

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد ، شماره ۲۱۹

# کاربرد سیستمهای کنترل کیفیت

## با استفاده از روشهای آماری

تألیف

حامد رضا طارقیان - ابوالقاسم بزرگ نیا

فهرست‌نویسی پیش از انتشار توسط کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه فردوسی مشهد

طارقیان ، حامدرضا

کاربرد سیستمهای کنترل کیفیت با استفاده از روشهای آماری / تألیف حامدرضا طارقیان ،  
ابوالقاسم بزرگ‌نیا . - مشهد : دانشگاه فردوسی مشهد ، ۱۳۷۶ .

۲۷۸ ص . : جدول ، نمودار . - (انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد ؛ ۲۱۹) .

واژه‌نامه :

کتابنامه : ص ۳۷۲-۳۷۳ .

۱ . کنترل کیفیت - روشهای آماری . الف . بزرگ‌نیا ، ابوالقاسم ، ۱۳۱۲ - ب . عنوان .

TS ۱۵۶/

۶۵۸/۵۶۲۰۱۵۱۹۵

#### شناسنامه کتاب

نام : کاربرد سیستمهای کنترل کیفیت

تألیف : حامدرضا طارقیان - ابوالقاسم بزرگ‌نیا

ناشر : انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ انتشار : بهار ۱۳۷۶

تعداد : ۲۰۰۰ نسخه - چاپ اول

امور فنی و چاپ : مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

قیمت : ۶۲۰۰ ریال

شابک : ۹۶۴ - ۶۳۳۵ - ۰۱ - ۲ - ۰۱ (ISBN: 964 - 6335 - 01 - 2)

## فهرست مندرجات

۱۱	پیشگفتار
۱۳	مقدمه

### بخش اول - کنترل کیفیت غیر آماری

۱۷	فصل ۱ کنترل کیفیت - مفاهیم اساسی
۱۷	۱.۱ مقدمه
۱۸	۲.۱ تعریف کنترل کیفیت
۱۹	۳.۱ استاندارد و تاریخچه مختصر آن در ایران
۲۰	۴.۱ تاریخچه کنترل کیفیت
۲۱	۵.۱ پراکندگی در کیفیت تولیدات
۲۲	۶.۱ مزایا و هزینه های کیفیت
۲۴	۷.۱ مسؤلیت کیفیت با کیست؟
۲۵	۸.۱ روشهای ارتقای کیفیت
۲۷	فصل ۲ روشهای کنترل کیفیت غیر آماری
۲۷	۱.۲ مقدمه
۲۷	۲.۲ جلسات طوفان ذهنی

۲۸	۳.۲ برگه های بازیینی
۳۰	۴.۲ تحلیل پارتو
۳۲	۵.۲ روش علّت و معلول
۳۲	۶.۲ روش تاگوشی

### بخش دوم - کنترل کیفیت آماری در حین تولید

۳۷	فصل ۳ اصول برقراری سیستمهای کنترل کیفیت آماری
۳۷	۱.۳ مقدمه
۳۷	۲.۳ برقراری سیستم کنترل
۳۷	۱.۲.۳ تعیین مقیاس سنجش کیفیت
۳۹	۲.۲.۳ تعیین استاندارد تولید
۴۰	۳.۲.۳ آزمون بهینگی استاندارد
۴۱	۴.۲.۳ اجرای کنترل
۴۳	فصل ۴ قابلیت فرآیند و محاسبه آن
۴۳	۱.۴ مقدمه
۴۴	۲.۴ محاسبه قابلیت فرآیند
۴۴	۱.۲.۴ مقیاس کمی
۴۵	۲.۲.۴ مقیاس کیفی
۵۳	تمرینها
۵۵	فصل ۵ سیستم کنترل شوهارت
۵۵	۱.۵ مقدمه
۵۵	۲.۵ مفاهیم اساسی در سیستم کنترل شوهارت
۵۸	۳.۵ برقراری سیستم کنترل شوهارت (مقیاس کیفی)

۶۰	۱.۳.۵ نمودار کنترل P
۶۲	۲.۳.۵ نمودار کنترل C
۶۳	۳.۳.۵ نمودار کنترل U
۶۴	۴.۵ برقراری سیستم کنترل شوهارت (مقیاس کمتی)
۶۸	۵.۵ حساسیت سیستم کنترل شوهارت
۷۳	۶.۵ سیستم کنترل برای نمونه هایی با حجمهای متفاوت
۷۴	۷.۵ به کارگیری عملی سیستم کنترل شوهارت
۷۵	۸.۵ تجزیه و تحلیل نقاط خارج از کنترل
۷۵	۹.۵ حدود کنترل و تلورانس
۷۹	۱۰.۵ هزینه برقراری سیستم کنترل شوهارت
۸۶	تمرینها
۸۹	فصل ۶ سیستم کنترل جمع تراکمی (کیوسام)
۸۹	۱.۶ مقدمه
۸۹	۲.۶ محاسبه مقادیر کیوسام
۹۰	۳.۶ رسم نمودار کیوسام
۹۳	۴.۶ روش فاصله تصمیم در برقراری سیستم کنترل کیوسام
۹۴	۱.۴.۶ برقراری سیستم کنترل برای مقیاسهای کمتی
۱۰۱	۲.۴.۶ برقراری سیستم کنترل برای مقیاسهای کیفی
۱۰۷	تمرینها
۱۱۱	فصل ۷ مقایسه دو سیستم کنترل شوهارت و کیوسام
۱۱۱	۱.۷ مقدمه
۱۱۱	۲.۷ مقایسه دو سیستم در کنترل متغیرهای کمتی
۱۱۴	۳.۷ مقایسه دو سیستم در کنترل متغیرهای کیفی
۱۱۵	۴.۷ انتخاب سیستم کنترل در عمل

