ۸٫۰۷ | ۵۳۰ | -۲٫۴۸ | |
| ۳۶ | ۷۲ | ۴۶۰ | ۷٫۸ | ۴۵۰ | -۱٫۲۸ | |
| ۳۷ | ۷۴ | ۳۴۰ | ۱۰٫۲ | ۳۵۰ | ۰٫۹۸ | |
| ۳۸ | ۷۶ | ۳۰۰ | ۸٫۷۶ | ۳۱۰ | ۱٫۱۴ | |

**یادآوری**- وقایعی از قبیل تغییر در ماده خام، شیفت، اپراتور و.. ممکن است در ستون "توضیحات" ثبت شود، برای اینکه ردیابی علت مشخص در آن مرحله را تسهیل کند.




**شکل۲- نمودار Z**

## ۸-۱ حدود کنترل

### ۸-۱-۱ نمودار کنترل گروهی برای دامنه

$$C_L = \overline{\mathrm{R}}$$
$$U_{\mathrm{CL}} = \mathrm{D}_4\overline{\mathrm{R}}$$
$$L_{\mathrm{CL}} = \mathrm{D}_3\overline{\mathrm{R}}$$

### ۸-۱-۲ نمودار کنترل گروهی برای میانگین ها

$$C_L = \overline{\overline{\mathrm{x}}} = \sum_{i=1}^{k} \bar{x}_i$$
$$U_{\mathrm{CL}} = \overline{\overline{\mathrm{x}}} + \mathrm{A}_2\overline{\mathrm{R}}$$
$$L_{\mathrm{CL}} = \overline{\overline{\mathrm{x}}} - \mathrm{A}_2\overline{\mathrm{R}}$$

مقادیر عامل های $\mathrm{A}_2$، $\mathrm{D}_3$ و $\mathrm{D}_4$ برای اندازه های مختلف نمونه در پیوست الف آمده است.

## ۸-۲ مزیت‌ها

مزیت‌ها عبارتند از:

**الف)** رسم آن کار کمتری می‌برد.

**ب)** ارائه فشرده تمام اطلاعات از یک گروه از ماشین‌آلات بر روی یک نمودار تنها، تفسیر را ساده تر می‌سازد.
**پ)** فهمیدن این‌که آیا یک منبع خاص به طور پیوسته، منجر به ایجاد مقادیر بالا یا پایین برروی نمودار میانگین یا دامنه می‌شود، آسان‌تر است. اگر تفاوت واقعی میان منابع وجود نداشته باشد، شماره متناظر با منابع گوناگون باید برروی نمودارها در درازمدت به صورت تقریباً یکسان قرارداده شود.

### ۸-۳ محدودیت‌ها

محدودیت‌ها عبارتند از:
**الف)** نمودارهای کنترل گروهی مستلزم آن است که چندین منبع زیرگروه که حاصل تعداد تقریباً برابر زیرگروه‌ها در نرخ تقریباً یکسان هستند، وجود داشته باشد؛ از قبیل دوک‌های مختلف در یک ماشین خودکار، چندین ماشین یکسان یا چندین اپراتور که هریک کار یکسانی را انجام می‌دهند. پیوستگی باید در میان میانگین‌ها یا انحراف‌های زیرگروه‌های مختلف که می‌توانند باقی بمانند، وجود داشته باشد. برای مثال، اگر ۱۰ ماشین با کار یکسان وجود داشته باشد اما دوتا از ماشین ها قابلیت فرایند متفاوت داشته باشند، آن‌گاه نمودار کنترل گروهی نمی‌تواند برای هر ۱۰ ماشین به کار رود و نباید این دو ماشین را در برگیرد. با دو ماشینی که قابلیت فرایند متفاوت دارند باید به طور مجزا رفتار شود.
**ب)** تفسیر آن به تجربه و مهارت نیاز دارد.
**پ)** تفسیر متعارف مسیرها در بالا یا در زیر خط مرکزی کاربرد ندارد.

### ۸-۴ مثال

جدول ۳، اندازه قطرهای دو قطعه تولید شده در هریک از شش دوک یک ماشین پیچ خودکار را نشان می‌دهد. مقادیر داده شده در واحدهای ۰/۰۰۱ میلی‌متر در بیش از ۱۲ میلی‌متر هستند. بالاترین و پایین‌ترین مقدار میانگین در جدول ۳ به ترتیب با H و L نشان‌داده شده است. هم‌چنین بالاترین مقدار دامنه نیز با H نشان داده شده است. تصمیم داریم یک نمودار کنترل گروهی رسم کنیم.

#### ۸-۴-۱ حدود کنترل برای نمودار کنترل گروهی برای دامنه

$C_L = \overline{\mathrm{R}} = \frac{35}{36} = 0.97$ میکرون $= 0.00097$ میلیمتر
$U_{\mathrm{CL}} = \mathrm{D_4}\overline{\mathrm{R}} = 3.267 \times 0.97 = 3.17$ میکرون $= 0.00317$ میلیمتر
$L_{\mathrm{CL}} = \mathrm{D_3}\overline{\mathrm{R}} = 0 \times 0.97 = 0$ میکرون

از پیوست الف، مقادیر $\mathrm{D_3}$ و $\mathrm{D_4}$ برای نمونه با اندازه n=۲، به ترتیب صفر و ۳٫۲۶۷ به دست می‌آیند. از آنجایی‌که همه مقادیر دامنه کمتر از $\mathrm{U_{CL}}$ هستند، دامنه‌ها همگن می باشند. بنابراین از میانگین دامنه می‌توان برای محاسبه حدود کنترل برای نمودار کنترل گروهی برای میانگین استفاده کرد.

#### ۸-۴-۲ حدود کنترل برای نمودار کنترل گروهی برای میانگین

$C_L = \overline{\overline{\mathrm{x}}} = \frac{195.5}{36} = 5.43$ میکرون $= 0.00543$ میلیمتر
$U_{\mathrm{CL}} = \overline{\overline{\mathrm{x}}} + \mathrm{A_2}\overline{\mathrm{R}} = 5.43 + 1.88 \times 0.97 = 7.25$ میکرون $= 0.00725$ میلیمتر
$L_{\mathrm{CL}} = \overline{\overline{\mathrm{x}}} - \mathrm{A_2}\overline{\mathrm{R}} = 5.43 - 1.88 \times 0.97 = 3.61$ میکرون $= 0.00361$ میلیمتر

مقدار $A_2$ برای اندازه نمونه n=۲، از پیوست الف، ۱٫۸۸۰ به دست می‌آید.
چنانچه مقادیر افزون بر ۱۲میلی‌متر باشند، حدود کنترل واقعی برای نمودار کنترل گروهی برای میانگین عبارت است از:

$C_L = 12.0054$ میلیمتر

$U_{\mathrm{CL}} = 12.0072$ میلیمتر

$L_{\mathrm{CL}} = 12.0036$ میلیمتر

**جدول ۳- نتایج زیرگروه از اندازه‌گیری قطر (برحسب میکرون در بیش از ۱۲ میلی‌متر)**

| شماره زیرگروه | شماره دوک | قطر | | میانگین $\bar{x}$ | | دامنه R | | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | قطعه ۱ | قطعه ۲ | | | | | |
| ۱ | ۱ | ۶ | ۷ | ۶٫۵ | H | ۱ | | |
| | ۲ | ۴ | ۶ | ۵٫۰ | | ۲ | H | |
| | ۳ | ۶ | ۴ | ۵٫۰ | | ۲ | H | |
| | ۴ | ۵ | ۴ | ۴٫۵ | L | ۱ | | |
| | ۵ | ۶ | ۵ | ۵٫۵ | | ۱ | | |
| | ۶ | ۴ | ۵ | ۴٫۵ | L | ۱ | | |
| ۲ | ۱ | ۶ | ۶ | ۶٫۰ | H | ۰ | | |
| | ۲ | ۶ | ۶ | ۶٫۰ | H | ۰ | | |
| | ۳ | ۵ | ۶ | ۵٫۵ | | ۱ | | |
| | ۴ | ۵ | ۵ | ۵٫۰ | L | ۰ | | |
| | ۵ | ۵ | ۶ | ۵٫۵ | | ۱ | | |
| | ۶ | ۷ | ۵ | ۶٫۰ | H | ۲ | H | |
| ۳ | ۱ | ۵ | ۶ | ۵٫۵ | | ۱ | H | |
| | ۲ | ۶ | ۶ | ۶٫۰ | H | ۰ | | |
| | ۳ | ۵ | ۵ | ۵٫۰ | L | ۰ | | |
| | ۴ | ۶ | ۵ | ۵٫۵ | | ۱ | H | |
| | ۵ | ۵ | ۵ | ۵٫۰ | L | ۰ | | |
| | ۶ | ۶ | ۶ | ۶٫۰ | H | ۰ | | |
| ۴ | ۱ | ۵ | ۶ | ۵٫۵ | | ۱ | | |
| | ۲ | ۶ | ۵ | ۵٫۵ | | ۱ | | |
| | ۳ | ۵ | ۵ | ۵٫۰ | | ۰ | | |
| | ۴ | ۴ | ۴ | ۴٫۰ | L | ۰ | | |
| | ۵ | ۵ | ۷ | ۶٫۰ | H | ۲ | H | |
| | ۶ | ۶ | ۴ | ۵٫۰ | | ۲ | H | |
| ۵ | ۱ | ۵ | ۶ | ۵٫۵ | | ۱ | | |
| | ۲ | ۵ | ۴ | ۴٫۵ | L | ۱ | | |
| | ۳ | ۶ | ۵ | ۵٫۵ | | ۱ | | |
| | ۴ | ۷ | ۴ | ۵٫۵ | | ۳ | H | |
| | ۵ | ۷ | ۶ | ۶٫۵ | H | ۱ | | |

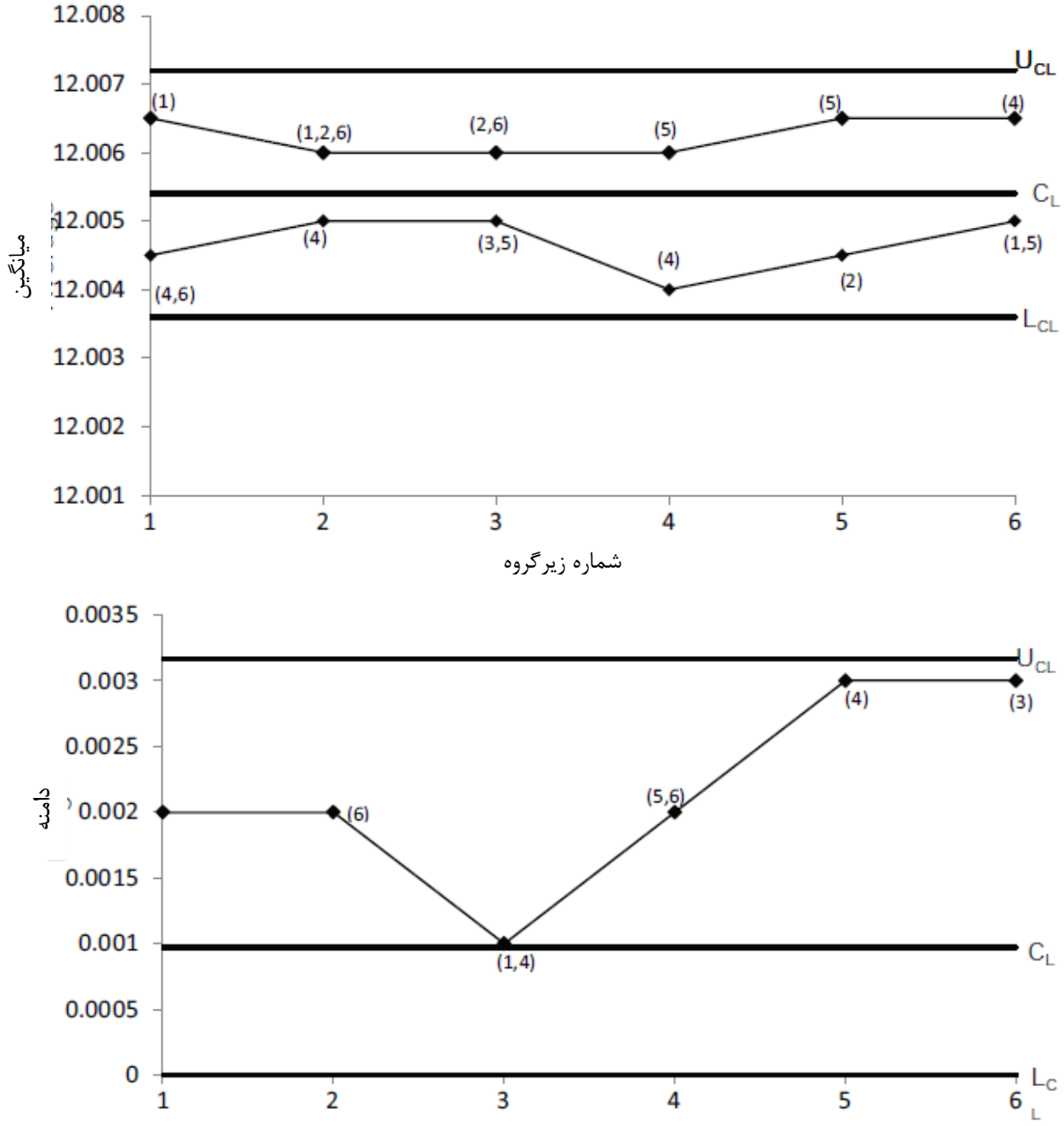
**جدول ۳- نتایج زیرگروه از اندازه‌گیری قطر (برحسب میکرون در بیش از ۱۲ میلی‌متر)**

| شماره زیرگروه | شماره دوک | قطر | | میانگین $\bar{x}$ | | دامنه R | | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | قطعه ۱ | قطعه ۲ | | | | | |
| | ۶ | ۵ | ۷ | ۶٫۰ | | ۲ | | |
| ۶ | ۱ | ۵ | ۵ | ۵٫۰ | L | ۰ | | |
| | ۲ | ۶ | ۵ | ۵٫۵ | | ۱ | | |
| | ۳ | ۴ | ۷ | ۵٫۵ | | ۳ | H | |
| | ۴ | ۷ | ۶ | ۶٫۵ | H | ۱ | | |
| | ۵ | ۵ | ۵ | ۵٫۰ | L | ۰ | | |
| | ۶ | ۶ | ۵ | ۵٫۵ | | ۱ | | |
| | | کل | | ۱۹۵٫۵ | | ۳۵ | | |

نمودار کنترل گروهی برای میانگین و دامنه در شکل ۳ رسم می‌شوند. در این شکل، در نمودار کنترل برای میانگین، پایین‌ترین و بالاترین مقدار میانگین همراه با شاخص‌های مناسب شناسایی منبع (شماره دوک) رسم می‌شوند. به طور مشابه در نمودار کنترل گروهی برای دامنه، بالاترین مقدار دامنه همراه با شاخص‌های مناسب شناسایی منبع تعداد دوک رسم می‌شوند.

### ۳-۴-۸ تفسیر

هیچ مدرکی دال بر خروج از وضعیت کنترل وجود ندارد.




**شکل ۳- نمودار کنترل گروهی برای میانگین ها و دامنه ها**

## ۹ نمودار کنترل بالا و پایین

بعضی وقت‌ها حجم نمونه بزرگ است و توالی تولید قابل ردیابی نیست. برای مثال در تولید دسته‌ای (مثلاً روی اندودکردن، عملیات حرارتی برای پخت) توالی تولید از دست می‌رود. هم‌چنین از آنجایی که چندین دسته با هم ترکیب می‌شوند، انحراف نظام‌مند، بخش ذاتی از پردازش بیشتر می‌شود. در چنین مواقعی بهتر است به جای نمودار مرسوم کنترل شوهارت، از یک نمودار کنترل برای کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین مقادیر یا در اصطلاح رایج، نمودار کنترل بالا و پایین استفاده کنیم.

### ۹-۱ حدود کنترل

#### ۹-۱-۱ میانگین و انحراف استاندارد، نامعلوم است

هنگامی که مقایر میانگین و پراکندگی فرایند از داده‌های قبلی معلوم نباشد، با کمک داده‌های اولیه‌ای که جمع‌آوری شده آنها را برآورد کرده و حدود کنترل به طریق زیر محاسبه می‌شوند:

$$C_L = \frac{(\bar{\mathrm{x}}_{\mathrm{H}} + \bar{\mathrm{x}}_{\mathrm{L}})}{2} = \bar{\mathrm{M}}$$
$$U_{\mathrm{CL}} = \bar{M} + \mathrm{H}_2\bar{\mathrm{R}}$$
$$L_{\mathrm{CL}} = \bar{M} - \mathrm{H}_2\bar{\mathrm{R}}$$

که در آن $\bar{\mathrm{R}} = \bar{x}_{\mathrm{H}} - \bar{\mathrm{x}}_{\mathrm{L}}$ به طوری که $X_H$ و $X_{\mathrm{L}}$ بزرگ‌ترین (بالا) و کوچک‌ترین (پایین) مقادیر را به ترتیب در هر زیرگروه مشخص می‌کند و $\bar{x}_{\mathrm{H}}$ و $\bar{\mathrm{x}}_{\mathrm{L}}$، به ترتیب میانگین بزرگ ترین و کوچک ترین مقادیر برای همه زیرگروه‌ها هستند. مقادیر $\mathrm{H}_2$ در پیوست الف داده شده است.

#### ۹-۱-۲ میانگین و انحراف استاندارد، معلوم است

اگر مقادیر میانگین و انحراف استاندارد فرایند به ترتیب تحت عنوان $\mu$ و $\sigma$ معلوم باشند، حدود کنترل عبارتند از:

$$C_L = \mu$$
$$U_{\mathrm{CL}} = \mu + \mathrm{H}\sigma$$
$$L_{\mathrm{CL}} = \mu - \mathrm{H}\sigma$$

مقادیر $\mathrm{H}$ در پیوست الف داده می‌شوند.

### ۹-۲ تفسیر

اگرچه معمولاً یک حد بالایی کنترل برای $\mathrm{X_H}$ و یک حد پایینی کنترل برای $\mathrm{X_L}$ رسم می‌شود، این امکان وجود دارد که یک حد بالایی کنترل و یک حد پایینی کنترل برای هر $\mathrm{X_H}$ و $\mathrm{X_L}$ به طور مجزا داشته باشیم. حدود کنترل برای $\mathrm{X_H}$ و $\mathrm{X_L}$ به ترتیب توسط $\bar{X}_H \pm (H_2 - \frac{1}{2})\bar{R}$ و $\bar{\mathrm{X}}_{\mathrm{L}} \pm \left(H_2 - \frac{1}{2}\right)\bar{R}$ تعیین می‌شوند. در چنین موردی، اگر $\mathrm{X_H}$ و $\mathrm{X_L}$ به ترتیب بالای حد بالایی کنترل و پایین حد پایینی کنترل قرار گیرند، تغییر در فرایند نشان داده می‌شود. از طرف دیگر اگر $\mathrm{X_H}$ بالای حد بالایی کنترل و $\mathrm{X_L}$ زیر حد پایینی کنترل باشد، مدرک کافی وجود دارد که نتیجه بگیریم افزایش در تغییرپذیری فرایند وجود دارد.

یک مسیر ۶ تا ۷ نقطه‌ای از نقاط بالایی و همچنین نقاط پایینی نزدیک به خط مرکزی، بهبود در فرایند را نشان می‌دهد. حدود کنترل برای فرایندهای بعدی، ممکن است به طور متوالی تغییر کند. اگر یک روند برای

هردوی $X_H$ و $X_L$ وجود داشته باشد، اعم از نزولی یا صعودی به طور هم‌زمان، آنگاه آن نشان‌دهنده یک تغییر در میانگین است. به علاوه، هرگونه روند افزایشی یا کاهشی و الگوهای دوره‌ای باید برای عوامل خاص بررسی شوند. اگر نقاط $X_H$ و $X_L$ خیلی نزدیک به خط مرکزی باشند، آنگاه یا روش نمونه‌گیری مناسب نیست یا داده‌ها صحیح نیستند.

### ۹-۳ مزیت‌ها

این نوع نمودار بسیار ساده است، زیرا نیاز به هیچ محاسبه‌ای برای رسم نقاط برروی نمودار کنترل ندارد. به علاوه در این مورد به جای دو نمودار مرسوم، فقط نیاز است که یک نمودار حفظ شود (نگه داشته شود)، چراکه اطلاعات در ارتباط با هردوی سطح فرایند و انحراف فرایند بر روی یک نمودار تنها ارائه می‌شود.
می توان فهمید که تحت اغلب شرایط، نمودارهای کنترل بالا و پایین تقریباً به خوبی نمودارهای $(\bar{X}, R)$ از نظر تشخیص عدم کنترل و سهولت تفسیر هستند.