## بخش سوم - کنترل کیفیت آماری پس از تولید

۱۱۷	فصل ۸ روشهای نمونه برداری برای پذیرش
۱۱۷	۱.۸ مقدمه
	۲.۸ هزینه های ناشی از عدم بازرسی، بازرسی صد درصد و
۱۱۹	نمونه برداری
۱۲۰	۳.۸ مفاهیم اساسی نمونه برداری
۱۲۱	۴.۸ مشخصه های یک طرح نمونه برداری
۱۲۴	۵.۸ منحنی مشخصه عملکرد یک طرح نمونه برداری
۱۲۷	۶.۸ طرح نمونه برداری تکی
۱۲۷	۱.۶.۸ حجم نمونه و معیار پذیرش معلومند
	۲.۶.۸ سطح کیفیت قابل قبول و نقطه ای بر روی منحنی
۱۲۹	مشخص است
۱۳۳	۳.۶.۸ ریسک تولید کننده و مصرف کننده مشخص است
۱۳۶	۷.۸ طرح نمونه برداری مضاعف
۱۳۷	۱.۷.۸ منحنی مشخصه عملکرد طرح نمونه برداری مضاعف
	۲.۷.۸ میانگین کیفیت کالای خروجی از سیستم و متوسط
۱۴۱	کالای بازرسی شده
۱۴۲	۸.۸ طرح نمونه برداری چند مرحله ای
۱۴۵	۹.۸ متوسط کالای بازرسی شده در نمونه (ASN)
۱۴۷	۱۰.۸ طرح نمونه برداری زنجیره ای
۱۵۰	۱۱.۸ طرح نمونه برداری دنباله ای
۱۵۴	۱۲.۸ طرحهای نمونه برداری در سیستمهای تولیدی پیوسته
۱۵۵	۱.۱۲.۸ طرحهای CSP-۱
۱۵۶	۲.۱۲.۸ طرحهای CSP-۲



۱۵۸	۳۰۱۲.۸ طرحهای استاندارد نظامی 1235B
۱۶۰	CSP-F طرحهای ۱.۳.۱۲.۸
۱۶۱	CSP-T طرحهای ۲.۳.۱۲.۸
۱۶۳	CSP-V طرحهای ۳.۳.۱۲.۸
۱۶۳	۱۳.۸ طرحهای نمونه برداری برای مقیاسهای کمی کیفیت
۱۶۴	۱.۱۳.۸ طرح نمودار توده شاینین
۱۶۷	۲.۱۳.۸ دیگر طرحهای نمونه برداری برای مقیاسهای کمی
۱۶۸	تمرینها
۱۷۱	فصل ۹ قابلیت اطمینان
۱۷۱	۱.۹ مقدمه
۱۷۲	۲.۹ رسیدن به قابلیت اطمینان
۱۷۲	۱.۲.۹ قابلیت اطمینان سیستم و محاسبه آن
۱۷۵	۱.۱.۲.۹ طراحی
۱۷۶	۲.۱.۲.۹ ساخت
۱۷۶	۳.۱.۲.۹ حمل و نقل
۱۷۷	۴.۱.۲.۹ نگهداری و مراقبتهای دوره‌ای
۱۷۷	۳.۹ جنبه های آماری قابلیت اطمینان
۱۸۱	۴.۹ رسم منحنی مشخصه عملکرد
۱۸۴	۵.۹ طرح آزمایش قابلیت اطمینان و طول عمر
۱۸۶	۶.۹ کتاب راهنمای H108
۱۹۲	۷.۹ بهسازی قابلیت اطمینان
۱۹۲	تمرینها
۱۹۷	فصل ۱۰ مدیریت بهسازی کیفیت
۱۹۷	۱.۱۰ مقدمه

۱۹۷	۲.۱۰ آگاهی مدیریت
۱۹۹	۳.۱۰ تعهد مدیریت
۲۰۰	۴.۱۰ ابعاد مختلف کیفیت
۲۰۱	۵.۱۰ اندازه گیری کیفیت
۲۰۳	۶.۱۰ آموزش
۲۰۵	۷.۱۰ برنامه های سالیانه بهسازی کیفیت
۲۰۵	۸.۱۰ گروههای کاری
۲۰۶	۹.۱۰ روش علمی برخورد با مشکلات کیفیتی
۲۰۹	۱۰.۱۰ پرسنل
۲۱۰	۱۱.۱۰ چهارده اصل مدیریت پروفیسور دمینگ
۲۱۲	۱۲.۱۰ استانداردهای بین المللی سری ۹۰۰۰

### پیوستار

۲۱۵	
۲۱۷	الف - مقدمه ای بر چند توزیع مهم آماری
۲۳۳	ب - مقدمه ای بر روشهای نمونه گیری
۲۴۱	ج - معرفی سیستم شبیه سازی کامپیوتری کنترل کیفیت
۲۴۴	د - جدولهای آماری و نوموگرام
۲۶۱	واژه نامه انگلیسی به فارسی
۲۶۷	واژه نامه فارسی به انگلیسی
۲۷۳	فهرست مآخذ
۲۷۵	فهرست راهنما

## پیشگفتار

در جامعه مصرفی امروز، زندگی روزمره افراد بطور کلی به مصرف تولیدات صنعتی و خدماتی سازمانهای مختلف وابسته است. همگام با گسترش آگاهیهای مصرف کننده از یک سو و افزایش میزان و تنوع تولیدات و خدمات از سوی دیگر، مقوله کیفیت پیچیده تر گردیده و وسعت بیشتری پیدا کرده است. مسأله کیفیت امروزه ابعاد استراتژیک و جهانی به خود گرفته است، بطوری که در جوامع صنعتی و در بازار داغ رقابت، کیفیت به عنوان یک سلاح پر قدرت اقتصادی و بازرگانی شناخته شده و از طریق آن پیوسته بازارهای مصرف جدید شناسایی و فتح می گردند. اخیراً سازمان بین المللی استاندارد برای اداره کارآمد سیستمهای کنترل و تضمین کیفیت تولیدات، استانداردهای جهانی سری ۹۰۰۰ را تدوین نموده است. برخلاف گذشته که کیفیت براساس استانداردها و کلاً مشخصات فنی محصول تعریف می شد، امروزه کیفیت ابعاد وسیعتری یافته و تأمین نیازها و انتظارات مصرف کننده را نیز در بر می گیرد. از این رو به منظور رسیدن به کیفیت مطلوب باید علاوه بر مسائل فنی به اجزای دیگر سیستم تولیدی از قبیل بازار تأمین مواد، بازاریابی و حتی خدمات پس از فروش توجه خاص مبذول نمود.

به دلیل اهمیت ویژه ای که کیفیت در این مقطع از بازسازی اقتصادی در کشور ما پیدا کرده است، در سالهای اخیر به مسأله کیفیت و روشهای ارتقای آن توجه بیشتری شده است. همایشهای علمی مختلف، مقالات پژوهشی متعدد و چندین کتابی که طی سالهای اخیر به زیور چاپ آراسته و به بازار عرضه گردیده است، همه حکایت از آن دارند که مقوله کیفیت بتدریج جایگاه والای خود را در میان صنعتگران و پژوهشگران داخلی پیدا نموده است.

آنچه در این راستا می تواند به صنعتگران و پژوهشگران کمک شایان توجهی بنماید، آگاهی از دیدگاههای مختلف و نوینی است که در زمینه کنترل کیفیت به منصه ظهور می رسند. کتاب، چنانچه بتواند هفت خوان نه که هفتاد خوان چاپ و انتشار را در مدت نسبتاً کوتاهی طی نماید، می تواند نقش پل ارتباطی مؤثری را بین نظریه پردازان و صنعتگران ایفا نماید. کتاب حاضر را با همین امید تدوین و به چاپ سپرده ایم.

در تدوین مطالب کتاب دو هدف را دنبال کرده ایم. از طرفی با توجه به این که دانشجویان رشته های مختلفی از جمله صنایع، مدیریت صنایع، آمار و ... درسی به نام کنترل کیفیت دارند، سعی کرده ایم تا بر طبق سر فصل مدون این درس در رشته های مختلف، مطالب اساسی و عمده را در این کتاب گردآوری کنیم. ضمناً چون صنعتگران بسیاری هستند که به نقش حیاتی کیفیت به عنوان یک امتیاز رقابتی بسیار مهم پی برده اند و بر آنند تا در واحدهای تولیدی خود با پشتوانه روشهای علمی سیستمهای کنترل کیفیت را برقرار نمایند، در این کتاب نیاز این دسته از صنعتگران را نیز مد نظر داشته ایم. به عنوان مثال، در پیوستار کتاب یک سیستم کامپیوتری شبیه سازی فرایند کنترل کیفیت که به وسیله مؤلفین طراحی شده، معرفی گردیده است. این سیستم دارای قابلیت هایی است که می تواند نه تنها به عنوان یک سیستم آموزشی جهت تفهیم مفاهیم مختلف در زمینه کنترل کیفیت مورد استفاده قرار بگیرد، که به صورت یک سیستم کنترل کیفیت عملی در کارخانه جهت کنترل کیفیت تولیدات در حین و پس از تولید می تواند به کار گرفته شود.

از طرف دیگر برخی از مفاهیم آماری از قبیل سیستم کنترل کیوسام را که در کتب دیگر کمتر به آن پرداخته شده است، در کتاب حاضر مورد بررسی قرار داده ایم. بدون تردید کتاب حاضر خالی از اشکال نیست. راهنمایها و پیشنهادهای پژوهندگان و خوانندگان دانشور را به جان پذیرا هستیم.

حامد رضا طارقیان - ابوالقاسم بزرگ نیا

بهمن ۱۳۷۵

## مقدمه

شاید یکی از سؤالات شما نیز به هنگام خرید کالایی از فروشنده، محل ساخت آن کالا باشد و احتمالاً در صورت آگاه شدن از ایرانی بودنش به دلیل سابقهٔ نه چندان درخشانی که از کیفیت برخی اجناس ایرانی در ذهن دارید، از خرید آن منصرف شوید!

چند سال قبل به منظور رونق بخشیدن به بازار تولیدات داخلی برنامهٔ تبلیغاتی پرهزینه‌ای طراحی و در داخل کشور اجرا شد که شعارش این بود: "ایرانی جنس ایرانی بخر". بنا به آماری که همان زمان جمع آوری شد، این برنامه موفقیت چندانی نداشت و از شوق مردم به خرید کالای خارجی نکاست.

براستی دلیل رونق بازار اجناس خارجی در چیست و چه عواملی باعث سلب اطمینان مردم از تولیدات داخلی شده است؟

آمار گردآوری شده به وسیلهٔ مؤسسهٔ استاندارد در بارهٔ تولیدات داخلی مبین این واقعیت است که مسألهٔ کیفیت آن طور که شایسته است در واحدهای تولیدی مطرح نشده و اگر هم مطرح شده بطور صحیح نبوده است. این کم توجهی ممکن است معلول یکی از علل زیر باشد:

الف) تولیدکنندگان بر این باورند که ارتقا و حفظ کیفیت تولیدات باعث ایجاد هزینه‌های بازگشت ناپذیر در تولید می‌شود.

ب) پندار نادرست برخی از صنعتگران در مورد این که پیاده‌سازی سیستمهای علمی کنترل کیفیت مستلزم به‌کارگیری روشها و تکنیکهای آماری پیچیده است.

ج) منحصر بودن تولید کالا به تعداد محدودی از واحدهای تولیدی و نبود رقابت سالم.

دو نمونه زیر که از آمار منتشره مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران استخراج شده بیانگر وضعیت نامطلوب تولیدات داخلی است. در سال ۱۳۶۰ از ۲۳۳ واحد و در سال ۱۳۶۱ از ۲۵۵ واحد نوسابه سازی نمونه برداری شد. حدود ۶۷ درصد نمونه ها با استاندارد مطابقت نداشت. در سال ۱۳۶۱ از ۹ واحد کبریت سازی ۱۸۴ نمونه برداشته شد. از این تعداد ۹۹ درصد خارج از استاندارد بود.