### ۹-۴ محدودیت‌ها

هنگامی که فرایند نامنظم باشد، این نوع نمودار خیلی مفید نیست. انحراف نظام‌مند ممکن است درون دسته دیده نشود.

### ۹-۵ مثال

۲۵ زیرگروه از پیچ‌های ماشین‌کاری شده بر روی ماشین تراش، در فواصل منظم تولید، جمع‌آوری شده و به ترتیب تولید، ثبت شده است. اندازه هر زیرگروه ۵ است. جدول ۴، بزرگ‌ترین ($X_H$) و کوچک‌ترین ($X_L$) مقدار قطر سرپیچ برای هر ۲۵ زیرگروه را به ترتیب در ستون‌های ۲و ۳ نشان می‌دهد. حدود کنترل برای نمودار بالا و پایین به طریق زیر محاسبه می‌شود.

$$\bar{X}_H = \frac{\sum_{i=1}^{K} X_{Hi}}{K} = \frac{99.59}{25} = 3.984$$
$$\bar{X}_H = \frac{\sum_{i=1}^{K} X_{Li}}{K} = \frac{98.98}{25} = 3.959$$
$$\bar{R} = \bar{X}_H - \bar{X}_L = 3.984 - 3.959 = 0.025$$

حدود کنترل عبارتند از:

$$C_L = \frac{\bar{X}_H + \bar{X}_L}{2} = \frac{3.984 + 3.959}{2} = 3.972 = \bar{M}$$
$$U_{CL} = \bar{M} + H_2\bar{R} = 3.972 + 1.363 \times 0.025 = 4.006$$
$$L_{CL} = \bar{M} - H_2\bar{R} = 3.972 - 1.363 \times 0.025 = 3.938$$

از پیوست الف، مقدار $H_2$ برای اندازه نمونه ۵، برابر با ۱٫۳۶۳ است.

داده‌های جدول ۴ برای هر دو مقدار بالایی و پایینی بر روی نمودار کنترل بالا و پایین در شکل ۴ رسم شده‌اند.

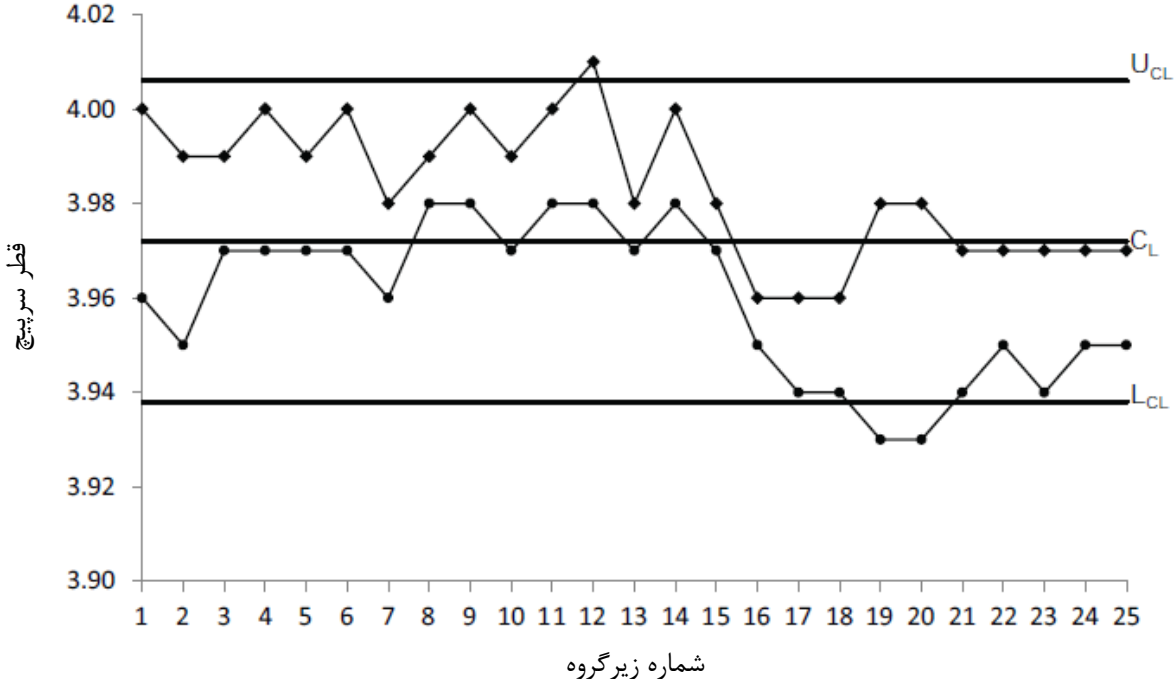
**جدول ۴- نتایج زیرگروه از مقادیر بالا و پایین قطر سرپیچ**

| شماره زیرگروه | مقدار بالایی ($x_H$) Mm | مقدار پایینی ($x_L$) Mm | توضیحات |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۴٫۰۰ | ۳٫۹۶ | |
| ۲ | ۳٫۹۹ | ۳٫۹۵ | |
| ۳ | ۳٫۹۹ | ۳٫۹۷ | |
| ۴ | ۴٫۰۰ | ۳٫۹۷ | |
| ۵ | ۳٫۹۹ | ۳٫۹۷ | |
| ۶ | ۴٫۰۰ | ۳٫۹۷ | |
| ۷ | ۳٫۹۸ | ۳٫۹۶ | |
| ۸ | ۳٫۹۸ | ۳٫۹۸ | |
| ۹ | ۴٫۰۰ | ۳٫۹۸ | |
| ۱۰ | ۳٫۹۹ | ۳٫۹۷ | |
| ۱۱ | ۴٫۰۰ | ۳٫۹۸ | |
| ۱۲ | ۴٫۰۱ | ۳٫۹۸ | |
| ۱۳ | ۳٫۹۸ | ۳٫۹۷ | |
| ۱۴ | ۴٫۰۰ | ۳٫۹۸ | جابجایی مواد |
| ۱۵ | ۳٫۹۸ | ۳٫۹۷ | |
| ۱۶ | ۳٫۹۶ | ۳٫۹۵ | |
| ۱۷ | ۳٫۹۶ | ۳٫۹۴ | |
| ۱۸ | ۳٫۹۶ | ۳٫۹۴ | |
| ۱۹ | ۳٫۹۸ | ۳٫۹۳ | |
| ۲۰ | ۳٫۹۸ | ۳٫۹۳ | |
| ۲۱ | ۳٫۹۷ | ۳٫۹۴ | جابجایی ابزار |
| ۲۲ | ۳٫۹۷ | ۳٫۹۵ | |
| ۲۳ | ۳٫۹۷ | ۳٫۹۴ | |
| ۲۴ | ۳٫۹۷ | ۳٫۹۵ | |
| ۲۵ | ۳٫۹۷ | ۳٫۹۵ | |
| کل | ۹۹٫۵۹ | ۹۸٫۹۸ | |

**یادآوری**- وقایعی چون تغییر در مواد خام، شیفت کاری، اپراتور و...، ممکن است در ستون توضیحات ثبت شود، تا ردیابی علل قابل تشخیص درآن مرحله را تسهیل کند.

### ۹-۵-۱ تفسیر

نقاط ۱۹ و ۲۰ در جدول ۴ نشان دهنده افزایش در تغییرپذیری مرتبط با نقش ابزار است. میانگین فرایند ثابت نیست. میانگین برای دوره اولیه (هفت نقطه اول)، دوره میانی (نقاط ۸ تا ۱۵) و دوره آخر، متفاوت است. ممکن است پایداری را از طریق پایش پارامترهای فرایند مستقل مربوطه به دست آوریم.




**شکل ۴- نمودار کنترل بالا و پایین**

## ۱۰ نمودار کنترل روند

در برخی صنایع، سطح فرایندها به طور نظام‌مند در طول دوره تولید تغییر می‌کند. برای مثال، سایش ابزار در یک کارگاه ماشین‌کاری، هم‌چنان که مخزن خالی می‌شود فشار پایین می آید و هم‌چنان که غلظت مواد شیمیایی در دسته با گذشت زمان ضعیف تر می‌شود، سرعت واکنش‌های شیمیایی نیز به آهستگی کاهش می‌یابند. در صورت سایش ابزار، ممکن است مطلوب باشد به منظور اجتناب از تولید اقلام نامنطبق، ابزار را تنظیم کرده یا مجدداً تیز کنیم. از طرف دیگر نمی‌توان توصیه کرد که بی‌جهت تولید را برای جایگزینی یا تیزکردن مجدد ابزار یا میزان‌کردن تنظیمات ابزار متوقف کنیم. هدف این است که هزینه‌های ترکیبی از اقلام نامنطبق و جایگزینی، تیزکردن مجدد یا تنظیم ابزار را اقتصادی کنیم.

در چنین مواردی نمودارهای کنترل( $\bar{X}-R$ ) شوهارت برای کنترل اقتصادی فرایند کافی نیست، زیرا انحراف در فرایند فقط به سبب علل شانس به تنهایی نیست بلکه هم‌چنین به سبب علل مشخص چنانچه در بالا بحث شده می باشد. برای این نمودار، نمونه‌ها به روشی جمع‌آوری می‌شوند که سطح فرایند بین دو زیرگروه متوالی کم و بیش ثابت است. و اقلام انفرادی یک زیرگروه، اقلام متوالی از تولید هستند به طوری که روند کم‌ترین اثر را برروی دامنه زیرگروه خواهد داشت.

### ۱-۱۰ حدود کنترل

#### ۱-۱-۱۰ حدود کنترل برای نمودار دامنه

$C_L = \overline{\mathrm{R}}$

$U_{\mathrm{CL}} = \mathrm{D}_4\overline{\mathrm{R}}$

$L_{\mathrm{CL}} = \mathrm{D}_3\overline{\mathrm{R}}$

به طوری که $\overline{\mathrm{R}}$ میانگین دامنه های همگن است.

**۱۰-۱-۲ حدود کنترل برای نمودار میانگین**

میانگین K امین زیرگروه ($\bar{X}_K$) ممکن است با $\bar{X}_K = \mathrm{a} + \mathrm{bK}$ بیان شود، به طوری که a و b ثابت هستند و به طریق زیر تعیین می‌شوند.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{K}(\bar{X}_i - \bar{\bar{X}})(i - \bar{K})}{\sum_{i=1}^{K}(i - \bar{K})^2} = \frac{12\sum_{i=1}^{K}\bar{X}_i(i - \bar{K})}{K(K^2 - 1)}$$

و

$$a = \bar{\bar{X}} - b\bar{K}$$

حدود کنترل برای میانگین عبارتند از:

$$C_L = a + bK$$
$$U_{\mathrm{CL}} = a + bK + \mathrm{A}_2\overline{\mathrm{R}}$$
$$L_{\mathrm{CL}} = a + bK - \mathrm{A}_2\overline{\mathrm{R}}$$

مقادیر $\mathrm{A}_2$، $\mathrm{D}_3$ و $\mathrm{D}_4$ برای اندازه نمونه های مختلف، از پیوست الف به دست می آیند.

**۱۰-۲ مزیت‌ها**

نمودار کنترل، تکرار تنظیمات فرایند را کاهش می‌دهد که این خود منجر به کاهش هزینه انطباق می‌شود. به علاوه، معیار برای خروج از نشانه‌های کنترل یکسان با نمودار کنترل شوهارت است.

**۱۰-۳ محدودیت ها**

نمودار کنترل روند:

**الف)** تنها زمانی که قابلیت فرایند بالا باشد مفید است؛

**ب)** تنها زمانی قابل اجرا است که بعد از این، مونتاژ بیشتری صورت نگیرد؛

**پ)** کارایی آن از نمودار میانگین کمتر است.

**۱۰-۴ مثال**

جدول ۵ داده‌های مربوط به "ضخامت نوک" "راه انداز[1]" برای ۲۵ زیرگروه (هرکدام شامل ۵ نمونه) ماشین‌کاری شده با ابزار جدید،که در فواصل منظم تولید جمع‌آوری و به ترتیب تولید ثبت شده‌اند را نشان می‌دهد. میانگین و دامنه برای هر زیرگروه نیز محاسبه شده و در جدول ۵ آمده است. تصمیم گرفته می‌شود که یک نمودار کنترل روند ایجاد کنیم.

**۱۰-۴-۱ حدود کنترل برای نمودار دامنه**

$$C_L = \overline{\mathrm{R}} = \frac{0.40}{25} = 0.016$$

1 -starter

$U_{\mathrm{CL}} = \mathrm{D}_4\overline{\mathrm{R}} = 2.115 \times 0.016 = 0.034$

$L_{\mathrm{CL}} = \mathrm{D}_3\overline{\mathrm{R}} = 0 \times 0.016 = 0$

همه مقادیر دامنه کمتر از $\mathrm{D}_4\overline{\mathrm{R}}$ هستند، از اینرو مقادیر فوق به عنوان حدود کنترل در نظر گرفته می‌شوند.

### ۱۰-۴-۲ حدود کنترل برای نمودار میانگین

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{25} X_i}{25} = \frac{49.440}{25} = 1.9776$$

$$\overline{K} = \frac{K+1}{2} = \frac{25+1}{2} = 13$$

$$b = \frac{12\sum_{i=1}^{K} \bar{X}_i(i-\overline{K})}{K(K^2-1)} = \frac{12 \times 1.534}{25(25^2-1)} = 0.00118$$

$$a = \bar{\bar{X}} - b\overline{K} = 1.9776 - 0.00118 \times 13 = 1.9623$$

$$C_L = a + bK = 1.9623 + 0.00118K$$

$$U_{\mathrm{CL}} = a + bK + \mathrm{A}_2\overline{\mathrm{R}} = 1.9623 + 0.00118K + 0.577 \times 0.016 = 1.9715 + 0.00118K$$

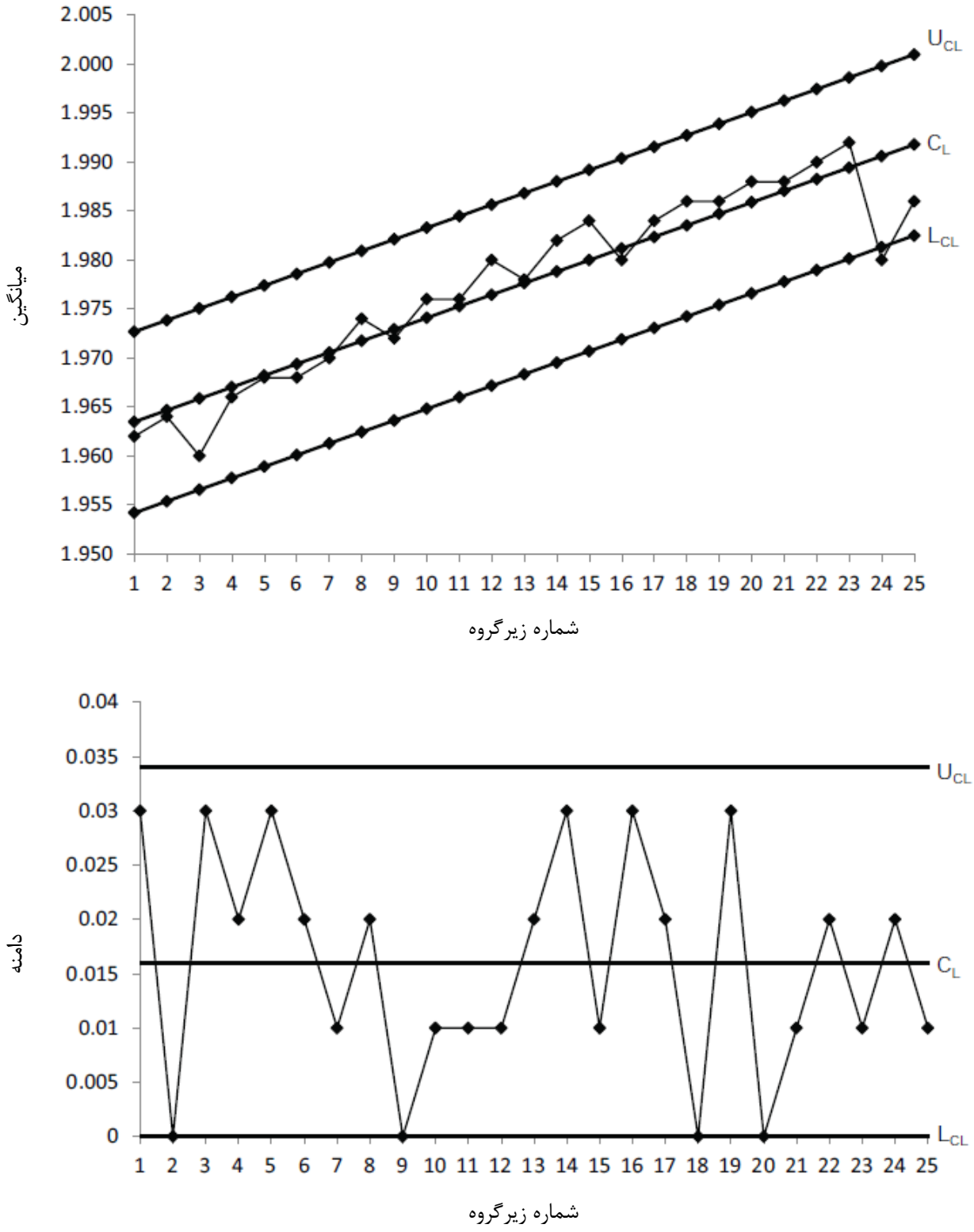
$$L_{\mathrm{CL}} = a + bK - \mathrm{A}_2\overline{\mathrm{R}} = 1.9623 + 0.00118K - 0.577 \times 0.016 = 1.9530 + 0.00118K$$