از جمله کشورهایی که با جنبه های گوناگون مسأله کیفیت بطور جدی برخورد کرده اند، ژاپن است. در طول جنگ جهانی دوم، صنایع ژاپن بطور کامل تخریب شد. در دوران بازسازی، ژاپنها به این نتیجه رسیدند که با فقدان منابع طبیعی لازم، حیات ملی آنها در گرو تولید محصولاتی با کیفیت است تا بتواند به بازارهای بین المللی راه یابد و با تولیدات کشورهای صنعتی رقابت کند و در صورت امکان بازار آنها را به تسخیر خود در آورد. از این رو تولید کالای مرغوب یکی از ضرورت های ملی به حساب آمد و در دستور کار کلیه واحدهای تولیدی قرار گرفت. در راستای تحقق این آرمان ملی، روشهای گوناگون کنترل و تضمین کیفیت به عنوان مهمترین و ضروری ترین ابزار جهت حفظ و ارتقای کیفیت تولیدات شناخته شد.

امروزه بیش از سه میلیون نفر در ژاپن به نوعی با مسأله کنترل کیفیت درگیرند. تلاش این خیل عظیم، آمیخته با عرق ملی ژاپنی در این مدت نسبتا کوتاه به بار نشسته و تولیداتی مطمئن، با دوام و مطابق میل مصرف کننده به بازارهای داخلی و خارجی روانه کرده است. تولیدات مرغوب ژاپنی چنان بازارهای بین المللی را تحت کنترل خود در آورده است که صاحبان صنایع کشورهای صنعتی پیوسته تشکیل جلسه می دهند تا برای مقابله با هجوم سیل آسای محصولات ژاپنی که بازارهای داخلی آنها را تهدید می کند، چاره اندیشی کنند. این در حالی است که در گذشته ای نه چندان دور هر کالایی که از کیفیت چندانی برخوردار نبود به ژاپن نسبت داده می شد!

در حال حاضر کشور ما در مقطعی از بازسازی اقتصادی صنعتی قرار دارد که نمی تواند به مسأله کیفیت کم توجه باشد. یکی از راههای تحقق بخشیدن به این آرزوی دیرینه هر ایرانی یعنی خودکفایی اقتصادی صنعتی و یا حداقل برخورداری از اقتصادی که فقط مبتنی بر فروش نفت نباشد و از طریق عرضه محصولات گوناگون صنعتی به بازار جهانی

تغذیه گردد، اهمیت دادن به مسأله کیفیت است. ایجاد صوری واحدهایی به نام کنترل کیفیت که مجموعه تلاش عملی آنها در جمع آوری برخی اطلاعات پراکنده از وضعیت تولید خلاصه می شود، اهمیت دادن به کیفیت تلقی نمی گردد. بلکه لازم است مدیران صنایع با نگرشی سازمان یافته در این زمینه سرمایه گذاریهای لازم را بنمایند و از طریق تحقیقات علمی پیوسته به دنبال ارتقای سطح کیفیت تولیدات خود باشند.

پروفسور کاروایشیکاوا<sup>۱</sup> یکی از پیشگامان کنترل کیفیت، هفت ابزار مهم را برای اعمال روشهای کنترل کیفیت ارائه می دهد. که عبارتند از نمودار پارتو، نمودار علت و معلول، روش طبقه بندی اطلاعات، برگه های بازمینی، نمودارهای ستونی اطلاعات، جدول پراکندگی و سیستمهای آماری کنترل. پروفسور ایشیکاوا معتقد است که یک تولیدکننده بدون آشنایی، فراگیری و به کارگیری این ابزار، نمی تواند برای مدت طولانی در بازارهای داخلی و بین المللی به رقابت پرداخته و سهم شایان توجهی از بازار را به خود اختصاص دهد. در خلال مطالب این کتاب که در سه بخش به شرح زیر تنظیم شده است، علاوه بر معرفی و تشریح روشهای مهمتر این هفت ابزار، سعی می کنیم تا برای سؤالاتی از قبیل: چه روشهای آماری و غیر آماری کنترل کیفیت وجود دارند؟ اقتصادی ترین روش کنترل کدام است؟ آیا روشهای موجود همه از کارایی یکسانی برخوردارند؟ شیوه پیاده سازی یک سیستم کنترل کیفیت آماری چیست؟ و ... پاسخی درخور ارائه دهیم.

در بخش اول که مشتمل بر دو فصل است، ابتدا مفاهیم اساسی کنترل کیفیت را بررسی و سپس روشهای کنترل کیفیت غیر آماری را تشریح می کنیم. در پنج فصل بخش دوم، پس از آن که روشهای آماری کنترل کیفیت در حین تولید را بررسی کردیم، دو سیستم کنترل کیفیت شوهارت و کیوسام را با یکدیگر مقایسه می کنیم. در بخش سوم کتاب، روشهای کنترل کیفیت پس از تولید را مورد بحث قرار می دهیم. به دلیل اهمیت قابلیت اطمینان و ارتباط تنگاتنگ آن با مفاهیم کنترل کیفیت فصل جداگانه ای را به تشریح و بررسی مفاهیم مختلف قابلیت اطمینان اختصاص داده ایم. تردیدی وجود ندارد که ارتقای کیفیت، در سایه نوعی عزم و اراده همگانی و در قالب برنامه مدون و حساب شده و به رهبری و هدایت مدبرانه

مدیریت آگاه و آشنا با روشهای ارتقای کیفیت، ممکن خواهد شد. از این رو کتاب حاضر را با فصلی در زمینه مدیریت بهسازی کیفیت به پایان می بریم.

در پایان هر فصل، بنا به اقتضا، چندین تمرین که اکثر آنها نیز برگرفته از مسائل واقعی صنعت می باشند، آورده ایم. پیوستار کتاب مشتمل بر چهار قسمت است. در قسمت اول چند توزیع مهم آماری را که در کتاب مورد استفاده قرار گرفته، معرفی می نمایم. در قسمت دوم مقدمه‌ای را بر روشهای مختلف نمونه برداری ارائه می کنیم. در قسمت سوم پیوستار، قابلیت‌های گوناگون یک سیستم کامپیوتری شبیه سازی را که برای آموزش مفاهیم کنترل کیفیت به کارگران و نیز استفاده در کنترل عملی فرآیندهای تولیدی طراحی کرده ایم، تشریح می نمایم. در قسمت چهارم پیوستار جداول آماری و نوموگرام<sup>۱</sup> مورد استفاده در طراحی سیستم کنترل کیوسام را آورده ایم. واژه نامه ها، مراجع مورد استفاده در تدوین مطالب کتاب و نیز معرفی چند اثر ذی ربط و همچنین فهرست راهنما قسمت پایانی کتاب را تشکیل می دهند.



## فصل اول

### مفاهیم اساسی کنترل کیفیت

#### ۱ - ۱ مقدمه

کیفیت چیست و کنترل کیفیت بر چه روشها و تکنیکهایی دلالت دارد؟ بر طبق تعریفی که در لغت نامه دهخدا آمده، کیفیت بر "چگونگی صفت حالت و وضعیت پدیده مورد نظر دلالت دارد. کیفیت می تواند محسوس به حس بینایی به معنای شکل ظاهری اجسام و مصنوعات، محسوس به حس شنوایی مثل صداهای روح نواز و یا گوشخراش، محسوس به حس بویایی به معنای رایحه خوش یا بوی آزار دهنده، محسوس به حس چشایی یعنی انواع طعمها و بالاخره محسوس به حس بساویی، به معنای سردی و گرمی یا لطافت و زبری مصنوع باشد.

با توجه به مطالب فوق می توان به درک تازه ای از مفهوم کیفیت پی برد. کیفیت یک پدیده اعم از طبیعی، مصنوعی، کشاورزی یا صنعتی تنها به یک خاصیت آن مربوط نمی گردد، بلکه تمامی جنبه ها و مشخصه های آن را در بر می گیرد. به عنوان مثال در تولید خودرو توجه صرف به توانایی و قدرت موتور کیفیت آن را رقم نخواهد زد، چراکه طراحی داخلی و خارجی، امکانات رفاهی و تزئینی، عوامل آیرودینامیکی،... و دیگر مشخصه هایی از این دست می تواند در ارتقای کیفیت آن از نظر جلب رضایت خریداران تأثیر بسزایی

داشته باشد. در اوایل دهه هشتاد میلادی آماری از نوع اتوموبیلهایی که کارکنان کارخانه اتوموبیل سازی لیلاند انگلستان خریداری و استفاده می کردند، جمع آوری شد. این آمار نشان داد که علی رغم وجود تسهیلات خاص فروش خودرو به کارکنان، در صد قابل توجهی از کارکنان کارخانه از اتوموبیلهای ساخت ژاپن استفاده می کنند. از تحقیقات و بررسیهای انجام گرفته، مدیران کارخانه به این نتیجه رسیدند که کم توجهی طراحان به مشخصه هایی از قبیل عوامل پیش گفته، دلیل اصلی بروز این وضعیت بوده است.

پس کیفیت در کاربرد صنعتی آن یک مقوله پویای چند بعدی است ( در فصل دهم این کتاب، نه بعد مختلف کیفیت بررسی خواهند شد). لذا هنگامی که از یک کالای مرغوب و با کیفیت سخن به میان می آید، منظور کالایی است که علاوه بر تحقق هدف اولیه از تولید آن، بتواند از نظر شکل ظاهری و سایر خصوصیات، خواسته های مصرف کننده را نیز برآورد.

## ۱-۲ تعریف کنترل کیفیت

از دیدگاه دکتر جوران<sup>۱</sup> کنترل کیفیت عبارت است از: "مجموعه عواملی که موجب برقراری ضوابط و معیارهای مرغوبیت و اعمال آن می شود". در این دیدگاه که استاندارد (بخش بعدی را ببینید) حاکم بوده و انسان در آن نقشی ندارد، عوامل تولیدی موظفند تا کالاها و خدمات خود را مطابق استاندارد تعیین شده ارائه کنند. پروفیسور ایشیکاوا کنترل کیفیت را به این صورت تعریف می کند: "کیفیت به معنای طراحی، تولید و عرضه کالای مرغوبی است که از نظر اقتصادی و سودمندی مورد پسند مشتری واقع شود در این تعریف ابعاد انسانی کنترل کیفیت در نظر گرفته شده و به برآوردن نیازهای مشتری اهمیت داده شده است. تعریف دیگری که با تعریف اخیر هم سویی دارد و متعلق به مؤسسه استاندارد ژاپن<sup>۲</sup> می باشد، به این شرح است: "کنترل کیفیت راه و روش منظم عرضه کالا و خدمات مرغوب مورد انتظار و تقاضای مشتری است".

با تلفیق تعاریف فوق می توان گفت که کنترل کیفیت عبارت است از مجموعه روشها و فعالیتهایی که در راستای حصول، حفظ و ارتقای کیفیت "محصول" یا "خدمت" بر طبق

استاندارد تعیین شده و در راستای برآوردن نیازهای مشتری انجام می‌گیرد. این روشها و فعالیتها را هم قبل از تولید (مواد اولیه)، هم در حین تولید (قطعات نیمه ساخته) و هم پس از تولید (کالای ساخته شده) می‌توان مورد استفاده قرار داد.

### ۱ - ۳ استاندارد و تاریخچه مختصر آن در ایران

هر پدیده‌ای که تابع قوانین خاص و ثابتی باشد، استاندارد نامیده می‌شود. جامعه بشری برای پیشبرد اهداف اقتصادی، کشاورزی، صنعتی، بازرگانی و ... خود نیازمند استانداردهای خاص در هر زمینه است. از این رو در سراسر جهان سازمانهایی به نام مؤسسه استاندارد به وجود آمده که وظیفه اصلی آنها تهیه و تنظیم و اجرای این قبیل قوانین است. تدوین و اجرای این قوانین گام مثبتی است که در جهت ارتقای سطح کیفیت و تولید مطمئن تر و حفظ منافع مصرف کنندگان و تأمین سلامت عمومی برداشته می‌شود.