**جدول ۵- نتایج زیرگروه از ضخامت سر شروع کننده**

| شماره زیرگروه | میانگین $(\bar{X}_i)$ | دامنه (mm) | $(1-\bar{K})$ | $X_i(1-\bar{K})$ | $U_{CL}$ | $L_{CL}$ | $C_L$ | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱٫۹۶۲ | ۰٫۰۳ | -۱۲ | -۲۳٫۵۴۴ | ۱٫۹۷۲۷ | ۱٫۹۵۴۲ | ۱٫۹۶۳۵ | |
| ۲ | ۱٫۹۶۴ | ۰٫۰۰ | -۱۱ | -۲۱٫۶۰۴ | ۱٫۹۷۳۹ | ۱٫۹۵۵۴ | ۱٫۹۶۴۷ | |
| ۳ | ۱٫۹۶۰ | ۰٫۰۳ | -۱۰ | -۱۹٫۶۰۰ | ۱٫۹۷۵۰ | ۱٫۹۵۶۵ | ۱٫۹۶۵۸ | |
| ۴ | ۱٫۹۶۶ | ۰٫۰۲ | -۹ | -۱۷٫۶۹۴ | ۱٫۹۷۶۲ | ۱٫۹۵۷۷ | ۱٫۹۶۷۰ | جابجایی |
| ۵ | ۱٫۹۶۸ | ۰٫۰۳ | -۸ | -۱۵٫۷۴۴ | ۱٫۹۷۷۴ | ۱٫۹۵۸۹ | ۱٫۹۶۸۲ | |
| ۶ | ۱٫۹۶۸ | ۰٫۰۲ | -۷ | -۱۳٫۷۷۶ | ۱٫۹۷۸۶ | ۱٫۹۶۰۱ | ۱٫۹۶۹۴ | |
| ۷ | ۱٫۹۷۰ | ۰٫۰۱ | -۶ | -۱۱٫۸۲۰ | ۱٫۹۷۹۸ | ۱٫۹۶۱۳ | ۱٫۹۷۰۶ | |
| ۸ | ۱٫۹۷۴ | ۰٫۰۲ | -۵ | -۹٫۸۷۰ | ۱٫۹۸۰۹ | ۱٫۹۶۲۴ | ۱٫۹۷۱۷ | |
| ۹ | ۱٫۹۷۲ | ۰٫۰۰ | -۴ | -۷٫۸۸۸ | ۱٫۹۸۲۱ | ۱٫۹۶۳۶ | ۱٫۹۷۲۹ | جابجایی شیفت |
| ۱۰ | ۱٫۹۷۶ | ۰٫۰۱ | -۳ | -۵٫۹۲۸ | ۱٫۹۸۳۳ | ۱٫۹۶۴۸ | ۱٫۹۷۴۱ | |
| ۱۱ | ۱٫۹۷۶ | ۰٫۰۱ | -۲ | -۳٫۹۵۲ | ۱٫۹۸۴۵ | ۱٫۹۶۶۰ | ۱٫۹۷۵۳ | |
| ۱۲ | ۱٫۹۸۰ | ۰٫۰۱ | -۱ | -۱٫۹۸۰ | ۱٫۹۸۵۷ | ۱٫۹۴۷۲ | ۱٫۹۷۶۵ | |
| ۱۳ | ۱٫۹۷۸ | ۰٫۰۲ | ۰ | ۰٫۰۰۰ | ۱٫۹۸۶۸ | ۱٫۹۶۸۳ | ۱٫۹۷۷۶ | جابجایی ابزار |
| ۱۴ | ۱٫۹۸۲ | ۰٫۰۳ | ۱ | ۱٫۹۸۲ | ۱٫۹۸۸۰ | ۱٫۹۶۹۵ | ۱٫۹۷۸۸ | |
| ۱۵ | ۱٫۹۸۴ | ۰٫۰۱ | ۲ | ۳٫۹۶۸ | ۱٫۹۸۹۲ | ۱٫۹۷۰۷ | ۱٫۹۸۰۰ | |
| ۱۶ | ۱٫۹۸۰ | ۰٫۰۳ | ۳ | ۵٫۹۴۰ | ۱٫۹۹۰۴ | ۱٫۹۷۱۹ | ۱٫۹۸۱۲ | |
| ۱۷ | ۱٫۹۸۴ | ۰٫۰۲ | ۴ | ۷٫۹۳۶ | ۱٫۹۹۱۶ | ۱٫۹۷۳۱ | ۱٫۹۸۲۴ | |
| ۱۸ | ۱٫۹۸۶ | ۰٫۰۰ | ۵ | ۹٫۹۳۰ | ۱٫۹۹۲۷ | ۱٫۹۷۴۲ | ۱٫۹۸۳۵ | |
| ۱۹ | ۱٫۹۸۶ | ۰٫۰۳ | ۶ | ۱۱٫۹۱۶ | ۱٫۹۹۳۹ | ۱٫۹۴۵۴ | ۱٫۹۸۴۷ | |
| ۲۰ | ۱٫۹۸۸ | ۰٫۰۰ | ۷ | ۱۳٫۹۱۶ | ۱٫۹۹۵۱ | ۱٫۹۷۶۶ | ۱٫۹۸۵۹ | |
| ۲۱ | ۱٫۹۸۶ | ۰٫۰۱ | ۸ | ۱۵٫۹۰۴ | ۱٫۹۹۶۳ | ۱٫۹۷۷۸ | ۱٫۹۸۷۱ | |
| ۲۲ | ۱٫۹۹۰ | ۰٫۰۲ | ۹ | ۱۷٫۹۱۰ | ۱٫۹۹۷۵ | ۱٫۹۷۹۰ | ۱٫۹۸۸۳ | |
| ۲۳ | ۱٫۹۹۲ | ۰٫۰۱ | ۱۰ | ۱۹٫۹۲۰ | ۱٫۹۹۸۶ | ۱٫۹۸۰۱ | ۱٫۹۸۹۴ | |
| ۲۴ | ۱٫۹۸۰ | ۰٫۰۲ | ۱۱ | ۲۱٫۷۸۰ | ۱٫۹۹۹۸ | ۱٫۹۸۱۳ | ۱٫۹۹۰۶ | |
| ۲۵ | ۱٫۹۸۶ | ۰٫۰۱ | ۱۲ | ۲۳٫۸۳۲ | ۲٫۰۰۱۰ | ۱٫۹۸۲۵ | ۱٫۹۹۱۸ | |
| کل | ۴۹٫۴۴۰ | ۰٫۴۰ | ۰ | ۱٫۵۳۴۰ | | | | |

**یادآوری**- رویدادهایی از قبیل تغییر در مواد خام، شیفت کاری، اپراتور و... ممکن است در ستون توضیحات ثبت شود به منظور این که ردیابی علل خاص را در آن مرحله تسهیل کند.

داده‌های جدول ۵، برروی نمودار کنترل روند برای نمودار میانگین و دامنه، در شکل ۵ رسم می‌شوند.




**شکل ۵- نمودار کنترل روند**

### ۱۰-۴-۳ تفسیر

چنان‌چه از نمودار دامنه معلوم می‌شود، انحراف فرایند تحت‌کنترل است. میانگین (نمودار روند) با توجه به اینکه اغلب نقاط در اطراف خط مرکزی جمع شده، یکنواختی بیش از حدی را نشان می‌دهد. الگوی فرایند و روش نمونه‌گیری باید برای اثر نظام‌مند پنهان به منظور ارزیابی توان بالقوه موجود برای بهبود بررسی شود.

## ۱۱ نمودار کنترل برای ضریب تغییرات

ضریب تغییرات (v) ممکن است مشخصه مفیدی از تغییرپذیری را در مواردی ارائه دهد که نمونه ها از جوامع با میانگین‌ها و انحراف استانداردهای متفاوت گرفته شده‌اند، اما نسبت آن‌ها یکسان است، به طور مثال مقاوت بتن. در حقیقت، میانگین مقاومت فشاری مکعب ملات سیمان با زمان پخت افزایش می‌یابد و انحراف استاندارد نیز به همین نسبت افزایش می‌یابد، اما نسبت آنها عملاً ثابت می‌ماند. مثال‌های دیگر شامل قدرت خردکردن آجر، ضخامت فتیله نخ لیف‌های کنفی در مراحل متفاوت فرایند (به طور مثال، پنبه‌زنی، طراحی و از این قبیل).

تغییرپذیری نسبی آنگاه ممکن است توسط محاسبه ضریب تغییرات نمونه و رسم این نقاط برروی نمودار کنترل، بررسی شود. مقادیر بالاتر ضریب تغییرات، منجر به تغییرپذیری بالاتر یا میانگین پایین‌تر یا هر دو خواهدشد. اینها به عنوان شاخصی از یک فرایند نامطلوب در نظر گرفته می‌شوند. مقادیر پایین مربوط به ضریب تغییرات، مطلوب در نظر گرفته می‌شود. بنابراین در نمودارهای کنترل برای ضریب تغییرات، فقط ضروری است تا ظهور مشکل تولید به سبب مقدار بالای ضریب تغییرات نمونه را با علامت قرمز مشخص کنیم. بدین ترتیب، همانند نمودارهای دامنه یا انحراف استاندارد، مشکل عمدتاً با حد بالایی مرتبط می‌شود.

### ۱۱-۱ حدود کنترل

#### ۱۱-۱-۱ میانگین و انحراف فرایند نامعلوم است

$$C_L = \bar{\mathrm{v}} = \frac{\sum_{i=1}^{k} v_i}{\mathrm{k}}$$

$$U_{\mathrm{CL}} = \mathrm{B}_4\bar{\mathrm{v}}$$

$$L_{\mathrm{CL}} = \mathrm{B}_3\bar{\mathrm{v}}$$

مقادیر عامل‌های $B_3$ و $B_4$ برای اندازه‌های مختلف نمونه در پیوست الف داده شده‌اند.

#### ۱۱-۱-۲ میانگین و انحراف فرایند معلوم است

$$C_L = \frac{c_2\sigma}{\mu}$$

$$U_{\mathrm{CL}} = \frac{B_2\sigma}{\mu}$$

$$L_{\mathrm{CL}} = \frac{B_1\sigma}{\mu}$$

مقادیر عامل های $B_1$ و $B_2$ برای اندازه های مختلف نمونه در پیوست الف داده شده اند.

### ۲-۱۱ مزیت

به جای دو نمودار، فقط یک نمودار کنترل رسم می‌شود.

### ۳-۱۱ محدودیت

باید مراقب بود که کاهش تغییرپذیری با یک میانگین بالا، همراه نشود. از آن‌جایی‌که برای یک محصول خاص، لازم است ضریب تغییرات از طریق انطباق با میانگین و تغییرپذیری مشخص در سطح مطلوب حفظ شود، تمرکز بر روی ضریب تغییرات به تنهایی ممکن است گاه‌گاهی گمراه‌کننده باشد. در مورد هر مقدار ضریب تغییراتی که خارج از محدوده کنترل بر روی یک نمودار ضریب تغییرات قرار گیرد، سهم میانگین یا انحراف استاندارد باید قبل از هرگونه نتیجه‌گیری، ارزیابی شود. این کار راه را برای اقدامات اصلاحی هموار خواهد کرد.

### ۴-۱۱ مثال

در صنعت کنف، یکنواختی چگالی خطی فتیله نخ یک معیار مهم است که بر عملیات بعدی ریسندگی و بافندگی اثر می‌گذارد و بنابراین، بهتر است این خاصیت را به طور مناسب کنترل کنیم. با یک نگاه، به منظور ایجاد نمودار کنترل برای ضریب تغییرات، وزن های پنج طول ۱۰ متری از فتیله نخ به طور روزانه در مرحله تکمیل جمع‌آوری می‌شوند. سوابق ۲۵ روز در جذب مجدد رطوبت برمبنای یک مرجع خاص، به همراه میانگین و ضریب تغییرات (مشاهدات دریک نمونه خاص مربوط به یک دستگاه تنها در یک زمان خاص) در جدول ۶ آمده است.

**جدول ۶- نتایج زیرگروه از وزن‌های طول های ۱۰ متری فتیله های نخ**

| شماره زیرگروه | وزن ها/ درصد رطوبت طول های ۱۰ متری (گرم) | | | | | میانگین | انحراف استاندارد | CV | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۷۵۱ | ۶۸۱ | ۷۰۸ | ۷۴۸ | ۷۰۴ | ۷۱۸٫۴ | ۳۰٫۲۲ | ۴٫۲۱ | |
| ۲ | ۸۰۸ | ۷۹۴ | ۸۳۹ | ۸۸۷ | ۸۱۱ | ۸۲۷٫۸ | ۳۶٫۹۰ | ۴٫۴۶ | |
| ۳ | ۷۶۰ | ۷۳۱ | ۷۷۴ | ۷۷۱ | ۷۶۵ | ۷۶۰٫۲ | ۱۷٫۲۰ | ۲٫۲۶ | |
| ۴ | ۷۹۴ | ۷۹۴ | ۷۷۷ | ۷۷۴ | ۸۱۱ | ۷۹۰٫۰ | ۱۴٫۹۸ | ۱٫۹۰ | |
| ۵ | ۷۱۴ | ۷۱۲ | ۶۹۵ | ۶۹۷ | ۷۰۳ | ۷۰۴٫۲ | ۸٫۵۸ | ۱٫۲۲ | |
| ۶ | ۷۳۵ | ۷۳۵ | ۷۶۰ | ۷۰۵ | ۷۶۴ | ۷۳۹٫۸ | ۲۳٫۷۲ | ۳٫۲۱ | |
| ۷ | ۷۳۰ | ۷۳۵ | ۷۸۰ | ۷۱۵ | ۷۰۵ | ۷۳۳٫۰ | ۲۸٫۸۵ | ۳٫۹۴ | |
| ۸ | ۷۳۵ | ۸۲۰ | ۷۰۰ | ۷۶۵ | ۷۹۰ | ۷۶۲٫۰ | ۴۶٫۷۲ | ۶٫۱۳ | |
| ۹ | ۷۴۰ | ۸۴۵ | ۷۰۵ | ۷۶۵ | ۷۱۵ | ۷۳۴٫۰ | ۲۴٫۰۸ | ۳٫۲۸ | |
| ۱۰ | ۶۸۵ | ۸۲۵ | ۷۴۵ | ۷۳۰ | ۷۷۰ | ۷۳۳٫۰ | ۲۷٫۵۲ | ۳٫۷۵ | |
| ۱۱ | ۶۴۵ | ۶۴۰ | ۶۸۵ | ۶۶۰ | ۶۵۷ | ۶۵۷٫۴ | ۱۷٫۵۰ | ۲٫۶۶ | |
| ۱۲ | ۶۵۵ | ۶۹۰ | ۶۰۵ | ۶۱۸ | ۶۵۵ | ۶۴۴٫۶ | ۳۳٫۷۴ | ۵٫۲۳ | |
| ۱۳ | ۶۶۲ | ۶۸۲ | ۶۵۵ | ۷۰۵ | ۶۷۰ | ۶۷۴٫۸ | ۱۹٫۶۴ | ۲٫۹۱ | |
| ۱۴ | ۶۲۰ | ۶۱۰ | ۶۳۰ | ۶۱۰ | ۶۹۵ | ۶۳۳٫۰ | ۳۵٫۶۴ | ۵٫۶۳ | |

| شماره زیرگروه | وزن ها/ درصد رطوبت طول های ۱۰ متری (گرم) | | | | | میانگین | انحراف استاندارد | CV | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۵ | ۷۶۰ | ۷۱۰ | ۷۴۰ | ۶۹۰ | ۷۴۵ | ۷۲۹/۰ | ۲۸/۳۷ | ۳/۸۹ | |
| ۱۶ | ۶۳۲ | ۷۰۳ | ۶۸۸ | ۶۵۵ | ۷۴۰ | ۶۸۳/۶ | ۴۲/۰۰ | ۶/۱۴ | |
| ۱۷ | ۷۲۰ | ۷۰۰ | ۶۸۱ | ۷۷۷ | ۷۹۲ | ۷۳۴/۰ | ۴۸/۴۱ | ۶/۶۰ | |
| ۱۸ | ۶۰۰ | ۶۱۲ | ۶۹۷ | ۷۷۵ | ۷۸۰ | ۶۹۲/۸ | ۸۵/۹۱ | ۱۲/۴۰ | |
| ۱۹ | ۷۱۷ | ۶۹۰ | ۷۵۳ | ۶۸۶ | ۶۸۱ | ۷۰۵/۴ | ۳۰/۰۴ | ۴/۲۶ | جابجایی محصول(تنظیم مواد و رطوبت به تناسب) |
| ۲۰ | ۷۹۵ | ۸۲۲ | ۷۰۷ | ۷۲۵ | ۷۷۴ | ۷۶۴/۶ | ۴۷/۹۴ | ۶/۲۷ | |
| ۲۱ | ۶۰۵ | ۷۱۵ | ۷۶۴ | ۶۵۵ | ۶۶۰ | ۶۷۹/۸ | ۳۱/۱۰ | ۸/۹۹ | |
| ۲۲ | ۸۱۰ | ۷۴۰ | ۸۲۵ | ۷۳۳ | ۷۹۶ | ۷۸۰/۸ | ۴۱/۷۹ | ۵/۳۵ | |
| ۲۳ | ۶۵۰ | ۶۰۰ | ۶۹۳ | ۶۵۱ | ۶۶۶ | ۶۵۲/۰ | ۳۳/۸۶ | ۵/۱۹ | |
| ۲۴ | ۷۰۰ | ۷۶۷ | ۷۲۰ | ۷۸۳ | ۷۱۰ | ۷۳۶/۰ | ۳۶/۷۴ | ۴/۹۹ | |
| ۲۵ | ۶۶۵ | ۶۴۰ | ۷۰۰ | ۶۵۳ | ۷۰۴ | ۶۷۲/۴ | ۲۸/۴۷ | ۴/۲۳ | |
| کل | | | | | | | | ۱۱۹/۱۰ | |

**یادآوری**- وقایعی شبیه تغییر در ماده خام، شیفت کاری اپراتور و.... ممکن است در ستون توضیحات ثبت شود تا ردیابی عوامل خاص در آن مرحله را تسهیل کند.

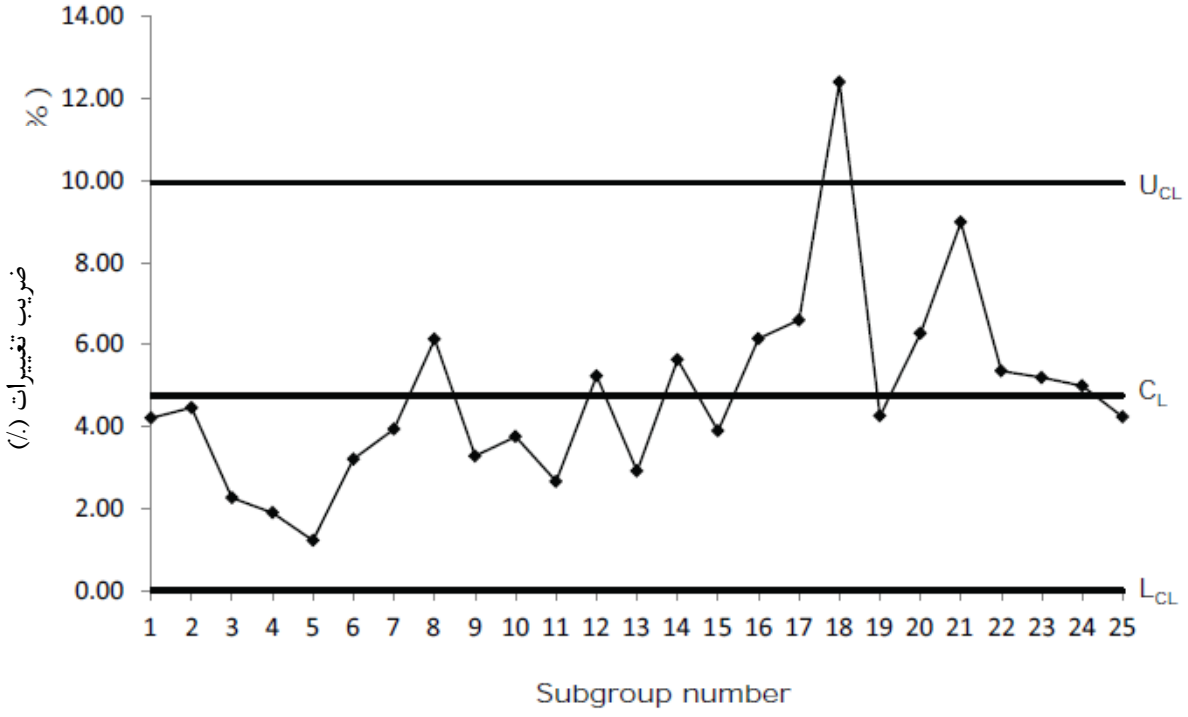
### ۱۱-۴-۱ حدود کنترل

$$C_L = \bar{\mathrm{v}} = \frac{\sum_{i=1}^{k} v_i}{\mathrm{k}} = \frac{119.10}{25} = 4.76$$

$$U_{\mathrm{CL}} = \mathrm{B}_4\bar{\mathrm{v}} = 2.089 \times 4.76 = 9.94$$

$$L_{\mathrm{CL}} = \mathrm{B}_3\bar{\mathrm{v}} = 0 \times 4.76 = 0$$

مقادیر $B_3$ و $B_4$ برای اندازه نمونه ۵، همان طوری که در پیوست الف آمده است به ترتیب برابر با صفر و ۲/۰۸۹ است. در شکل ۶، داده‌ها همراه با حدود کنترل برروی یک نمودار کنترل برای ضریب تغییرات رسم می‌شوند.




**شکل۶- نمودار کنترل برای ضریب تغییرات**

### ۱۱-۴-۲ تفسیر

**الف)** مسیر نقاط ۱ تا ۷ در این نمودار، نشان‌دهنده میانگین پایین ضریب تغییرات است که ممکن است به سبب انحراف پایین یا میانگین بالا یا هردو باشد و این موضوع باید بررسی شود.

**ب)** به طور متوالی (در ادامه) از نقاط ۸ تا ۱۷ مدرکی دال بر فقدان کنترل وجود ندارد. نقطه ۱۸ یا به سبب افزایش در تغییرپذیری یا کاهش در میانگین، خارج از کنترل است و باید اقدامی انجام شود.

## ۱۲ نمودار کنترل برای داده‌های غیرنرمال

فرض اساسی نمودار کنترل شوهارت این است که توزیع اصلی مشخصه کیفیت، نرمال است. حساسیت نمودارهای کنترل شوهارت با افزایش از انحراف توزیع نرمال، کاهش می‌یابد. موقعیت‌هایی وجود دارند که فرایندها رفتار غیر نرمال نشان می‌دهند. از قبیل صنعت خدمات (بیمارستان‌ها، فرایندهای کسب و کار خانگی، و از این قبیل)، فرایندهای خاص (به طور مثال جوشکاری)، فرایندهای شیمیایی و از این قبیل.

بنابراین قبل از به کاربردن نمودارهای کنترل شوهارت، ممکن است ضروری باشد که ابتدا نرمال‌بودن را کنترل کنیم و اگر داده‌ها از یک توزیع نرمال پیروی نکنند، روش‌های زیر می‌تواند به کار گرفته شود:

**الف)** از زیرگروه‌های بزرگ استفاده کنید. با استفاده از تئوری حد مرکزی، چنانچه اندازه زیرگروه افزایش یابد، توزیع میانگین‌های زیرگروه با یک تقریب بیشتری از توزیع نرمال پیروی می‌کند.