مجموعه قوانین تدوین شده به وسیله این سازمانها در هر کشور *استاندارد ملی* آن کشور نامیده شده و در صورتی که در تدوین آنها کارشناسان استاندارد کشورهای مختلف شرکت داشته باشند به آن *استاندارد بین المللی* می‌گویند. مرکز جهانی این استانداردها سازمان *بین المللی استاندارد* می‌باشد که در ۱۴ اکتبر ۱۹۴۵ میلادی تأسیس گردیده است. در ایران روز ۲۲ مهرماه که مقارن با روز تأسیس این مرکز می‌باشد روز جهانی استاندارد نام‌گذاری شده است.

در سال ۱۳۳۲ وزارت بازرگانی وقت طرح تشکیل سازمان استاندارد ایران را تصویب کرد. در ۷ تیرماه ۱۳۳۸ این سازمان عنوان خود را به مؤسسه استاندارد ایران تغییر داد. در سال ۱۳۴۱ اجرای کامل قانون اوزان و مقیاسها به مؤسسه استاندارد ایران واگذار گردید. در سال ۱۳۴۳ مجلسین شورا و سنای وقت عضویت مؤسسه استاندارد ایران را در سازمان بین المللی استاندارد به تصویب رسانیدند. اساسنامه مؤسسه در ۹ تیرماه ۱۳۴۴ به تصویب مجلسین رسید و نام مؤسسه به "*مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران*" تغییر یافت. مؤسسه استاندارد از سال ۱۳۵۰ به صورت مؤسسه دولتی تحت پوشش قانون محاسبات عمومی در آمد، و از سال ۱۳۵۳ به وزارت صنایع وابسته گردید. اجرای قانون اوزان و مقیاسها در سال ۱۳۵۸ از مؤسسه استاندارد جدا و به شهرداریها واگذار گردید.

اجرای این قوانین مجدداً در سال ۱۳۶۰ به مؤسسه استاندارد ایران واگذار شد.

#### ۱-۴ تاریخچه کنترل کیفیت

کنترل کیفیت عمری به درازای خود صنعت دارد. در قرون وسطی به دلیل سادگی فرآیند تولید، هر کارگر قادر بود تمام قسمتهای یک کالا را به تنهایی بسازد. نیروی انگیزشی حاصل از تولید کل کالا به جای جزئی از آن، کافی بود تا کارگر دقت بیشتری در رسیدن به کیفیت بالاتر کالا مبذول دارد. انقلاب صنعتی و گرایش به تخصص گرایی باعث افول این انگیزش گردید، چراکه دیگر کارگر بر خلاف گذشته سازنده یک کالا نبود، بلکه تنها جزء کوچکی از فرآیند ساخت آن را بر عهده داشت. از طرفی روز به روز کالاها متنوع تر، کارها تخصصی تر و فرآیند تولیدی پیچیده تر می گردید. از این رو لازم می نمود تا برای مطمئن شدن از کیفیت تولیدات نوعی سیستم بازرسی پیاده گردد.

بنیانگذار مفاهیم کنترل کیفیت آماری دکتر شوهارت<sup>۱</sup> است که برای نخستین بار در سال ۱۹۲۴ میلادی روشی آماری را برای کنترل کیفیت کالاها ارائه داد (سیستم کنترل شوهارت - فصل ۵ کتاب). در سالهای آخر همان دهه، دو دانشمند دیگر به نامهای داج<sup>۲</sup> و رامیگ<sup>۳</sup>، نمونه برداری برای پذیرش را جهت بازرسی کالاهای تولید شده پیشنهاد کردند.

در سال ۱۹۴۶، انجمن امریکایی کنترل کیفیت تشکیل گردید. این سازمان از راههای مختلف از جمله تشکیل جلسات توجیهی و آموزشی، کاربرد کنترل کیفیت در سازمانهای صنعتی و غیر صنعتی را توصیه می کرد. زاین که امروزه برای سایر کشورهای صنعتی الگوی کنترل کیفیت شده است، در سال ۱۹۴۵، پذیرای دکتر ادوارد دمینگ<sup>۴</sup> و ژوزف جوران<sup>۵</sup> از امریکا بود تا به کمک آنها مفاهیم کنترل کیفیت را برای صنعتگران خود توجیه نماید. و در مدتی نه چندان طولانی، این به تعبیری وارد کننده مفاهیم کنترل کیفیت خود به صادر کننده ای

1-Dr Shewhart

2-Dodge

3-Romig

4-Dr E Deming

5-Juran

انحصاری تبدیل گردید. در اواخر دهه هفتاد و اوایل دهه هشتاد میلادی مدیران صنایع امریکا به ژاپن سفر می کردند تا با مشاهده معجزه ژاپنیها چیزهای تازه‌ای از تعلیم یافتگان خود بیاموزند.

### ۱-۵ پراکندگی در کیفیت تولیدات

امروزه بیشتر کالاهای مصرفی با سیستمهای تولیدی انبوه ساخته می شوند. و به سبب پراکندگی عوامل دخیل در تولید، بندرت اقلام تولید شده از جهات مختلف یکسانند. مصرف کننده به دلیل پایین بودن نسبی قیمت کالاهایی که با چنین سیستمهای تولیدی ساخته می شوند، پراکندگی در کیفیت آنها را، البته در محدوده مشخصی می پذیرد. از این رو تولید کننده باید سعی کند تا پراکندگی کیفیت را در داخل محدوده قابل قبول حفظ نماید. عوامل و متغیرهای گوناگونی موجب می گردند تا کالا بر طبق مشخصات تعیین شده تولید نشود. تغییرهایی که موجب پراکندگی کیفیت در کالا می شوند بر دو دسته اند:

الف) تغییرهایی که به صورت تصادفی رخ می دهند و بعضاً تغییرهای ذاتی فرآیند تولید<sup>۱</sup> نامیده می شوند. برای اصلاح و حذف این تغییرها معمولاً پذیرفتن هزینه های قابل توجه بهسازی عوامل تولید و نیز بازرسی دقیق و کارآمد ضروری است.