**ب)** داده‌ها را به روشی تبدیل کنید که داده‌های تبدیل یافته از توزیع نرمال پیروی کنند. برای این هدف می‌توان از تبدیل‌های خانواده جانسون[1] یا تبدیل باکس- کاکس[2] استفاده نمود.

**پ)** اگر داشتن زیرگروه‌های بزرگ، امکان‌پذیر نباشد و یا تبدیل داده‌ها مشکل باشد، نقاط صدک ممکن است با استفاده از کاغذ احتمال مناسب یا نرم افزار کامپیوتری محاسبه شود. آن‌ها هم‌چنین ممکن است با استفاده از منحنی‌های استاندارد پیرسون که مستلزم برآورد چولگی و کشیدگی، علاوه بر میانگین و انحراف استاندارد هستند، محاسبه شوند. برای جزئیات بیشتر می توانید به استاندارد ISO/TR 22514-4 رجوع کنید.

## ۱-۱۲ حدود کنترل

### ۱-۱-۱۲ حدود کنترل برای نمودار دامنه

$$C_L = \overline{\mathrm{R}} =$$
$$U_{\mathrm{CL}} = \mathrm{D}_4\overline{\mathrm{R}}$$
$$L_{\mathrm{CL}} = \mathrm{D}_3\overline{\mathrm{R}}$$

### ۲-۱-۱۲ حدود کنترل برای نمودار انحراف استاندارد

$$C_L = \overline{\mathrm{S}} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{k} {S_i}^2}{\mathrm{k}}\right]^{1/2}$$
$$U_{\mathrm{CL}} = \mathrm{B}_4\overline{\mathrm{S}}$$
$$L_{\mathrm{CL}} = \mathrm{B}_3\overline{\mathrm{S}}$$

مقدار عامل‌های $D_3$، $D_4$، $B_3$ و $B_4$ در پیوست الف آمده است.

### ۳-۱-۱۲ حدود کنترل برای نمودار میانگین

#### ۱-۳-۱-۱۲ هنگامی که مقادیر میانگین از توزیع نرمال پیروی می‌کنند و اندازه زیرگروه کمتر از ۱۰ است

$$C_L = \bar{\bar{X}}$$
$$U_{\mathrm{CL}} = \bar{\bar{X}} + \mathrm{A}_2\overline{\mathrm{R}}$$
$$L_{\mathrm{CL}} = \bar{\bar{X}} - \mathrm{A}_2\overline{\mathrm{R}}$$

#### ۲-۳-۱-۱۲ هنگامی که مقادیر میانگین از توزیع نرمال پیروی می‌کنند و اندازه زیرگروه ۱۰ یا بیشتر است

$$C_L = \bar{\bar{X}}$$
$$U_{\mathrm{CL}} = \bar{\bar{X}} + \mathrm{A}_3\overline{\mathrm{S}}$$
$$L_{\mathrm{CL}} = \bar{\bar{X}} - \mathrm{A}_3\overline{\mathrm{S}}$$

---

1 - Janson family
2 - Box- Cox

### ۱۲-۱-۳-۳ هنگامی که مقادیر میانگین از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند

$$C_L = \bar{\bar{X}}$$

$$U_{\mathrm{CL}} = \bar{\bar{X}} + 99.86\text{صدک} \times \mathrm{S}_{\text{میانگین}}$$

$$L_{\mathrm{CL}} = \bar{\bar{X}} + 0.135\ \text{صدک} \times \mathrm{S}_{\text{میانگین}}$$

به طوری که $S_{\text{میانگین}}$، انحراف استاندارد میانگین‌های زیرگروه است. مقادیر عامل های $A_2$، $A_3$، $B_3$ و $B_4$ در پیوست الف آمده است.

## ۱۲-۲ مثال

داده‌های مربوط به زمانی که برحسب دقیقه برای ارسال نمونه‌های خون به آزمایشگاه حجامت طول می‌کشد در جدول ۷ آمده است. با توجه به این که تعداد نمونه ۱۰ است، از نمودار انحراف استاندارد برای کنترل انحراف استفاده می‌شود. با به کارگیری آزمون نرمال‌بودن با استفاده از کاغذ احتمال نرمال، مشاهده می‌شود که داده‌های نمونه نرمال نیستند. با این حال میانگین‌های ۲۸ زیرگروه از توزیع نرمال پیروی می‌کنند.

**جدول۷- نتایج زیرگروه از زمان به دست آمده (برحسب دقیقه) برای نمونه‌ها تا زمان رسیدن به آزمایشگاه حجامت**

| شماره زیرگروه | زمان به دست آمده (برحسب دقیقه) برای واحدهای نمونه | | | | | | | | | | $\bar{\mathrm{X}}_i$ | $\mathrm{S_i}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۰/۱۲ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۱۹ | ۰/۱۴ | ۰/۰۴ | ۰/۱۴ | ۰/۰۴ | ۰/۰۹ | ۰/۱۰ | ۰/۰۹۸ | ۰/۰۵۰ |
| ۲ | ۰/۰۶ | ۰/۱۲ | ۰/۱۶ | ۰/۱۷ | ۰/۲۰ | ۰/۱۹ | ۰/۱۶ | ۰/۱۷ | ۰/۰۶ | ۰/۱۴ | ۰/۱۴۳ | ۰/۰۴۹ |
| ۳ | ۰/۱۵ | ۰/۱۴ | ۰/۰۷ | ۰/۱۳ | ۰/۱۷ | ۰/۰۸ | ۰/۱۶ | ۰/۱۳ | ۰/۱۶ | ۰/۱۵ | ۰/۱۳۴ | ۰/۰۳۴ |
| ۴ | ۰/۱۴ | ۰/۱۳ | ۰/۱۷ | ۰/۱۹ | ۰/۱۳ | ۰/۱۰ | ۰/۲۱ | ۰/۰۸ | ۰/۱۷ | ۰/۱۸ | ۰/۰۱۵۰ | ۰/۰۴۱ |
| ۵ | ۰/۱۷ | ۰/۱۰ | ./۱۰ | ۰/۱۸ | ۰/۱۸ | ۰/۱۷ | ۰/۱۵ | ۰/۲۰ | ۰/۱۸ | ۰/۱۶ | ۰/۱۵۹ | ۰/۰۳۴ |
| ۶ | ۰/۰۸ | ۰/۱۶ | ۰/۱۶ | ۰/۱۷ | ۰/۱۷ | ۰/۱۱ | ۰/۱۱ | ۰/۱۵ | ۰/۱۴ | ۰/۱۷ | ۰/۱۴۲ | ۰/۰۳۲ |
| ۷ | ۰/۱۴ | ۰/۱۹ | ۰/۱۵ | ۰/۱۶ | ۰/۱۴ | ۰/۱۷ | ۰/۱۶ | ۰/۱۶ | ۰/۱۶ | ۰/۰۷ | ۰/۱۵۰ | ۰/۰۳۲ |
| ۸ | ۰/۱۸ | ۰/۰۹ | ۰/۰۶ | ۰/۱۳ | ۰/۱۳ | ۰/۰۸ | ۰/۱۴ | ۰/۰۷ | ۰/۱۰ | ۰/۱۱ | ۰/۱۰۹ | ۰/۰۳۷ |
| ۹ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۱۳ | ۰/۱۰ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۶ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸۲ | ۰/۰۲۰ |
| ۱۰ | ۰/۰۸ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۰۷۶ | ۰/۰۱۳ |
| ۱۱ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ./۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۱۲ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۶ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۱۵ |
| ۱۲ | ۰/۱۰ | ۰/۰۸ | ۰/۱۰ | ۰/۰۷ | ۰/۱۴ | ۰/۱۲ | ۰/۱۲ | ۰/۰۸ | ۰/۱۰ | ۰/۱۱ | ۰/۱۰۲ | ۰/۰۲۱ |
| ۱۳ | ۰/۰۹ | ۰/۱۰ | ۰/۱۰ | ۰/۰۹ | ۰/۱۱ | ۰/۱۰ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۱۰ | ۰/۰۹۴ | ۰/۰۱۰ |
| ۱۴ | ۰/۰۹ | ۰/۰۸ | ۰/۱۸ | ۰/۱۱ | ۰/۰۸ | ۰/۱۰ | ۰/۱۰ | ۰/۱۳ | ۰/۱۲ | ۰/۱۲ | ۰/۱۱۱ | ۰/۰۳۰ |
| ۱۵ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۱۵ | ۰/۱۶ | ۰/۱۹ | ۰/۱۹ | ۰/۱۶ | ۰/۱۳ | ۰/۰۹ | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۴۵ |
| ۱۶ | ۰/۱۱ | ۰/۰۶ | ۰/۰۷ | ۰/۱۴ | ۰/۱۱ | ۰/۱۸ | ۰/۱۵ | ۰/۰۹ | ۰/۱۳ | ۰/۱۴ | ۰/۱۱۸ | ۰/۰۳۷ |
| ۱۷ | ۰/۱۳ | ۰/۱۷ | ۰/۱۲ | ۰/۱۴ | ۰/۱۳ | ۰/۱۶ | ۰/۰۸ | ۰/۱۶ | ۰/۱۲ | ۰/۱۱ | ۰/۱۳۲ | ۰/۰۲۷ |
| ۱۸ | ۰/۰۹ | ۰/۱۳ | ۰/۰۷ | ۰/۱۲ | ۰/۱۱ | ۰/۰۷ | ۰/۱۲ | ۰/۱۶ | ۰/۰۷ | ۰/۱۶ | ۰/۱۱۰ | ۰/۰۳۵ |
| ۱۹ | ۰/۱۲ | ۰/۱۳ | ۰/۱۵ | ۰/۲۲ | ۰/۱۷ | ۰/۱۷ | ۰/۱۴ | ۰/۱۷ | ۰/۱۲ | ۰/۱۶ | ۰/۱۵۵ | ۰/۰۳۰ |
| ۲۰ | ۰/۰۷ | ۰/۱۴ | ۰/۱۹ | ۰/۱۱ | ۰/۱۸ | ۰/۰۹ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۱۱ | ۰/۱۱۴ | ۰/۰۴۲ |
| ۲۱ | ۰/۰۸ | ۰/۱۴ | ۰/۱۳ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۷ | ۰/۰۵ | ۰/۱۴ | ۰/۱۲ | ۰/۱۱ | ۰/۰۹۵ | ۰/۰۳۷ |
| ۲۲ | ۰/۱۰ | ۰/۰۷ | ۰/۰۹ | ۰/۱۴ | ۰/۱۳ | ۰/۱۱ | ۰/۱۰ | ۰/۰۵ | ۰/۰۸ | ۰/۰۶ | ۰/۰۹۳ | ۰/۰۲۹ |

| شماره زیرگروه | زمان به دست آمده (برحسب دقیقه) برای واحدهای نمونه | | | | | | | | | | $\bar{X}_i$ | $S_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۲۳ | ۰/۰۵ | ۰/۰۹ | ۰/۰۷ | ۰/۱۳ | ۰/۰۷ | ۰/۰۵ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۱۰ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷۹ | ۰/۰۲۴ |
| ۲۴ | ۰/۰۵ | ۰/۰۸ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۳ | ۰/۰۷ | ۰/۰۹ | ۰/۱۰ | ۰/۰۵ | ۰/۰۷ | ۰/۰۶۵ | ۰/۰۲۱ |
| ۲۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۹ | ۰/۰۶ | ۰/۰۸ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۵ | ۰/۰۴ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۶۹ | ۰/۰۱۶ |
| ۲۶ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۵ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۵ | ۰/۰۷ | ۰/۰۵ | ۰/۱۰ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۱۷ |
| ۲۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۴ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۸ | ۰/۰۵ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶۰ | ۰/۰۱۲ |
| ۲۸ | ۰/۰۴ | ۰/۰۷ | ۰/۰۹ | ۰/۰۵ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۷ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ | ۰/۱۴ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۲۸ |
| | | | | | | | | | مجموع | | ۲/۹۹۹ | ۰/۸۱۸ |

### ۱۲-۲-۱ حدود کنترل

#### ۱۲-۲-۱-۱ حدود کنترل برای نمودار انحراف استاندارد

$$C_L = \bar{S} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{k} {S_i}^2}{k}\right]^{1/2} = \left(\frac{0.0273}{28}\right)^{1/2} = 0.0312$$

$$U_{CL} = 1.716 \times 0.0312 = 0.0535$$

$$L_{CL} = 0.284 \times 0.0312 = 0.0089$$

مقادیر $B_3$ =۰/۰۲۸۴ و $B_4$ =۱/۷۱۶ از پیوست الف به دست می آیند. از آنجایی که همه مقادیر انحراف استاندارد داخل حدود کنترل هستند، $\bar{\mathbf{S}}$ مقدار میانگین همگن انحراف استانداردهاست.

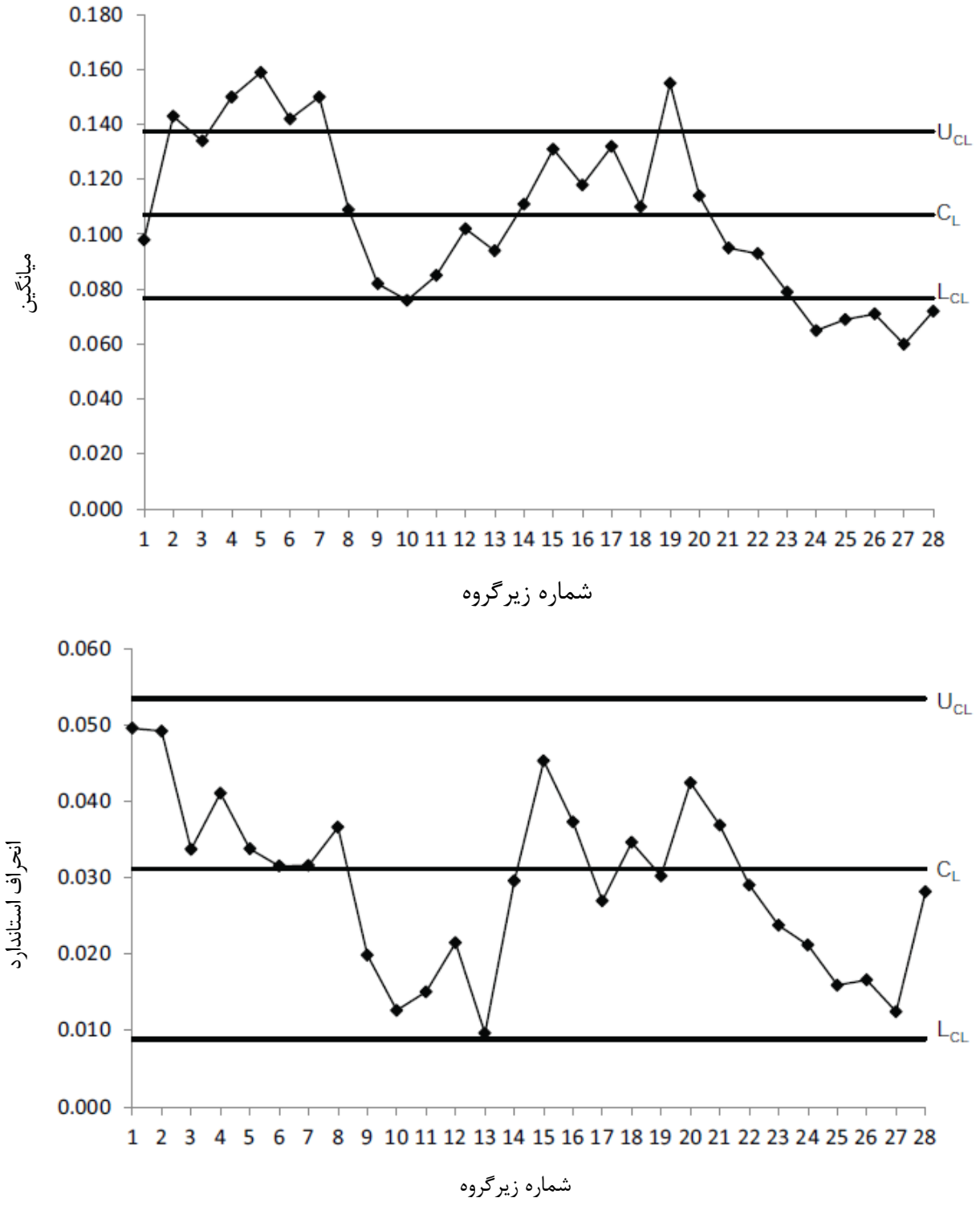
#### ۱۲-۲-۱-۲ حدود کنترل برای نمودار دامنه

$$C_L = \bar{\bar{X}} = \frac{2.999}{28} = 0.1071$$

$$U_{CL} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S} = 0.107 + 0.975 \times 0.0312 = 0.1375$$

$$L_{CL} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S} = 0.107 - 0.975 \times 0.0312 = 0.0767$$

نمودارهای کنترل در شکل ۷ رسم شده اند.




**شکل ۷- نمودار کنترل برای میانگین‌ها و انحراف استانداردهای زیرگروه**

### ۱۲-۲-۲ تفسیر

**الف)** میانگین زمان صرف‌شده برای انتقال نمونه‌های خون به آزمایشگاه، تحت‌کنترل نمودار میانگین نیست. در حقیقت ۱۲ نقطه از ۲۸ نقطه خارج از حدود کنترل قرار می‌گیرند.

**ب)** مقادیر انحراف استانداردها به خوبی تحت‌کنترل هستند، یعنی در یک روز پراکندگی داخل حدود کنترل قرار دارد، اما با یک مقدار بالا. با این‌حال علائمی از روند وجود دارد که به معنای این است که انحراف نظام‌مند در طی یک دوره ۷ تا ۸ روزه وجود دارد. و دلالت بر این دارد که توان بالقوه‌ای برای کاهش انحراف وجود دارد. این موارد باید جستجو و تصدیق شوند و تغییرات مناسب اعمال شود.

### ۱۲-۲-۲ عوامل نظام‌مند و اقدامات اصلاحی

در طی بحث در مورد نقاط خارج از کنترل برروی نمودار میانگین، بسیاری از عوامل نظام‌مند یادداشت می‌شوند از جمله:

**الف)** سن افراد مبتلا؛

**ب)** اندازه سرسوزن مورد استفاده در سرنگ؛

**پ)** وضعیت بیمار؛

**ت)** زمان از روز؛

**ث)** دردسترس بودن دستیار وظیفه عمومی؛

ج) مهارت حجامت گر؛

چ) فرد آزمایشگاهی مستندکننده داده‌ها؛

**ح)** مقدار خون جمع آوری شده؛

**خ)** موقعیت مکانی بیمار با توجه به آزمایشگاه؛

**د)** نوع مریضی بیمار.

پیرو اقدامات اصلاحی صورت گرفته:

**الف)**رویه عملیاتی استاندارد تعریف شده و بدون تغییر مانده است؛

**ب)** حجامت کار آموزش دیده اند تا از رویه عملیاتی استاندارد پیروی کند؛

پ)در هر نقطه از زمان، دو حجامت کار یا دو دستیار وظیفه عمومی در دسترس هستند.

پس از اجرای اقدامات اصلاحی فوق، داده‌های جمع آوری شده جدید در جدول ۸ آمده است.

ملاحظه می‌شود که داده‌ها نرمال نیستند، اما میانگین های زیرگروه از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. حدود کنترل جدید همانند ذیل محاسبه می‌شوند.

### ۱۲-۲-۴ حدود کنترل

#### ۱۲-۲-۴-۱ حدکنترل برای نمودار انحراف استاندارد

$$C_L = \bar{S} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{k} {S_i}^2}{k}\right]^{1/2} = \left(\frac{0.0106}{20}\right)^{1/2} = 0.0231$$

$$U_{CL} = 1.716 \times 0.0231 = 0.0396$$

$$L_{CL} = 0.284 \times 0.0231 = 0.0066$$

**جدول ۸- نتایج زیرگروه از مدت زمان لازم (برحسب دقیقه) برای رسیدن نمونه ها به آزمایشگاه حجامت عد از اقدامات اصلاحی**

| شماره زیرگروه | | | | | | | | | | | میانگین | انحراف استاندارد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۰/۰۶ | ۰/۰۴ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۴ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۱۰ | ۰/۱۱ | ۰/۱۳ | ۰/۰۸۰ | ۰/۰۲۸۷ |
| ۲ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۱۰ | ۰/۰۷ | ۰/۱۱ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۰۶ | ۰/۰۸۱ | ۰/۰۱۵۲ | |
| ۳ | ۰/۰۴ | ۰/۰۶ | ۰/۱۳ | ۰/۱۱ | ۰/۱۱ | ۰/۱۰ | ۰/۱۰ | ۰/۱۰ | ۰/۱۰ | ۰/۰۹ | ۰/۰۸۹ | ۰/۰۲۹۲ | |
| ۴ | ۰/۱۲ | ۰/۰۹ | ۰/۰۸ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵ | ۰/۰۴ | ۰/۰۹ | ۰/۰۷۳ | ۰/۰۲۳۱ | |
| ۵ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۶ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۱۲ | ۰/۱۱ | ۰/۰۶ | ۰/۰۴ | ۰/۰۳ | ۰/۰۶۵ | ۰/۰۳۰۶ | |
| ۶ | ۰/۰۷ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۰۹ | ۰/۰۹ | ۰/۱۰ | ۰/۱۰ | ۰/۱۱ | ۰/۰۶ | ۰/۰۴ | ۰/۰۷۸ | ۰/۰۲۳۰ | |
| ۷ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۱۱ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۱۱ | ۰/۰۶۶ | ۰/۰۲۳۷ | |
| ۸ | ۰/۱۳ | ۰/۰۶ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۷ | ۰/۰۵ | ۰/۰۷ | ۰/۱۰ | ۰/۰۸ | ۰/۰۷۶ | ۰/۰۲۴۱ | |
| ۹ | ۰/۰۶ | ۰/۰۴ | ۰/۰۶ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۱۰ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۱۶۹ | |
| ۱۰ | ۰/۰۶ | ۰/۰۷ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۱۰ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶۴ | ۰/۰۱۶۵ | |
| ۱۱ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۱۱ | ۰/۱۱ | ۰/۰۶ | ۰/۰۳ | ۰/۰۷ | ۰/۰۶ | ۰/۰۹ | ۰/۰۸۰ | ۰/۰۱۸۹ | |
| ۱۲ | ۰/۱۰ | ۰/۰۷ | ۰/۰۶ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۰۶ | ۰/۱۰ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | .۰۶ | ۰/۰۷۰ | ۰/۰۱۸۳ | |
| ۱۳ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۹ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵۷ | ۰/۰۲۲۶ | |
| ۱۴ | ۰/۰۷ | ۰/۰۶ | ۰/۰۴ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۱۵۲ | |
| ۱۵ | ۰/۰۷ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۳ | ۰/۰۸ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵۸ | ۰/۰۱۴۸ | |
| ۱۶ | ۰/۰۹ | ۰/۱۰ | ۰/۱۰ | ۰/۱۱ | ۰/۱۱ | ۰/۱۰ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۱۰ | ۰/۰۹۴ | ۰/۰۰۹۷ | |
| ۱۷ | ۰/۱۲ | ۰/۱۳ | ۰/۰۵ | ۰/۱۰ | ۰/۱۰ | ۰/۰۹ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۸۶ | ۰/۰۳۰۳ | |
| ۱۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۰۶ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۰۸ | ۰/۱۴ | ۰/۰۷ | ۰/۱۰ | ۰/۱۱ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۲۸۷ | |
| ۱۹ | ۰/۰۷ | ۰/۰۴ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۰۸ | ۰/۰۵ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶۰ | ۰/۰۱۲۵ | |
| ۲۰ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۰۶ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۱۱ | ۰/۰۵ | ۰/۱۴ | ۰/۱۷ | ۰/۰۹۳ | ۰/۰۳۷۱ | | |
| | | | | | | | | | | | ۱/۴۸۶ | ۰/۴۳۹۰ | |

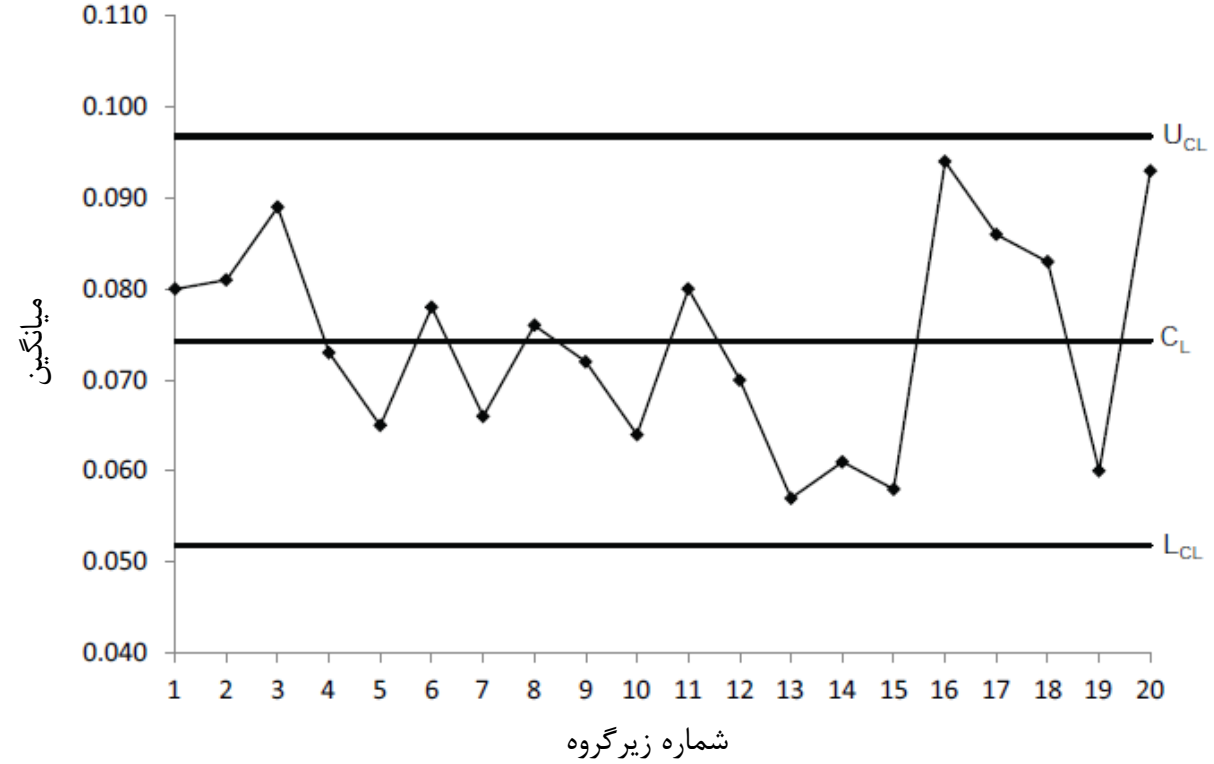
**۱۲-۱-۴-۲ حدکنترل برای نمودار میانگین**

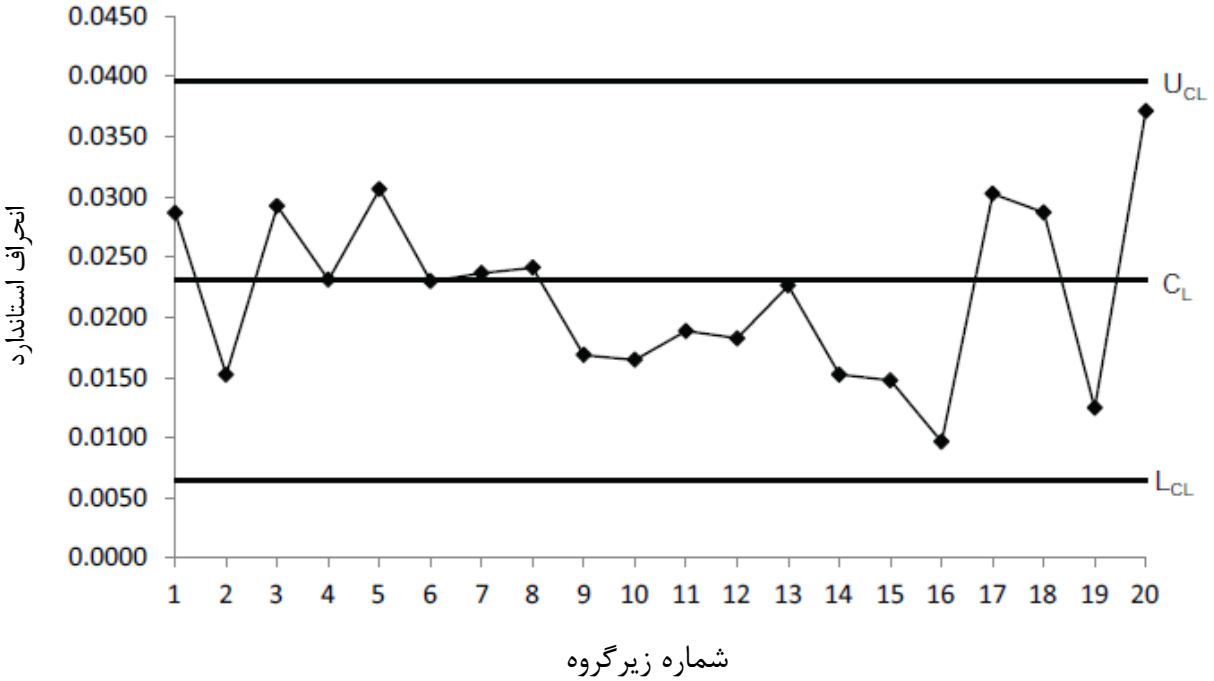
$$C_L = \bar{\bar{\mathrm{X}}} = \frac{1.486}{20} = 0.0743$$

$$U_{\mathrm{CL}} = \bar{\bar{X}} + \mathrm{A}_3\bar{\mathrm{S}} = 0.0743 + 0.975 \times 0.0231 = 0.0968$$

$$L_{\mathrm{CL}} = \bar{\bar{X}} - \mathrm{A}_3\bar{\mathrm{S}} = 0.0743 - 0.975 \times 0.0231 = 0.0518$$

بعد ار انجام اقدام اصلاحی برروی علل شناسایی شده، در هردو تخمین میانگین و انحراف، نتایج متعاقباً بهبود را نشان داده است. نمودارهای کنترل در شکل ۸ رسم می‌شوند.




**شکل ۸- نمودار کنترل برای میانگین ها و انحراف های استاندارد زیرگروه**

### ۱۳ نمودار P استاندارد

این نمودار هنگامی توصیه می‌شود که حجم نمونه یا اندازه بهر، به طور نامنظم تغییر کند. این نمودار، چون فقط یک مجموعه تنها از حدود کنترل مورد استفاده قرار می گیرند، جاذبه دیداری را بهبود می‌بخشد و از

سردرگمی در مواقعی که P بزرگ‌تر برای یک زیرگروه داخل حدکنترل بالایی آن و p کوچک‌تر برای زیرگروه دیگر، فراتر از حد کنترل بالایی آن زیرگروه است، اجتناب می‌کند.

این نمودار شامل رسم توالی تولید برروی محور X و آماره نمونه $Z = {(P - \bar{P})\sqrt{n}}/{\sqrt{\bar{P}(1-\bar{P})}}$ برروی محور Y است.

### ۱-۱۳ حدود کنترل

$C_L = 0$

$U_{\mathrm{CL}} = +3$

$L_{\mathrm{CL}} = -3$

### ۲-۱۳ مزیت‌ها و محدودیت‌ها

در نمودار P استاندارد، حدکنترل و خط مرکزی ثابت هستند و تفسیر را ساده می‌کنند. با این‌حال، این نمودار شامل محاسبات بسیار می‌شود.

### ۳-۱۳ مثال

تعدادی لامپ تصویر تولید شده و عدم انطباق‌هایی که در یک دوره ۲۵ روزه متوالی یافت شده در جدول ۹ آمده است. مقادیر استاندارد P برای هرروز همانند زیر به دست می‌آیند.

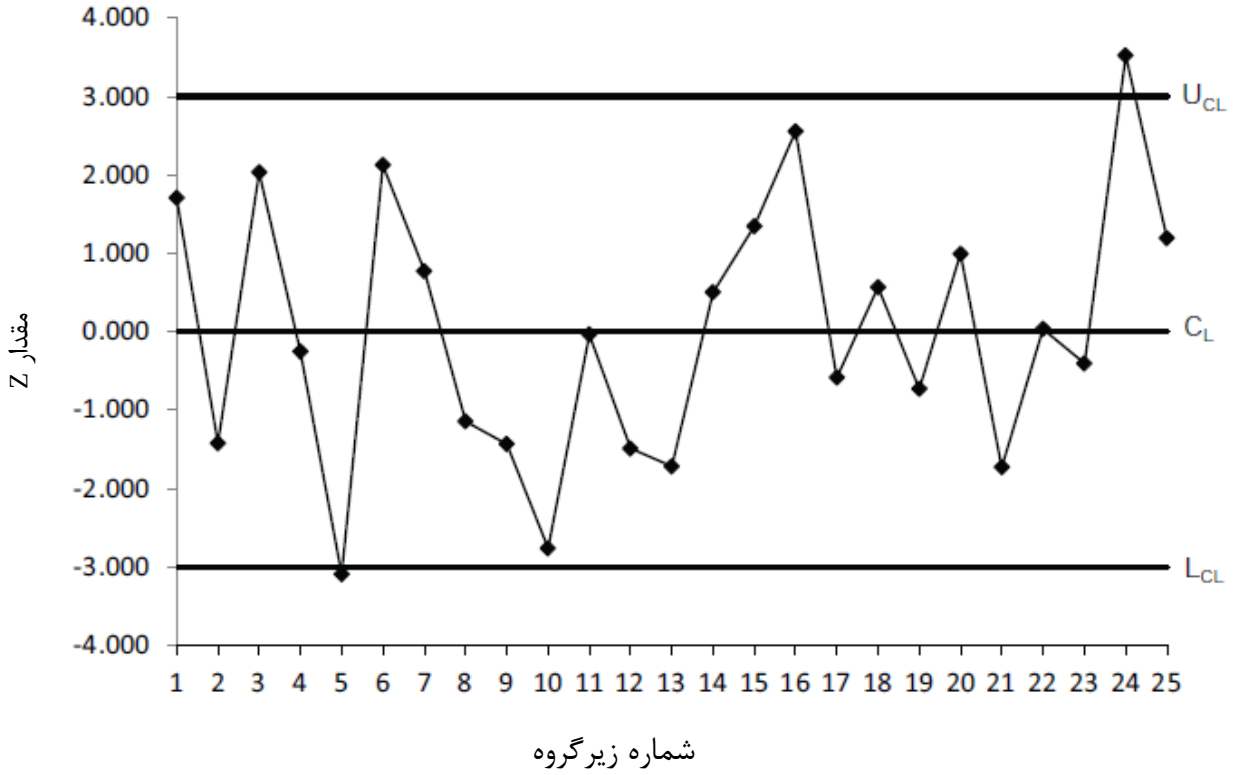
$\bar{\mathrm{p}} = {1467}/{28474} = 0.055$

$(\bar{\mathrm{p}}(1-\bar{\mathrm{p}}))^{1/2} = 0.2210$

مقادیر p استانداردشده، $Z = \frac{(\mathrm{p}-\bar{\mathrm{p}})\sqrt{\mathrm{n}}}{\sqrt{\bar{\mathrm{p}}(1-\bar{\mathrm{p}})}}$ برای هرروز محاسبه شده و در جدول ۹ آمده است. $U_{\mathrm{CL}}$ و $\mathrm{L_{CL}}$ به ترتیب ۳+ و ۳- هستند. نمودار کنترل در شکل ۹ رسم می‌شود.

**نمودار ۹- نتایج زیرگروه برای داده‌های لامپ های تصویری نامنطبق**

| شماره زیرگروه | تعداد پردازش شده | تعداد نامنطبق | $P$ | $z$ | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۴۱۷ | ۱۶۳ | ۰/۰۵۹ | ۱/۷۰۵ | |
| ۲ | ۲۳۳۴ | ۱۰۵ | ۰/۰۴۵ | -۱/۴۲۴ | |
| ۳ | ۹۵۴ | ۶۳ | ۰/۰۶۶ | ۲/۰۳۲ | |
| ۴ | ۱۱۰۴ | ۵۵ | ۰/۰۵۰ | -۰/۲۵۳ | |
| ۵ | ۱۲۴۶ | ۴۰ | ۰/۰۳۲ | -۳/۰۹۸ | بازرس جدید |
| ۶ | ۷۹۲ | ۵۴ | ۰/۰۶۸ | -۲/۱۲۴ | |
| ۷ | ۱۲۹۸ | ۷۳ | ۰/۰۵۶ | ۰/۷۷۳ | |
| ۸ | ۳۲۱ | ۱۲ | ۰/۰۳۷ | -۱/۱۴۴ | |
| ۹ | ۱۲۰۴ | ۵۱ | ۰/۰۴۲ | -۱/۴۳۵ | |
| ۱۰ | ۵۷۶ | ۱۵ | ۰/۰۲۶ | -۲/۷۶۵ | |
| ۱۱ | ۱۱۵۱ | ۵۹ | ۰/۰۵۱ | -۰/۰۳۷ | |
| ۱۲ | ۱۲۵۶ | ۵۳ | ۰/۰۴۲ | -۱/۴۹۲ | |
| ۱۳ | ۱۰۹۹ | ۴۴ | ۰/۰۴۰ | -۱/۷۲۰ | |
| ۱۴ | ۱۸۱۱ | ۹۸ | ۰/۰۵۴ | ۰/۵۰۳ | |
| ۱۵ | ۱۰۷۳ | ۶۵ | ۰/۰۶۱ | ۱/۳۴۶ | |
| ۱۶ | ۱۹۶ | ۱۸ | ۰/۰۹۲ | ۲/۵۵۵ | |
| ۱۷ | ۱۱۱۳ | ۵۳ | ۰/۰۴۸ | -۰/۵۸۶ | |
| ۱۸ | ۱۰۶۶ | ۵۹ | ۰/۰۵۵ | ۰/۵۶۸ | |
| ۱۹ | ۸۲۸ | ۳۸ | ۰/۰۴۶ | -۰/۷۳۰ | |
| ۲۰ | ۱۰۸۳ | ۶۳ | ۰/۰۵۸ | ۰/۹۹۳ | |
| ۲۱ | ۹۹۱ | ۳۹ | ۰/۰۳۹ | -۱/۷۳۰ | |
| ۲۲ | ۱۱۰۲ | ۵۷ | ۰/۰۵۲ | ۰/۰۳۴ | |
| ۲۳ | ۱۲۲۶ | ۶۰ | ۰/۰۴۹ | -۰/۴۰۶ | |
| ۲۴ | ۱۱۴۰ | ۸۵ | ۰/۰۷۵ | ۳/۵۲۳ | بازرس جدید |
| ۲۵ | ۱۰۹۳ | ۶۵ | ۰/۰۵۹ | ۱/۱۹۲ | |
| کل | ۲۸۴۷۴ | ۱۴۶۷ | | | |




**شکل ۹- نمودار $p$ استاندارد**

### ۱۳-۳-۱ تفسیر

همان طور که مشاهده می‌شود $p$ برای زیرگروه شماره ۱۶، بالاتر از $p$ برای زیرگروه شماره ۲۴ است، اما اولی داخل حد کنترل بالایی است، در حالی که بعدی خارج از حد کنترل بالایی قرار دارد. به همین ترتیب $p$ برای زیرگروه شماره ۱۰ پایین تر از $p$ برای زیرگروه شماره ۵ است اما اولی داخل حدکنترل پایینی قرار دارد در حالی که بعدی خارج از حد کنترل پایینی است. این بدین دلیل است که اندازه نمونه بزرگ‌تر، شواهد قوی‌تری را برای مشخصه فراهم می‌کند. این موضوع برروی نمودار $p$ و نه برروی نمودار $p$ استاندارد، دیده می‌شود.

برای دوزیرگروه از ۲۵ زیرگروه، فرایند خارج از کنترل است. به علاوه، از زیرگروه شماره ۸ تا ۱۳، یک (مسیر) مطلوب ۶۱ نقطه‌ای وجود دارد. این شواهدی برای منافع بالقوه در محدوده زمانی معین فراهم می‌کند. بنابراین منطقی نیست تا میانگین نسبت مشاهده شده عدم انطباق موجود $\bar{p}$ =۰٫۰۵۱۵ را به عنوان استاندارد فرایند بپذیریم. درعوض میانگین این ۶ زیرگروه از شماره ۸ تا ۱۳، برابر با ۰٫۰۴۲ است و ممکن است به عنوان اولین نشان تکرارشونده، که نشان‌دهنده بهبود فراتر از میانگین موجود ۰٫۰۵۱۵ است، پذیرفته شود.