ب) تغییرهایی که بر اثر عوامل معین انجام می گیرند و معمولاً عمده ترین نوع تغییرها می باشند. این دسته که تغییرهای قابل تخصیص<sup>۲</sup> نامیده می شوند، قابل شناسایی و کنترل هستند. عمده ترین دلایل ایجاد این تغییرها به شرح زیر است:

۱ - مواد اولیه: بسدیهی است که بدون مواد اولیه مرغوب و مطابق استاندارد تولید کالای با کیفیت و مرغوب امکان پذیر نیست.

۲ - نیروی انسانی: نداشتن تخصص و کاردانی، خطاها و بی دقتی سبب تولید کالای نامرغوب می شود. مسؤولان بازرسی و کنترل کیفیت نیز ممکن است

1-Inherent Process Variation

2-Assignable Factors

خود در مورد ارزیابی کیفیت کالا مرتکب اشتباه شوند.

۳ - محیط تولید: در محیطی که مثلاً دارای نور کم، رطوبت بیش از اندازه، حرارت یا برودت زیاد، گرد و خاک، ارتعاش و صداهای گوشخراش است، چگونه می توان انتظار تولید کالای مرغوب داشت؟

۴ - ابزار کار: ماشین آلات فرسوده و از کار افتاده، ابزار کهنه و نامناسب در تولید محصولات نامرغوب نقش بسزایی دارند.

۵ - ضعف در طراحی: بعضاً کاستیهای موجود در کالاهای تولید شده ناشی از طراحی نادرست و خطاهای محاسباتی است. طراحی، خود شامل کلیه جنبه های ساخت، پرداخت، بسته بندی و عرضه کالا به بازار می شود.

حذف تغییرهای تصادفی در فرآیند تولید دشوار است. علاوه بر این سهم انفرادی هر یک از تغییرهای قابل تخصیص در ایجاد پراکندگی کیفیت نیز ممکن است ناچیز باشد. آنچه حایز اهمیت است تأثیر دسته جمعی این تغییرهاست. از این رو هدف اولیه و اساسی هر روش کنترل کیفیت باید شناسایی و حذف تغییرهای قابل تخصیص باشد.

## ۱ - ۶ مزایا و هزینه های کنترل کیفیت

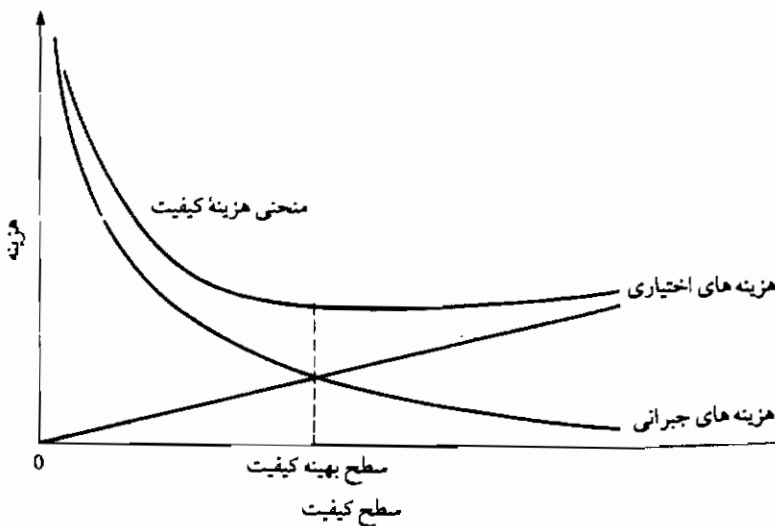
هر چند دستاورد مستقیم کنترل کیفیت بهبود مشخصه های کالا و در یک کلام تولید کالای مرغوب است، محاسن دیگری را نیز می توان از برقراری چنین سیستمهایی متأثر دانست. پیش گیری از بروز حوادث ناگواری که موجب وارد آمدن خسارتهای مالی و جانی به مصرف کننده می گردد، افزایش میزان تولید و بالاخره کارآمدتر شدن سیستم کنترل مدیریت از جمله این محاسن هستند. البته این محاسن در ازای پذیرفتن هزینه هایی به دست می آید که هزینه های کیفیت نامیده شده و معمولاً به دو دسته تقسیم می شوند:

**الف) هزینه های اختیاری:** هزینه هایی است که به منظور اطمینان از دست یابی به سطح کیفیت مطلوب در کالا به مصرف می رسد. این هزینه ها خود به دو دسته تقسیم می شوند. هزینه هایی از قبیل هزینه آموزش، نگهداری و تعمیر ماشین آلات بهسازی فرآیند

طراحی و وسایل اندازه گیری از جمله هزینه های دسته اول هستند. هزینه های راه اندازی و اداره آزمایشگاههای کنترل کیفیت و کلیه بازرسیهایی که در این رابطه صورت می گیرد، دسته دوم هزینه های اختیاری را تشکیل می دهند.

ب) هزینه های جبرانی: در صورت برقرار نکردن سیستم کنترل کیفیت و یا برقراری یک سیستم غیر کارآمد، هزینه هایی متوجه واحد تولیدی خواهد شد که ما آن را هزینه های جبرانی نامیده ایم. این هزینه ها از یک سو هزینه های مربوط به اتلاف مواد، وقت کارگر و ماشین آلات، دوباره کاریها و .. را شامل می شوند، و از سوی دیگر هزینه هایی از قبیل هزینه های ضمانت کارکرد محصول، از دست رفتن اعتبار واحد تولیدی و بعضاً پرداخت جریمه را شامل می شوند.