## ۱۴ نمودار کنترل بی‌کفایتی

در نمودار کنترل برای تعداد عدم انطباق‌ها، همه عدم انطباق‌های موجود در یک قلم کالا، شمرده شده و برروی نمودار کنترل رسم می‌شوند. محدودیت این نمودار این است که وزن‌های یکسانی به هر طبقه از عدم انطباق‌ها می‌دهد. اما عدم انطباق‌های متفاوت از نظر تأثیر خود بر هزینه ها یا فقدانی که می تواند به وجود

آید، یکسان نیستند. برخی از این عدم انطباق‌ها ممکن است از طریق عملیات دوباره‌کاری ساده و ارزان اصلاح شوند. سایر عدم انطباق‌ها ممکن است دوباره کاری پرهزینه‌ای را الزام کنند، برخی دیگر از عدم انطباق‌ها نیز ممکن است موجب دورانداختن اقلام بازرسی شده شوند. یک راه حل عملی برای این مشکل این است که عدم انطباق‌های گوناگون را به چندین طبقه گسترده مثل عدم انطباق‌های بحرانی، عمده و جزئی طبقه‌بندی کنیم. یک راه حل ساده‌تر این است که وزن بی‌کفایتی متفاوتی را به هر رده از عدم انطباق بدهیم و نمره بی‌کفایتی را در مورد تعداد اقلام بازرسی شده، محاسبه کنیم. این نمره بی‌کفایتی ممکن است برروی نمودار کنترل بی‌کفایتی رسم شود.

### ۱-۱۴ معیاری برای انتخاب وزن بی‌کفایتی

توزیع اصلی در مورد نمره بی‌کفایتی، توزیع پواسون است. از آن‌جایی که با همه عدم انطباق‌ها به طور مشابه رفتار نمی‌شود، به آنها وزن‌های متفاوت داده می‌شود. معیار انتخاب وزن‌های بی‌کفایتی برای عدم انطباق‌های مختلف بستگی به نوع محصولات مورد نظر دارد. در یک دیدگاه کلی دو نوع محصول وجود دارد. در وهله اول، ممکن است عدم انطباق توسط جایگزین کردن یک جزء، با انجام دوباره کاری مناسب، یا با دورانداختن آن اصلاح کنیم. محصولات صنعت مهندسی شامل مونتاژ تعداد زیادی از اجزاء، مثالی از این نوع هستند. در وضعیت دوم، امکان انجام اصلاح محصول وجود ندارد و محصول، درجه‌بندی شده و به فروش می‌رسد. محصولات نساجی، محصولاتی از این نوع هستند. بیشتر عدم انطباق‌هایی که در بافندگی، تکمیل، چاپ و... پارچه به وجود می آید، موجب می‌شوند پارچه درجه‌بندی شده و به قیمت های مختلف فروخته شوند.

در مورد نوع اول محصول، انتخاب وزن بی‌کفایتی($w_i$) بستگی به میزان بحرانی بودن عدم‌انطباق دارد، که با احتساب جنبه‌های گوناگون تولید از قبیل ایمنی، عملکرد، الزامات قانونی و مقرراتی و بازخورد مشتری تعیین می‌شود. به طور کلی، عدم‌انطباق ممکن است به سه رده طبقه‌بندی شود، عدم انطباق‌های جزئی، عمده و بحرانی. اگر نیاز باشد، این طبقه‌بندی ممکن است به وسیله تقسیمات کوچک‌تر این رده ها به دو یا چندین رده، گسترش یابند. آنگاه، یک وزن بی‌کفایتی به هر رده، با در نظرگرفتن جنبه های گوناگون ذکر شده در بالا، تخصیص داده می‌شود. روش دیگر برای انتخاب وزن بی‌کفایتی، از طریق برآورد ضرر مالی به صورت دورانداختن، دوباره‌کاری یا احتمال از دست‌رفتن منابع با توجه به انحراف از تلاش های مربوط به تولید است. ضرر مالی به سبب قبول کردن اقلام نامنطبق که دارای عدم‌انطباق خاصی در مونتاژ یا محصول نهایی است نیز می تواند در نظر گرفته شود. وزن بی‌کفایتی، آنگاه ممکن است متناسب با ضرر مالی به سبب وجود آن عدم انطباق، معین شود. به طور کلی، تعداد رده های کمی ممکن است بر مبنای توجیه منطقی این ضررها و وزن بی‌کفایتی تخصیص داده شده به هریک از این رده‌ها، علاوه بر رفتار هریک از این عدم انطباق‌ها به طور مجزا، از کار خارج شوند. رویکرد ترکیب میزان بحرانی بودن عدم انطباق‌ها و ضرر مالی در نظرگرفته شده برای تخصیص وزن بی‌کفایتی نیز ممکن است دنبال شود.

در مورد نوع دوم محصول، رویکرد دنبال شده شامل درجه‌بندی نهایی محصول از همان ابتداست. این محصول درجه‌بندی شده آنگاه برای انواع گوناگون عدم انطباق‌های موجود، بازرسی می‌شود. وزن بی‌کفایتی به هر نوع عدم انطباق به روشی تخصیص داده می‌شود که یک نمره بی‌کفایتی کل به طور مجزا بتواند به هر

درجه از محصول، تخصیص داده شود. ترکیبات مختلف از عدم انطباق‌ها که منجر به یک رتبه متمایز برای محصول می‌شود، باعث ایجاد یک نمره کلی بی‌کفایتی خواهد شد که در رتبه‌های تخصیص‌یافته متفاوت، نباید همپوشانی داشته باشد.

### ۲-۱۴ مثالی از تخصیص وزن بی‌کفایتی برای پارچه

**الف)** در ابتدا جلسه‌ای از سران بخش های مختلف که عمدتاً از واحدهای بافندگی، تکمیل، چاپ، تاشو و فروش هستند، سازماندهی می‌شود. طبقه‌بندی عدم انطباق‌ها از طریق قراردادن آنها در دو یا چند رده، تعیین می‌شود. میزان یک نوع خاص از عدم انطباق برروی پارچه نیز ممکن است در نظر گرفته شود (به طور مثال، انتهای از دست رفته یا شکسته، می تواند به طور متفاوت، بسته به تعداد و طول انتهاهای از دست‌رفته، طبقه‌بندی شود). در طی جلسه، درجه نهایی پارچه از طریق در نظرگرفتن ترکیبات متفاوت عدم انطباق‌های موجود برروی یک قطع یا تکه پارچه تعیین می‌شود.

**ب)** گام بعدی این است که تعداد زیادی از قطعات یک خط تولید را انتخاب کنیم و اینها به طور مستقل به درجات نهایی (به طور مثال، نو، دست دوم و زیر استاندارد) به وسیله چهار یا پنج بازرس با تجربه، درجه‌بندی شوند. قطعاتی که قابل برش باشند، به دو گروه فرعی تقسیم بندی شده و یک مرتبه دیگر، درجه‌بندی می‌شوند.

**پ)** قطعاتی که موجب درجه‌بندی متفاوت توسط بازرسان گوناگون می‌شوند، دوباره بازرسی شده و بعد از بحث، مجدداً به طور مناسب درجه‌بندی می‌شوند. قطعاتی که توافقی بر روی درجه‌بندی نهایی آن به دست نیاید، در طی تجزیه و تحلیل بیشتر داده‌ها، در نظر گرفته نمی‌شوند.

**ت)** آنگاه ترکیبات مختلف عدم انطباق‌ها تحت درجات مختلف، از قطعاتی که یک اجماع از درجه‌بندی یکنواخت در مورد آنها به دست آمده باشد، فهرست می‌شوند، این‌کار، اجازه بررسی مقطعی از تعاریف درجات را داده و همچنین تکمیل تعاریف توسط شامل نمودن ترکیبات اضافه‌تر از عدم انطباق‌هایی که ممکن بود قبلا از نظر دور مانده باشند را، مقدور می‌سازد. گام دیگر این است که ترکیبات مختلفی از وزن بی‌کفایتی برای هر طبقه از عدم انطباق‌ها و نمره بی‌کفایتی کل برای هر قطعه محاسبه شود. از طریق سعی و خطا، نمره‌های بی‌کفایتی باید به گونه‌ای تنظیم شوند که هیچ همپوشانی از نمره‌های بی‌کفایتی کل بر روی قطعاتی که در درجات مختلف درجه‌بندی می‌شوند، وجود نداشته باشد.

### ۳-۱۴ حدود کنترل

$C_{ij}$ تعداد عدم انطباق‌های $i$مین رده در $j$مین زیرگروه، $i$=۱،۲،.....،$m$ و $j$=۱،۲،.....،$n$

$c_i = \sum_{j=1}^{m} c_{ij}$ تعداد کل عدم انطباق‌های $i$مین رده در همه زیرگروه‌ها است؛

$w_i$ وزن بی‌کفایتی برای $i$مین رده از عدم انطباق؛

$n_j$ تعداد اقلام در $j$مین زیرگروه؛

$N = \sum_{j=1}^{k} n_j$ تعداد کل اقلام در همه زیرگروه‌ها؛

نمره بی‌کفایتی کل برای $j$مین زیرگروه؛

$$D_j = \sum_{i=1}^{m} w_i c_{ij}$$

نمره بی‌کفایتی هر قلم کالا برای $j$مین زیرگروه؛

$$d_{\mathrm{j}} = \frac{\mathrm{D_j}}{\mathrm{n_j}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i c_{ij}}{\mathrm{n_j}}$$

نمره بی‌کفایتی هرقلم کالا برای همه زیرگروه‌ها؛

$$\bar{\mathrm{d}} = \frac{\sum_{j=1}^{k} D_j}{\mathrm{N}}$$

به طور متناوب

$$\bar{\mathrm{d}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i c_i}{\mathrm{N}}$$

حدود کنترل عبارتند از

$$C_{L=}\bar{\mathrm{d}}$$

حدکنترل بالایی برای $j$مین زیرگروه

$$U_{CL} = \bar{d} + 3\left(\frac{\sum_{i=1}^{m} w_i^2 c_i}{N n_j}\right)^{1/2}$$

حدکنترل پایینی برای $j$مین زیرگروه

$$L_{CL} = \bar{d} - 3\left(\frac{\sum_{i=1}^{m} w_i^2 c_i}{N n_j}\right)^{1/2}$$

اگر مقدار محاسبه شده $L_{CL}$ بی‌کفایتی باشد، حد کنترل پایینی را صفر در نظر می گیریم.
اگر نمره بی‌کفایتی هر قلم برای هر زیرگروه کمتر یا مساوی با حد کنترل بالایی مربوطه باشد، داده‌های جمع آوری شده اولیه، باید برای هدف شروع نمودار کنترل، همگن تلقی شوند. اگر نمره بی‌کفایتی هر قلم برای یک یا چند زیرگروه، بیش از نمودار کنترل بالایی مربوطه باشد، آنگاه زیر گروه (زیرگروه‌های) مربوطه کنار گذاشته شده و یک نمره بی‌کفایتی متوسط جدید برای هر قلم، برای محاسبه حد کنترل بالایی تجدیدنظر شده، محاسبه می‌شود. این فرایند تا زمانی ادامه میابد که نمره بی‌کفایتی هر قلم برای همه ی زیرگروه‌های باقی‌مانده، کمتر از حدود کنترل بالایی آنها شود.

### ۴-۱۴ تفسیر

در نمودار کنترل بی‌کفایتی، یک نمره بی‌کفایتی ممکن است به روش‌های زیادی به دست آید. بدین دلیل که ممکن است چندین عدم انطباق بحرانی یا تعداد زیادی عدم انطباق جزئی داشته باشد. بنابراین حتی اگر یک مسیر وجود دارد، این نمودار نباید به روش معمولی که یک علت قابل تشخیص ممکن است نمایش داده شود، تفسیر شود.

### ۵-۱۴ مزیت‌ها

**الف)** این نمودار علاوه بر مزیت‌های نمودار c یا u، وسعت و حساسیت عدم انطباق را نیز مد نظر قرار میدهد.
**ب)** سیستم نمره دهی دهی، وسعت و حساسیت عدم انطباق را در نظر می‌گیرد.

### ۶-۱۴ محدودیت‌ها

**الف)** سیستم نمره‌دهی باید به طور عینی کار شود و کاربردهای آن به طور مناسب توضیح داده شود.
**ب)** محاسبات بیشتری را شامل می‌شود.

### ۷-۱۴ مثال

در صنعت موتور دیزل، چندین عدم انطباق شناسایی شده که بر کیفیت موتور تاثیر می‌گذارد. از تجربه قبلی، نمره های بی‌کفایتی برای هر رده از عدم انطباق در جدول ۱۰ داده شده است. تعدا موتور های بازرسی شده و تعداد عدم انطباق‌های بدست آمده برای هر رده از عدم انطباق‌ها، همچنین در جدول ۱۰ آمده است. حدود کنترل را برای نمودار کنترل بی‌کفایتی محاسبه کنید.

از آنجایی که تعداد موتور های بازرسی شده در هر روز خیلی تفاوت نمی‌کند، تعداد متوسط موتورهای بازرسی شده در هر روز ممکن است برای محاسبه حد کنترل بالایی برای هر زیرگروه، مورد استفاده قرار گیرد. از جدول۱۰:

$$N = \sum_{j=1}^{24} n_j = 4250$$

$$\bar{\mathrm{n}} = \frac{\mathrm{N}}{24} = \frac{4250}{24} = 177$$

$$\bar{\mathrm{d}} = \frac{\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{m}} \mathrm{w_i c_i}}{\mathrm{N}} = \frac{17840}{4250} = 4.20$$

$$\sum_{\mathrm{i}=1}^{24} w_i^2 \mathrm{c_i} = 881400$$

$$U_{CL} = \bar{d} + 3\left(\frac{\sum_{i=1}^{m} w_i^2 c_i}{N n_j}\right)^{1/2} = 4.20 + 3\left(\frac{881400}{4250 \times 177}\right)^{1/2} = 4.20 + 3.25 = 7.45$$

$$L_{CL} = 4.20 - 3.25 = 0.95$$

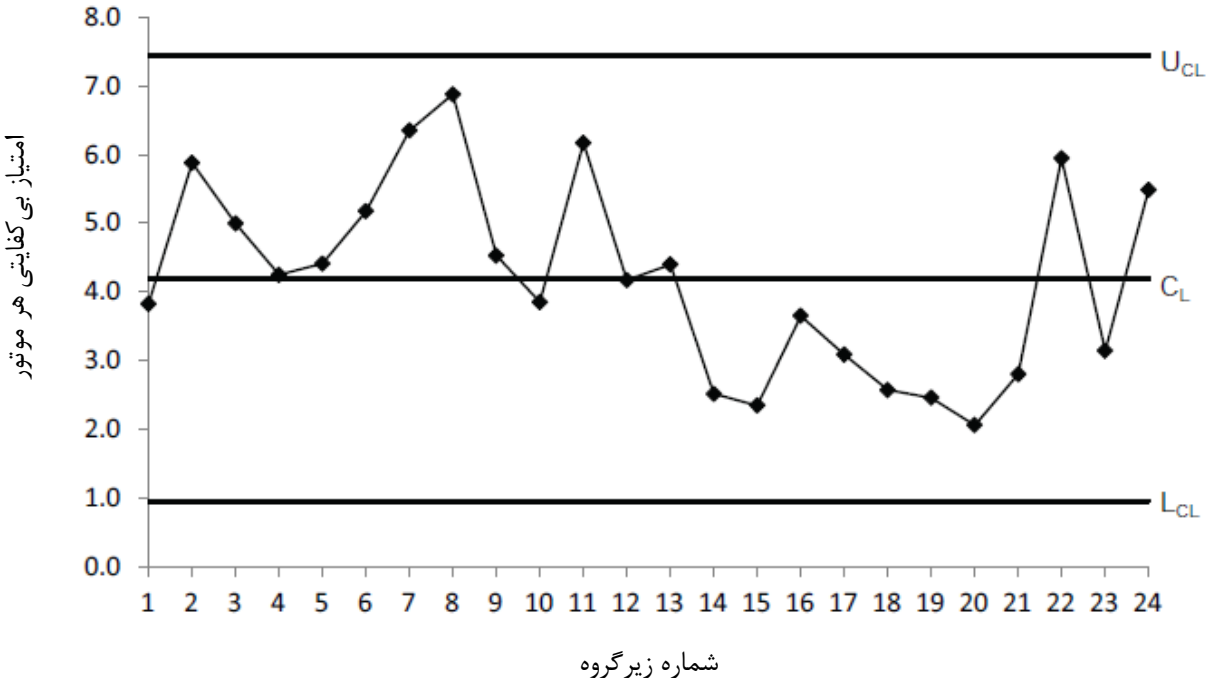
از آنجایی که نمره بی‌کفایتی هر موتور برای هر یک از زیرگروه‌ها، کمتر از حد کنترل بالایی است، این‌ها به عنوان حدود کنترل برای نمودار کنترل بی‌کفایتی در نظر گرفته می‌شود.

با این حدود کنترل، نمودار کنترل برای امتیاز بی‌کفایتی حفظ می‌شود. نمودار در شکل ۱۰ داده می‌شود.

**جدول ۱۰- نتایج زیرگروه برای تعداد عدم انطباق‌ها**

| عدم انطباق | امتیاز نقص | شماره زیرگروه | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | $c_i$ | $w_ic_i$ | $W^2_ic_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۱ | ۲۲ | ۲۳ | ۲۴ | | | |
| بلوک | ۱۰۰ | ۰ | ۰ | ۳ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۲ | ۰ | ۰ | ۱ | ۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ | ۲ | ۱۸ | ۱۸۰۰ | ۱۸۰۰۰۰ |
| مسکن | ۱۰۰ | ۱ | ۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳ | ۰ | ۰ | ۹ | ۹۰۰ | ۹۰۰۰۰ |
| سر سیلندر | ۱۰۰ | ۰ | ۲ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۴ | ۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱۶ | ۱۶۰۰ | ۱۶۰۰۰۰ |
| بدنه فیلتر | ۵۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۲ | ۰ | ۲ | ۳ | ۳ | ۰ | ۱ | ۰ | ۲ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۳ | ۳ | ۳ | ۲۶ | ۱۳۰۰ | ۶۵۰۰۰ |
| پوشش فیلتر | ۵۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۳ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | ۲ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۵ | ۷ | ۳۷ | ۱۸۵۰ | ۹۲۵۰۰ |
| چرخ faceout | ۵۰ | ۵ | ۷ | ۳ | ۵ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۰ | ۲ | ۱ | ۱ | ۴ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۱ | ۱ | ۲ | ۱ | ۱ | ۲ | ۴ | ۵۶ | ۲۸۰۰ | ۱۴۰۰۰۰ |
| زمان بندی اشتباه سوپاپ | ۵۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۲ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۲ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱۲ | ۶۰۰ | ۳۰۰۰ |
| لوله نفت | ۳۰ | ۲ | ۱ | ۴ | ۷ | ۵ | ۴ | ۲ | ۴ | ۳ | ۲ | ۲ | ۰ | ۴ | ۳ | ۰ | ۴ | ۰ | ۴ | ۰ | ۲ | ۲ | ۶ | ۰ | ۱ | ۶۲ | ۱۸۶۰ | ۵۵۸۰۰ |
| درپوش نفت | ۳۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲ | ۶۰ | ۱۸۰۰ |
| بازی محوری (تنگ) | ۲۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲ | ۲ | ۲ | ۸ | ۵ | ۱۱ | ۴ | ۵ | ۲ | ۲ | ۲ | ۱ | ۶ | ۰ | ۲ | ۱ | ۱ | ۲ | ۶ | ۱ | ۰ | ۶۵ | ۱۳۰۰ | ۲۶۰۰۰ |
| | ۲۵۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۳ | ۱ | ۱ | ۲ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۳ | ۲۶۰ | ۵۲۰۰ |

| عدم انطباق | امتیاز نقص | شماره زیرگروه | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | $c_i$ | $w_ic_i$ | $W^2_ic_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۱ | ۲۲ | ۲۳ | ۲۴ | | | |
| نشت شیلنگ | ۱۰ | ۲۲ | ۲۰ | ۱۶ | ۱۸ | ۱۵ | ۲۳ | ۳۲ | ۲۹ | ۲۸ | ۲۶ | ۱۴ | ۵ | ۳ | ۷ | ۶ | ۴ | ۱ | ۵ | ۳ | ۶ | ۱۴ | ۶ | ۲ | ۲ | ۳۰۷ | ۳۰۷۰ | ۳۰۷۰۰ |
| لوله فیلتر | ۱۰ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۴ | ۴ | ۴ | ۱ | ۳ | ۲ | ۰ | ۲ | ۲ | ۲ | ۱ | ۱ | ۱ | ۲ | ۳ | ۰ | ۰ | ۲ | ۱ | ۱ | ۴۴ | ۴۴۰ | ۴۴۰۰ |
| جمع | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ۱۷۸۴۰ | ۸۸۱۴۰۰ |
| تعداد موتور بازرسی شده | | ۱۷۰ | ۱۷۰ | ۱۷۰ | ۲۰۰ | ۱۷۰ | ۱۷۰ | ۱۷۰ | ۱۷۰ | ۱۷۰ | ۲۰۰ | ۱۷۵ | ۱۷۵ | ۱۷۵ | ۱۷۵ | ۱۷۵ | ۲۰۰ | ۱۷۵ | ۱۷۵ | ۱۷۵ | ۱۷۵ | ۱۷۵ | ۱۹۰ | ۱۷۵ | ۱۷۵ | | | |
| امتیاز نقص کل (D) | | ۶۵۰ | ۱۰۰۰ | ۸۵۰ | ۸۵۰ | ۷۵۰ | ۸۸۰ | ۱۰۸۰ | ۱۱۷۰ | ۷۷۰ | ۷۷۰ | ۱۰۸۰ | ۷۳۰ | ۷۷۰ | ۴۴۰ | ۴۱۰ | ۷۳۰ | ۵۴۰ | ۴۵۰ | ۴۳۰ | ۳۶۰ | ۴۹۰ | ۱۱۳۰ | ۵۵۰ | ۹۶۰ | | ۱۷۸۴۰ | |
| امتیاز نقص هر موتور (d) | | ۳.۸ | ۵.۹ | ۵.۰ | ۴.۳ | ۴.۴ | ۵.۲ | ۶.۴ | ۶.۹ | ۴.۵ | ۳.۹ | ۶.۲ | ۴.۲ | ۴.۴ | ۲.۵ | ۲.۳ | ۳.۷ | ۳.۱ | ۲.۶ | ۲.۵ | ۲.۱ | ۲.۸ | ۵.۹ | ۳.۱ | ۵.۵ | | | |




**شکل ۱۰- نمودار کنترل بی‌کفایتی**

### ۱۴-۷-۱ تفسیر

متوسط امتیاز نقص سیزده زیرگروه اول ( ۱ تا ۱۳ ) درحدود ۵/۰ و هشت زیرگروه بعدی (۱۴ تا ۲۱) درحدود ۲/۷، شواهد قوی برای وجود توان بالقوه برای بهبود ارائه می‌کند.

## ۱۵ نمودار کنترل برای بازرسی از طریق سنجه

علاوه بر بازرسی مکانیکی اقلام مهندسی برای الزامات ابعادی با استفاده از یک جفت از سنجه‌های برو/ نرو، شرایط زیاد دیگری وجود دارند که نتایج بازرسی این نوع داده را ایجاد می‌کند، برای مثال، طبقه‌بندی اقلام براساس وزن، به زیر وزن نرمال، وزن نرمال و بالاتر از وزن نرمال یا طبقه‌بندی سرهای فیوز از طریق حساسیت آنها به محرک‌ها، شامل با حساسیت نرمال و خیلی حساس.

نمودارهای کنترل برمبنای سنجه های برو/ نرو می تواند به طور مناسب هم برای کنترل سطح فرایند و هم انحراف یک فرایند با مشخصه‌های دو طرفه استفاده شود.

این نمودارهای کنترل در مواقعی استفاده می‌شوند که:

**الف)** توزیع اصلی، نرمال یا نزدیک به نرمال باشد؛

**ب)** جابجایی در پارامترهای سطح فرایند و انحراف فرایند، به ترتیب دو طرفه یا یک طرفه (بزرگتر از تغییرات مورد نظر) هستند؛

**پ)** مقادیر میانگین فرایند و انحراف فرایند (انحراف استاندارد) معلوم است؛

**ت)** بازرسی از طریق وصفی ها به بازرسی توسط متغیرها از نظر ملاحظات عملی، ترجیح داده می‌شود.

### ۱۵-۱ حدود سنجه بالایی و پایینی

بازرسی از طریق اندازه‌گیری توسط سنجه، اقلام را با استفاده از یک جفت سنجه که حد سنجه پایینی $(L_{GL})$ و حد سنجه بالایی $(U_{GL})$ نامیده می‌شوند، به سه طبقه زیر رده‌بندی می‌کند:

**الف)** زیر $L_{GL}$؛

**ب)** بالای $U_{GL}$؛

**پ)** قرارگرفته بین $L_{GL}$ و $U_{GL}$.

یک نمونه با اندازه $n$ به وسیله سنجه های برو/ نرو بازرسی می‌شود و

$a$ تعداد اقلام زیر حد سنجه پایینی $(L_{GL})$ است؛

$b$ تعداد اقلام بالای حد سنجه بالایی$(U_{GL})$ است.

برای یک توزیع نظام مند از قبیل توزیع نرمال، هنگامی که یک اندازه نمونه $n$ از هر زیرگروه در برابر چنین جفت سنجه‌هایی، سنجیده می‌شود تعداد $a$ (زیر $L_{GL}$) و $b$ (بالای $U_{GL}$) به دست می‌آیند. از این مقادیر $a$ و $b$ در محاسبه حدود سنجه بالایی و پایینی استفاده می‌شود.

از آنجایی که $U_{GL}$ و $L_{GL}$، معمولاً به ترتیب متفاوت از حد مشخصه بالایی $(U)$ و حد مشخصه پایینی $(L)$ هستند، باید توجه داشت که اقلامی که حدود سنجه را برآورده نمی‌کنند لزوماً ممکن است نامنطبق نباشند.

### ۱۵-۲ گام های اولیه

#### ۱۵-۲-۱ انتخاب احتمال اعلان نادرست

حدود کنترل برای نمودارهای کنترل برمبنای بازرسی از طریق سنجه، برای اطمینان از احتمال معین $\alpha$ در رابطه با رد نادرست یک وضعیت کنترل آماری، ایجاد می‌شوند. در حالی که $\alpha$ = ۰/۰۱ یا $\alpha$ = ۰/۰۰۵ معمولاً برای هردو نمودار کنترل و برای ایجاد یک نمودار (a,b) مناسب است، معمولاً مقدار $\alpha$=۰/۰۰۵ انتخاب می‌شود، چون به حدود $3\sigma$ مربوطه برای کنترل متغیرها، نزدیک‌تر است.

#### ۱۵-۲-۲ انتخاب اندازه زیرگروه

نمودارهای کنترل برمبنای بازرسی از طریق سنجه، مشابه با نمودارهای np مرسوم، اساساً نمودارهای وصفی هستند. بدین ترتیب، معمولاً در مقایسه با نمودارهای کنترل برای متغیرها، برای اطمینان ازمحافظت معقول در برابر تصمیمات اشتباه، به یک اندازه زیرگروه بالاتر نیاز دارند. با این حال، از طریق تعیین بهینه حدود سنجه و حدود کنترل (با استفاده از معیارهای تصمیم تحت خطر و یا عدم قطعیت)، ویژگی‌های کنترل خطای این نمودارها ممکن است مطلوبیت کامل را با همان‌ها از نمودار های کنترل متغیرها حتی برای اندازه نمونه یکسان، مقایسه کند. با این دیدگاه، و همچنین برای اینکه اندازه نمونه را در حد کم نگ داریم، اغلب برخلاف اندازه نمونه بالاتر برای یک نمودار کنترل وصفی ها، یک اندازه نمونه بین ۷ تا ۱۰ باید کافی باشد.

### ۱۵-۲-۳ انتخاب نمودارهای کنترل

معیاره های (b-a) و (b+a) به ترتیب به تغییر در میانگین فرایند (μ ) و تغییر در انحراف استاندارد فرایند (σ) حساس هستند. از اینرو، یک زوج از نمودارهای کنترل برای (b-a) و(b+a) باید به عنوان یک جایگزین برای نمودارهایی مرسوم $(\bar{X} - R)$ در نظر گرفته شود.

با این‌حال، باید متوجه باشیم که یک نمودار کنترل تنها برای a و b (با رسم دو نقطه مربوط به این اندازه‌ها در برابر شماره هر زیرگروه) نه فقط برای استفاده، آسان‌تر است بلکه همچنین در مقایسه با یک زوج از نمودارهای (b-a) و (b+a) ویژگی‌های کنترل خطای بهتری دارد. زوج نمودارها فقط در حد کمی، بر روی خطی که $\sigma = \sigma_0$ است (یعنی هنگامی که σ تغییر نمی‌کند) بهتر عمل می‌کند. بنابراین توصیه می‌شود که یک نمودار تنها برای (a, b) استفاده شود.

### ۱۵-۳ حدود سنجه و حدود کنترل

با داشتن اندازه زیرگروه n و احتمال اعلان خطای α، مقادیر عامل سنجه ($G_F$) و مقدار حد کنترل تنهای r از جدول ۱۱، معلوم می‌شوند.

#### ۱۵-۳-۱ حدود سنجه هنگامی که میانگین فرایند ( μ ) و انحراف فرایند ( σ) معلوم باشند

حد بالایی سنجه $(U_{GL}) = \mu + G_F\sigma$

حد پایینی سنجه$(L_{GL}) = \mu - G_F\sigma$

#### ۱۵-۳-۲ یک حد کنترل تنها در نقطه y=r رسم می‌شود. هیچ خط مرکزی وجود ندارد.

**جدول ۱۱- مقادیر عوامل $G_F$ و r برای ترکیبات مختلف (n,α)**

| α= 0.05 | | α= 0.025 | | α= 0.001 | | α= 0.005 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R | $G_F$ | r | $G_F$ | R | $G_F$ | r | $G_F$ | N |
| ۱ | ۲٫۲۳۶ | ۱ | ۲٫۴۹۵ | ۱ | ۲٫۸۰۶ | ۱ | ۳٫۰۲۳ | ۲ |
| ۱ | ۲/۳۸۸ | ۲ | ۱٫۵۰۶ | ۲ | ۱٫۷۳۵ | ۲ | ۱٫۸۹۴ | ۳ |
| ۲ | ۱٫۴۹۳ | ۲ | ۱٫۶۷۳ | ۲ | ۱٫۸۸۹ | ۲ | ۲٫۰۴۰ | ۴ |
| ۲ | ۱٫۶۱۸ | ۲ | ۱٫۷۹۰ | ۲ | ۱٫۹۹۷ | ۲ | ۲٫۱۱۳ | ۵ |
| ۲ | ۱٫۷۱۳ | ۲ | ۱٫۸۷۹ | ۲ | ۲٫۰۸۱ | ۳ | ۱٫۶۲۶ | ۶ |
| ۲ | ۱٫۷۸۹ | ۲ | ۱٫۹۵۱ | ۳ | ۱٫۵۹۵ | ۳ | ۱٫۷۱۳ | ۷ |
| ۲ | ۱٫۸۵۲ | ۳ | ۱٫۵۰۶ | ۳ | ۱٫۶۷۰ | ۳ | ۱٫۷۸۴ | ۸ |
| ۳ | ۱٫۴۴۰ | ۳ | ۱٫۵۷۳ | ۳ | ۱٫۷۳۲ | ۳ | ۱٫۸۴۴ | ۹ |
| ۳ | ۱٫۵۰۰ | ۳ | ۱٫۶۳۰ | ۳ | ۱٫۷۸۶ | ۳ | ۱٫۸۹۶ | ۱۰ |
| ۳ | ۱٫۷۱۲ | ۳ | ۱٫۸۳۳ | ۴ | ۱٫۶۵۷ | ۴ | ۱٫۷۴۷ | ۱۵ |
| ۳ | ۱٫۸۵۰ | ۳ | ۱٫۹۶۵ | ۴ | ۱٫۸۰۲ | ۴ | ۱٫۸۸۹ | ۲۰ |
| ۳ | ۱٫۹۵۰ | ۴ | ۱٫۶۹۰ | ۴ | ۱٫۹۰۷ | ۵ | ۱٫۷۶۲ | ۲۵ |
| ۴ | ۱٫۷۷۹ | ۴ | ۱٫۷۷۹ | ۴ | ۱٫۹۸۹ | ۶ | ۱٫۶۷۲ | ۳۰ |
| ۶ | ۱٫۵۷۹ | ۶ | ۱٫۵۷۹ | ۷ | ۱٫۶۱۱ | ۸ | ۱٫۵۴۷ | ۴۰ |
| ۹ | ۱٫۳۶۷ | ۹ | ۱٫۳۶۷ | ۹ | ۱٫۵۰۷ | ۱۱ | ۱٫۳۷۹ | ۵۰ |

### ۴-۱۵ رسم

اقلام در هر زیرگروه یک به یک، به طور متوالی در برابر با $L_{GL}$ و $U_{GL}$ سنجیده می‌شوند و تعداد $a$ (اقلام زیر $L_{GL}$) و $b$ (اقلام بالای $U_{GL}$) یادداشت می‌شوند. در مقابل شماره هر زیرگروه، دو نقطه $A$ و $B$ مربوط به $a$ و $b$ به ترتیب رسم می‌شوند. نقاط متوالی مربوط به هریک از مقادیر $a$ و $b$ توسط خطوط شکسته و پیوسته، ترجیحاً با استفاده از دو رنگ متفاوت، به هم وصل می‌شوند.

### ۵-۱۵ تفسیر

هنگامی که فرایند در وضعیت کنترل باشد، انتظار می‌رود که دو خط متصل کننده مقادیر a ور رود b، به طور مکرر همدیگر را قطع کنند. اگر آنها برای یک دوره قابل توجه جدا باقی بمانند، حتی زیر حد کنترل، ممکن است یک تغییر بعدی در موقعیت، انتظار رود. وضعیت زیرگروه از این نظر که آیا در وضعیت کنترل آماری است، در نمودار کنترل همانند زیر نشان داده خواهد شد.

#### ۱-۵-۱۵ هنگامی که a و b، هردو، روی یا زیر حدکنترل قرار گیرند

موقعیت نشان می‌دهد که میانگین فرایند و انحراف فرایند، هردو در وضعیت کنترل هستند.

#### ۲-۵-۱۵ هنگامی که a بالای حد کنترل و b روی یا زیر حدکنترل قرار گیرد

موقعیت، افزایش در میانگین فرایند را نشان می‌دهد.

#### ۳-۵-۱۵ هنگامی که b بالای حد کنترل و a روی یا زیر حدکنترل قرار گیرد

این موقعیت، کاهش در میانگین فرایند را نشان می‌دهد.

#### ۴-۵-۱۵ هنگامی که a و b، هردو، روی یا بالای حدکنترل قرار گیرند

این موقعیت افزایش در انحراف فرایند را نشان می‌دهد.

### ۶-۱۵ مزیت‌ها

این نوع نمودار دارای مزایای زیر است:

**الف)** داده‌ها در مورد اقلام کمتر از حد معمول و بیشتر از حد معمول در دسترس هستند؛

**ب)** اندازه گیری مقادیر انفرادی مشکل، غیر اقتصادی یا غیر ممکن است اما دانستن اینکه آیا آن زیر یا بالای یک مقدار معین است، آسان است؛

**پ)** این نمودار به عنوان جایگزین نمودار $\bar{X} - R$، اندازه نمونه بزرگتری را الزام می‌کند، اما هنوز زمان/ هزینه کل بازرسی و نگهداری سوابق را کاهش می‌دهد. تجزیه و تحلیل نتایج ساده تر است، زمان کمتری می برد و در نتیجه مقرون به صرفه تر است؛

**ت)** از نمودار $p$ کارامدتر است.

### ۷-۱۵ محدودیت ها

از آنجایی که سطح ساختگی پذیرش، سازگار با الزامات کیفیت ایجاد می‌شود، نیاز به آموزش و اعتقاد راسخ به این وجود دارد که حدود سنجه باریک در کاربرد، مشکل نخواهد بود.

### ۸-۱۵ برآورد میانگین فرایند و انحراف فرایند

اگر حدود سنجه و مقادیر $a$ و $b$ برای هر $k$ زیرگروه، به دست آمده از یک فرایند تحت کنترل آماری، از داده‌های نمونه معلوم باشند، آنگاه میانگین فرایند و انحراف فرایند می تواند همانند زیر برآورد شود:

محاسبه کنید:

$$\bar{a} = \sum_{i=1}^{k} a_i \qquad \bar{b} = \sum_{i=1}^{k} b_i$$

$$p_{\bar{a}} = \frac{\bar{a}}{n} \qquad p_{\bar{b}} = \frac{\bar{b}}{n}$$

به طوری که $n$، اندازه زیرگروه ثابت است و $z(1-p_{\bar{b}})$ و $z(p_{\bar{a}})$ به ترتیب مقادیر انحرافات نرمال استاندارد متناظر با نواحی سمت چپ $1-p_{\bar{b}}$ و $p_{\bar{a}}$ هستند. $z(p_{\bar{a}})$ بی‌کفایتی و $z(1-p_{\bar{b}})$ مثبت خواهد بود.

برآوردهای میانگین فرایند ($\mu$) و انحراف استاندارد فرایند ($\sigma$) همانند زیر به دست می آیند:

$$\mu = \frac{L_{GL} \times z(1-p_{\bar{b}}) - U_{GL} \times z(p_{\bar{a}})}{z(1-p_{\bar{b}}) - z(p_{\bar{a}})}$$

و

$$\sigma = \frac{U_{GL} - L_{GL}}{z(1-p_{\bar{a}}) - z(p_{\bar{a}})}$$

به طوری که $U_{GL}$ و $L_{GL}$ حدود سنجه بالایی و پایینی هستند.

### ۹-۱۵ مثال

نتایج آزمون استحکام کششی نهایی هریک از ۷ سیم آلومینیومی که کشیده شده‌اند تا رسانای مرکب از قطر ۲٫۷۹ میلی‌متر را بسازند، در جدول ۱۲آمده است. از هر درام (استوانه) کابل از رسانای کامپوزیت، که به عنوان زیرگروه در نظر گرفته شده، یک نمونه گرفته شده و نتایج آزمون مربوط به هفت سیم رسانای کامپوزیت در جدول ۱۲ داده شده است. از داده‌های قبلی میانگین فرایند این مشخصه، ۱۹٫۵ کیلوگرم فوت بر میلی‌متر مربع و انحراف استاندارد نیز ۱٫۰۰ کیلوگرم فوت بر میلی‌متر مربع، یافت می‌شود. تصمیم گرفته می‌شود تا نمودار (a, b) مناسب را برای استحکام کششی نهایی رسانای کامپوزیت، ایجاد کنیم و همچنین حساسیت آن را با نمودار $\bar{X} - R$ مقایسه کنیم.

برای ایجاد نمودار (a, b) مقدار α=۰/۰۰۵ در نظر گرفته می‌شود چون که آن به حدود ۳σ متناظر مورد استفاده برای نمودارهای کنترل متغیرها نزدیک تر است.

از جدول ۱۱، برای α=۰/۰۰۵ و n=۷، مقدار $G_F$=۱٫۷۱۳ و r=۳ به دست می آیند. همچنین $\mu_0$ =۱۹/۵ و $\sigma_0$ =۱/۰۰، از اینرو

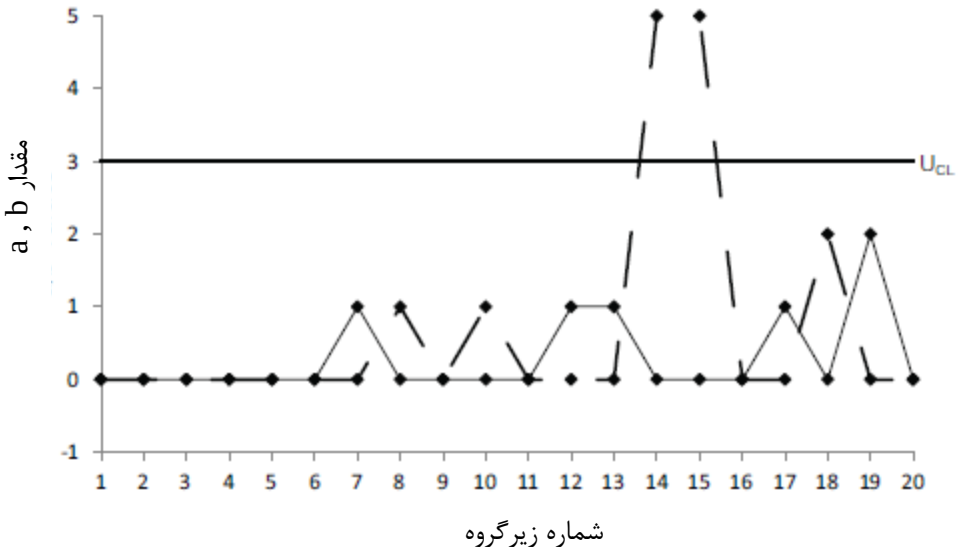
$$U_{GL} = 19.5 + 1.713 \times 1 = 21.213$$
$$L_{GL} = 19.5 - 1.713 \times 1 = 17.787$$

حد کنترل r=۳ است

برای هر زیرگروه، اقلام سنجیده شده به زور متوالی در برابر با $U_{GL}$و $L_{GL}$ و مقادیر a و b یادداشت می‌شوند. این مقادیر در جدول ۱۲ نشان داده می‌شوند. حد کنترل در جدول ۱۱ نشان داده می‌شود.
از نمودار کنترل، مشاهده می‌شود که مقدار b برای زیرگروه ۱۴ و ۱۵ خارج از حد کنترل رفته اند. اقدامات اصلاحی مناسب، برای ایجاد ثبات فرایند برحسب مکان بعد از اینکه فهمیده می‌شود که فرایند در وضعیت کنترل آماری است، در نظر گرفته می‌شود.

**جدول ۱۲- نتایج زیرگروه برای استحکام کششی نهایی( $\mathbf{kgf/mm^2}$) از رسانای کامپوزیت**

| شماره زیرگروه | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | a | B | میانگین | دامنه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱۹٫۶۳ | ۱۹٫۳۰ | ۱۸٫۸۱ | ۱۸٫۹۸ | ۱۹٫۳۰ | ۱۹٫۹۸ | ۱۹٫۸۰ | ۰ | ۰ | ۱۹٫۲۶ | ۰٫۹۹ |
| ۲ | ۱۹٫۴۷ | ۱۹٫۱۴ | ۱۹٫۹۶ | ۱۸٫۰۰ | ۱۸٫۴۹ | ۱۸٫۳۲ | ۱۹٫۸۰ | ۰ | ۰ | ۱۹٫۰۳ | ۱٫۹۶ |
| ۳ | ۱۹٫۱۴ | ۱۸٫۹۸ | ۱۸٫۳۲ | ۱۹٫۶۳ | ۱۹٫۳۰ | ۱۹٫۳۰ | ۱۹٫۳۰ | ۰ | ۰ | ۱۹٫۱۴ | ۱٫۳۱ |
| ۴ | ۱۸٫۴۹ | ۱۸٫۸۱ | ۱۸٫۶۵ | ۱۸٫۹۸ | ۱۸٫۸۱ | ۱۸٫۸۱ | ۱۹٫۴۷ | ۰ | ۰ | ۱۸٫۸۶ | ۰٫۹۸ |
| ۵ | ۱۸٫۳۲ | ۱۸٫۸۰ | ۱۸٫۸۱ | ۱۸٫۹۸ | ۱۸٫۳۲ | ۱۸٫۰۲ | ۱۸٫۷۱ | ۰ | ۰ | ۱۸٫۵۸ | ۰٫۹۶ |
| ۶ | ۱۸٫۸۱ | ۱۸٫۰۰ | ۱۸٫۰۰ | ۱۸٫۳۲ | ۱۹٫۹۶ | ۱۹٫۳۰ | ۱۹٫۸۰ | ۰ | ۰ | ۱۸٫۸۸ | ۱٫۹۶ |
| ۷ | ۱۹٫۱۴ | ۱۸٫۶۵ | ۱۸٫۰۰ | ۱۸٫۳۲ | ۱۸٫۴۹ | ۱۷٫۵۱ | ۱۸٫۶۵ | ۰ | ۱ | ۱۸٫۳۹ | ۱٫۶۳ |
| ۸ | ۱۸٫۹۸ | ۱۸٫۳۲ | ۱۹٫۶۳ | ۱۹٫۸۰ | ۱۸٫۰۰ | ۲۲٫۷۴ | ۱۹٫۱۴ | ۱ | ۰ | ۱۹٫۵۲ | ۴٫۷۴ |
| ۹ | ۱۹٫۸۰ | ۱۸٫۳۲ | ۲۰٫۷۸ | ۱۹٫۶۳ | ۱۹٫۴۳ | ۱۹٫۶۳ | ۲۰٫۹۴ | ۰ | ۰ | ۱۹٫۷۹ | ۲٫۶۲ |
| ۱۰ | ۱۹٫۱۱ | ۱۸٫۰۰ | ۲۱٫۷۴ | ۱۹٫۲۷ | ۱۸٫۶۵ | ۲۰٫۷۵ | ۱۹٫۹۶ | ۱ | ۰ | ۱۹٫۹۴ | ۳٫۷۴ |
| ۱۱ | ۱۸٫۳۲ | ۲۰٫۹۲ | ۱۹٫۹۶ | ۱۹٫۹۶ | ۲۰٫۷۸ | ۲۱٫۰۸ | ۲۰٫۷۸ | ۰ | ۰ | ۲۰٫۲۶ | ۲٫۷۶ |
| ۱۲ | ۱۸٫۱۶ | ۱۸٫۰۰ | ۱۷٫۳۴ | ۱۸٫۶۵ | ۱۹٫۱۴ | ۱۸٫۳۲ | ۱۸٫۰۰ | ۰ | ۱ | ۱۸٫۲۳ | ۱٫۸۰ |
| ۱۳ | ۱۸٫۱۲ | ۱۸٫۶۱ | ۱۸٫۲۸ | ۱۸٫۶۱ | ۱۸٫۳۲ | ۱۸٫۳۲ | ۱۷٫۶۲ | ۰ | ۱ | ۱۸٫۲۷ | ۰٫۹۹ |
| ۱۴ | ۲۲٫۹۰ | ۲۲٫۹۰ | ۲۰٫۹۴ | ۲۱٫۶۰ | ۱۹٫۹۶ | ۲۱٫۲۷ | ۲۱٫۹۰ | ۵ | ۰ | ۲۱٫۶۴ | ۲٫۶۴ |
| ۱۵ | ۲۲٫۰۹ | ۱۹٫۴۷ | ۲۲٫۹۰ | ۲۳٫۳۹ | ۱۸٫۳۲ | ۲۲٫۹۰ | ۲۲٫۹۰ | ۵ | ۰ | ۲۱٫۷۱ | ۵٫۰۷ |
| ۱۶ | ۱۸٫۰۰ | ۱۸٫۳۲ | ۱۹٫۹۳ | ۱۸٫۱۲ | ۱۸٫۸۱ | ۱۹٫۶۳ | ۲۰٫۱۲ | ۰ | ۰ | ۱۸٫۹۵ | ۲٫۱۲ |
| ۱۷ | ۱۷٫۸۳ | ۱۹٫۱۴ | ۱۸٫۳۲ | ۱۹٫۶۰ | ۱۷٫۷۹ | ۱۹٫۳۰ | ۱۸٫۲۸ | ۰ | ۱ | ۱۸٫۶۱ | ۱٫۸۱ |
| ۱۸ | ۱۹٫۹۶ | ۱۸٫۸۰ | ۲۱٫۷۶ | ۱۹٫۲۷ | ۲۱٫۲۵ | ۲۰٫۹۴ | ۲۰٫۲۹ | ۲ | ۰ | ۲۰٫۴۷ | ۲٫۴۹ |
| ۱۹ | ۱۶٫۸۰ | ۱۷٫۷۹ | ۲۰٫۴۲ | ۱۸٫۳۲ | ۱۹٫۷۶ | ۱۷٫۲۹ | ۱۸٫۲۸ | ۰ | ۲ | ۱۸٫۳۸ | ۳٫۶۲ |
| ۲۰ | ۱۸٫۰۰ | ۱۸٫۳۲ | ۱۹٫۶۳ | ۱۸٫۱۲ | ۱۸٫۸۱ | ۱۹٫۶۳ | ۲۰٫۱۲ | ۰ | ۰ | ۱۸٫۹۵ | ۲٫۱۲ |




**شکل ۱۱- (نمودار a, b)**

### ۱۵-۹-۱ مقایسه با نمودار $\bar{X} - R$

نمودار $\bar{X} - R$ همچنین برای داده‌ها ی داده شده در جدول ۱۲ به کار برده می‌شود و حدود کنترل در زیر داده می‌شوند:

نمودار میانگین

$$U_{CL} = \mu + A\sigma = 19.5 + 1.134 \times 1 = 20.634$$
$$L_{CL} = \mu - A\sigma = 19.5 - 1.134 \times 1 = 18.366$$

نمودار دامنه

$$U_{CL} = D_2\sigma = 5.203 \times 1 = 5.203$$
$$L_{CL} = D_1\sigma = 0.205 \times 1 = 0.205$$

مقادیر $D_2$ و $D_1$، A در پیوست الف برای اندازه‌های نمونه متفاوت داده شده است. از مقادیر میانگین و دامنه داده شده در جدول ۱۲، ممکن است دیده شود که در نمودار میانگین همچنین نقاط متناظر با زیرگروه‌های ۱۴ و ۱۵ خارج از حد بالایی کنترل قرار می‌گیرند و هیچ نقطه‌ای برروی نمودار دامنه خارج از کنترل نیست. روش یکسان هم‌چنین توسط نمودار (a, b) نشان داده می‌شود، بدین ترتیب برای این مثال، درمی‌یابیم که نمودار (a, b) به همان اندازه نمودار $(\bar{X} - R)$ حساس است.

## پیوست الف

## (اطلاعاتی)

## عواملی برای محاسبه حدود کنترل

**جدول الف-۱ - عواملی برای محاسبه حدود کنترل**

| | با استفاده از مقادیر استاندارد $\sigma$ و $\mu$ | | | | | | | | با استفاده از (s) | | | با استفاده از R | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | نمودار پایین بالا | | نمودار CV | | | نمودار دامنه | | | نمودار میانگین | نمودار CV | | نمودار مقدار کرانگی | نمودار میانگین | نمودار دامنه | |
| $C_L$ | $\mu$ | $\mu$ | $\frac{c_2\sigma}{\mu}$ | | | $d_2\sigma$ | | | $\bar{\bar{X}}$ | $\bar{v}$ | | $M=\frac{\bar{X}_H+\bar{X}_L}{2}$ | $\bar{\bar{X}}$ | $\bar{R}$ | |
| $L_{CL}$ | $\mu-H\sigma$ | $\mu-A\sigma$ | $B_1\sigma/\mu$ | | | $D_1\sigma$ | | | $\bar{\bar{X}}-A_3\bar{s}$ | $B_3\bar{v}$ | | $M-H_2\bar{R}$ | $\bar{\bar{X}}-A_2\bar{R}$ | $D_3\bar{R}$ | |
| $U_{CL}$ | $\mu+H\sigma$ | $\mu+A\sigma$ | $B_2\sigma/\mu$ | | | $D_2\sigma$ | | | $\bar{\bar{X}}+A_3\bar{s}$ | $B_4\bar{v}$ | | $M+H_2\bar{R}$ | $\bar{\bar{X}}+A_2\bar{R}$ | $D_4\bar{R}$ | |
| (۱) | (۲) | | (۳) | (۴) | (۵) | (۶) | (۷) | (۸) | (۹) | (۱۰) | (۱۱) | (۱۲) | (۱۳) | (۱۴) | (۱۵) |
| شماره مشاهدات در نمونه | H | A | $c_2$ | $B_1$ | $B_2$ | $d_2$ | $D_1$ | $D_2$ | $B_3$ | $B_4$ | $A_3$ | $H_2$ | $A_2$ | $D_3$ | $D_4$ |
| ۲ | ۳٫۰۴۱ | ۲٫۱۲۱ | ۰٫۵۶۴ | ۰ | ۱٫۸۴۳ | ۱٫۱۲۸ | ۰ | ۳٫۶۸۶ | ۰ | ۳٫۲۶۷ | ۲٫۶۵۹ | ۲٫۶۹۵ | ۱٫۸۸۰ | ۰ | ۳٫۲۶۷ |
| ۳ | ۳٫۰۹۰ | ۱٫۷۳۲ | ۰٫۷۲۴ | ۰ | ۱٫۸۵۸ | ۱٫۶۹۳ | ۰ | ۴٫۳۵۸ | ۰ | ۲٫۵۶۸ | ۱٫۹۵۴ | ۱٫۸۲۶ | ۱٫۰۲۳ | ۰ | ۲٫۵۷۵ |
| ۴ | ۳٫۱۳۳ | ۱٫۵۰۰ | ۰٫۷۹۸ | ۰ | ۱٫۸۰۸ | ۲٫۰۵۹ | ۰ | ۴٫۶۹۸ | ۰ | ۲٫۲۶۶ | ۱٫۶۲۸ | ۱٫۵۲۲ | ۰٫۷۲۹ | ۰ | ۲٫۲۸۲ |
| ۵ | ۳٫۱۷۰ | ۱٫۳۴۲ | ۰٫۸۴۱ | ۰ | ۱٫۷۵۶ | ۲٫۳۲۶ | ۰ | ۴٫۹۱۸ | ۰ | ۲٫۰۸۹ | ۱٫۴۲۷ | ۱٫۳۶۳ | ۰٫۵۷۷ | ۰ | ۲٫۱۱۵ |

| | با استفاده از مقادیر استاندارد σ و μ | | | | | | | | | با استفاده از (s) | | با استفاده از R | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | نمودار پایین بالا | | نمودار CV | | | نمودار دامنه | | | | نمودار CV | نمودار میانگین | نمودار مقدار کرانگی | نمودار میانگین | نمودار دامنه | |
| ۶ | ۳٫۲۰۲ | ۱٫۲۲۵ | ۰٫۸۶۹ | ۰٫۰۲۶ | ۱٫۷۱۱ | ۲٫۵۳۴ | ۰ | ۵/۰۷۸ | ۰/۰۳۰ | ۱/۹۷۰ | ۱/۲۸۷ | ۱/۲۶۳ | ۰/۴۸۳ | ۰ | ۲/۰۰۴ |
| ۷ | ۳٫۲۳۰ | ۱٫۱۳۴ | ۰٫۸۸۸ | ۰٫۱۰۵ | ۱٫۶۷۲ | ۲٫۷۰۴ | ۰٫۲۰۵ | ۵٫۲۰۳ | ۰٫۱۱۸ | ۱٫۸۸۲ | ۱/۱۸۲ | ۱٫۱۹۴ | ۰٫۴۱۹ | ۰٫۰۷۶ | ۱٫۹۲۴ |
| ۸ | ۳٫۲۵۶ | ۱٫۰۶۱ | ۰٫۹۰۳ | ۰٫۱۶۷ | ۱٫۶۳۸ | ۲٫۸۴۷ | ۰٫۳۸۷ | ۵٫۳۰۷ | ۰٫۱۸۵ | ۱٫۸۱۵ | ۱٫۰۹۹ | ۱٫۱۴۳ | ۰٫۳۷۳ | ۰٫۱۳۶ | ۱٫۸۶۴ |
| ۹ | ۳٫۲۷۸ | ۱٫۰۰۰ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۲۱۹ | ۱٫۶۰۹ | ۲٫۹۷۰ | ۰٫۵۴۶ | ۵٫۳۹۴ | ۰٫۲۳۹ | ۰٫۷۶۱ | ۱٫۰۳۲ | ۱٫۱۰۴ | .٫۳۳۷ | ۰٫۱۸۴ | ۱٫۸۱۶ |
| ۱۰ | ۳٫۲۹۹ | ۰٫۹۴۹ | ۰٫۹۲۳ | ۰٫۲۶۲ | ۱٫۵۸۴ | ۳٫۰۷۸ | .٫۶۸۷ | ۵٫۴۶۹ | ۰٫۲۸۴ | ۰٫۷۱۶ | ۰٫۹۷۵ | ۱٫۰۷۲ | ۰٫۳۰۸ | ۰٫۲۲۳ | ۱٫۷۷۷ |
| ۱۱ | | | ۰٫۹۳۰ | ۰٫۲۹۹ | ۱٫۵۶۱ | ۳٫۱۷۳ | ۰٫۸۱۲ | ۵٫۵۳۴ | ۰٫۳۲۱ | ۱٫۶۷۹ | ۰٫۹۲۷ | | | | |
| ۱۲ | | | ۰٫۹۳۶ | ۰٫۳۳۱ | ۱٫۵۴۱ | ۳٫۲۵۸ | ۰٫۹۲۴ | ۵٫۵۹۲ | ۰٫۳۵۴ | ۱٫۶۴۶ | ۰٫۸۸۶ | | | | |
| ۱۳ | | | ۰٫۹۴۱ | ۰٫۳۵۹ | ۱٫۵۲۳ | ۳٫۳۳۶ | ۱٫۰۲۶ | ۵٫۶۴۶ | ۰٫۳۸۲ | ۱٫۶۱۸ | ۰٫۸۵۰ | | | | |
| ۱۴ | | | ۰٫۹۴۵ | ۰٫۳۸۴ | ۱٫۵۰۷ | ۳٫۴۰۷ | ۱٫۱۲۱ | ۵٫۶۹۳ | ۰٫۴۰۶ | ۱٫۵۹۴ | ۰٫۸۱۷ | | | | |
| ۱۵ | | | ۰٫۹۴۹ | ۰٫۴۰۶ | ۱٫۴۹۲ | ۳٫۴۷۲ | ۱٫۲۰۷ | ۵٫۷۳۷ | ۰٫۴۲۸ | ۱٫۵۷۲ | .٫۷۸۹ | | | | |
| ۱۶ | | | ۰٫۹۵۲ | ۰٫۴۲۷ | ۱٫۴۷۸ | ۳٫۵۳۲ | ۱٫۲۸۵ | ۵٫۷۷۹ | ۰٫۴۴۸ | ۱٫۵۵۲ | ۰٫۷۶۳ | | | | |
| ۱۷ | | | ۰٫۹۵۵ | ۰٫۴۴۵ | ۱٫۴۶۵ | ۳٫۵۸۸ | ۱٫۳۵۹ | ۵٫۸۱۷ | ۰٫۴۶۶ | ۱٫۵۳۴ | ۰٫۷۳۹ | | | | |
| ۱۸ | | | ۰٫۹۵۸ | ۰٫۴۶۱ | ۱٫۴۵۴ | ۳٫۶۴۰ | ۱٫۴۲۶ | ۵٫۸۵۴ | ۰٫۴۸۲ | ۱٫۵۱۸ | ۰٫۷۱۸ | | | | |
| ۱۹ | | | ۰٫۹۶۰ | ۰٫۴۷۷ | ۱٫۴۴۳ | ۳٫۶۸۹ | ۱٫۴۹۰ | ۵٫۸۸۸ | ۰٫۴۹۷ | ۱٫۵۰۳ | ۰٫۶۹۸ | | | | |
| ۲۰ | | | ۰٫۹۶۲ | ۰٫۴۹۱ | ۱٫۴۳۳ | ۳٫۷۳۵ | ۱٫۵۴۸ | ۵٫۹۲۲ | ۰٫۵۱۰ | ۱٫۴۹۰ | ۰٫۶۸۰ | | | | |
| ۲۱ | | | ۰٫۹۶۴ | ۰٫۵۰۴ | ۱٫۴۲۴ | ۳٫۷۷۸ | ۱٫۶۰۶ | ۵٫۹۵۰ | ۰٫۵۲۳ | ۱٫۴۷۷ | | | | | |
| ۲۲ | | | ۰٫۹۶۶ | ۰٫۵۱۶ | ۱٫۴۱۵ | ۳٫۸۱۹ | ۱٫۶۵۹ | ۵٫۹۷۹ | ۰٫۵۳۴ | ۱٫۴۶۶ | | | | | |

| | با استفاده از مقادیر استاندارد σ و μ | | | | | | | | با استفاده از (s) | | با استفاده از R | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | نمودار پایین بالا | | نمودار CV | | | نمودار دامنه | | | نمودار میانگین | نمودار CV | | نمودار مقدار کرانگی | نمودار میانگین | نمودار دامنه | |
| ۲۳ | | | ./۹۶۷ | ۰/۵۲۷ | ۱/۴۰۷ | ۳/۸۵۸ | ۱/۷۱۰ | ۶/۰۰۶ | | ۰/۵۴۵ | ۱/۴۵۵ | | | | |
| ۲۴ | | | ۰/۹۶۸ | ۰/۵۳۸ | ۱/۳۹۹ | ۳/۸۹۵ | ۱/۷۵۹ | ۶/۰۳۱ | | ۰/۵۵۵ | ۱/۴۴۵ | | | | |
| ۲۵ | | | ۰/۹۷۰ | ۰/۵۴۸ | ۱/۳۹۲ | ۳/۹۳۱ | ۱/۸۰۴ | ۶/۰۵۸ | | ۰/۵۶۵ | ۱/۴۳۵ | | | | |

## پیوست ب

## (اطلاعاتی)

## کتابنامه


[۱] استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۷۵۳۲، سال ۱۳۹۳، نمودارهای کنترل- قسمت ۱: راهنمایی‌های کلی

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

[3] ISO 5479:1997, Statistical interpretation of data — Tests for departure from the normal distribution

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

[5] Rao C.R. ed. *Formulae and Tables for Statistical Work*. 1975

[6] *Introduction to Statistical Quality Control*, Douglas Montgomery, 2004

[7] Statistical procedures for machine and process qualification, Edgar Dietrich, Alfred Schulze, 1999

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