هزینه های کیفیت معمولاً بر عکس هم عمل می کنند. با افزایش هزینه های اختیاری، هزینه های جبرانی کاهش می یابند. نمودار ۱.۱ رابطه این هزینه ها با سطح کیفیت را نشان می دهد. با توجه به منحنی هزینه های کیفیت، مناسبترین سطح کیفیت را می توان انتخاب کرد.



شکل ۱.۱ - منحنی هزینه های کیفیت

در صورتی که یک واحد تولیدی اقدام به تشکیل بخشی به نام کنترل کیفیت نماید لازم است تا شرح وظایف مدوئی برای این بخش را تدارک ببیند. این واحد باید علاوه بر انجام وظایف معمولی که بر آن مترتب است (جمع آوری و نگهداری اطلاعات در ارتباط با کیفیت، انتخاب روشهای بازرسی و اندازه گیری مناسب و ...) تلاش نماید تا با آموزش پیوسته مفاهیم کنترل کیفیت، بتدریج کنترل از طریق بازرسی را به پدیده خودکنترلی تبدیل نماید. واگذاری مسؤلیت کیفیت کاری که هر کارگر انجام می دهد به خود او، باعث ارتقای روحیه، علاقه و تعهد او نسبت به کارش گشته و نتیجه نهایی آن عملکرد دقیقتر و باکیفیت تر او خواهد بود.

#### ۱ - ۷ مسؤول کیفیت کیست؟

کیفیت مسؤولیت یک شخص یا یک بخش خاص نیست، بلکه هر یک از اعضای سازمان، از کارگر خط تولید گرفته تا مدیر عامل این مسؤولیت را بر عهده دارند. این مسؤولیت از لحظه اتخاذ تصمیم برای تولید یک کالا یا ارائه یک خدمت آغاز و تا زمانی که به وسیله مشتری راضی دریافت و مورد استفاده قرار می گیرد، ادامه خواهد داشت. در یک واحد تولیدی بخشهایی که مستقیماً مسؤولیت کیفیت را بر عهده دارند بطور کلی عبارتند از: بازاریابی، طراحی مهندسی، خرید و تدارکات، مهندسی تولید، تولید، بازرسی و ارزیابی، بسته بندی و ارسال، و خدمات پس از فروش.

#### ۱ - ۸ روشهای ارتقای کیفیت

اکثر واحدهای تولیدی سعی دارند تا سطح کیفیت تولیدات خود را بالا ببرند. فشارهای وارده از سوی رقیبان، شکایات رسیده از طرف خریداران و مصرف کنندگان، تمایل به افزایش میزان تولید و گسترش بازار فروش و حرفه گرایی از جمله دلایلی هستند که بهسازی و ارتقای کیفیت را اجتناب ناپذیر می نمایند. کیفیت به راههای مختلف قابل ارتقا است، از جمله:

الف) تحقیق و توسعه: جستجو برای ایجاد طرحهای نوین و مناسبتر کالا، استفاده



از ماشین آلات، ابزار و تجهیزات و مواد جدید و یا روشهای بسته‌بندی گوناگون که بتواند در ارتقای کیفیت سهمی داشته باشد، از جمله فعالیتهای مربوط به بخش تحقیق و توسعه است. برخی از واحدها به دلیل ملموس نبودن نتایج حاصل از تحقیقات از سرمایه‌گذاریهای لازم در این زمینه استنکاف دارند. با این وجود روز به روز واحدهای بیشتری به منافع اساسی تحقیقات علمی پی برده و در این بخش سرمایه‌گذاری می‌کنند.

**ب) رقیبان:** هر چند سرمشق گرفتن و نمونه‌برداری از نظرات دیگران در وهله اول به دور از اخلاق به نظر می‌رسد، ولی باید اذعان کرد که در نظرات و کارهای دیگران منابع بالقوه سرشاری به منظور به کارگیری در بهسازی کیفیت وجود دارد. البته قانون ثبت اختراعات و ابتکارات مانع از نسخه برداری کامل و مستقیم نظرات و روشهای دیگران می‌شود. آنچه در این بخش بیشتر مدنظر است مواردی از قبیل بررسی راهها و روشهایی است که رقیبان از طریق آنها به سطح کیفیت بالاتری دست می‌یابند. مثلاً چگونگی بسته‌بندی کالا توسط رقبا که مانع از وارد آمدن خسارت و صدمه به کالا در حمل و نقل می‌شوند، و یا عوامل رقابتی که جهت حصول سهم بیشتری از بازار، مورد استفاده قرار می‌دهند، و .... به این ترتیب در بسیاری از موارد بدون زیر پا گذاشتن حق دیگران، به نتایج مورد نظر می‌توان دست یافت.

**ج) پیشنهادات مصرف‌کننده:** پیشنهادهای مشتریان مصرف‌کننده می‌تواند منبع مهم دیگری برای بهسازی سطح کیفیت، باشد. با تجزیه و تحلیل دقیق، مثلاً از طریق نظرخواهی مستمر، شاید به کیفیت از دیدگاه مصرف‌کنندگان بتوان پی برد و دانست که کیفیت از دید آنها دارای چه ابعادی است.

**د) کارکنان:** بیشتر اوقات کارکنان می‌توانند پیشنهادهای اصلاحی مفیدی چه در مرحله طراحی و چه در مرحله تولید ارائه کنند. از آنجایی که آنها با فرآیند تولید آشنایی و ارتباط نزدیک دارند، براحتی می‌توانند نقاط ضعف و قوت کالا را شناسایی کنند. یکی از راههایی که می‌توان این پیشنهادات را جمع‌آوری و به مرحله عمل رساند مراکز کیفیت است. این مراکز گردهماییهای داوطلبانه گروهی از کارکنان می‌باشد که به صورت منظم تشکیل جلسه داده و برای بهسازی کیفیت و همچنین محیط کار به بحث و بررسی می‌پردازند. ژاپن

اولین کشوری است که کارکنان را به ایجاد این گونه مراکز تشویق و ترغیب نموده است.

۵) مدیریت: مدیریت نقش اساسی و کلیدی را در بهسازی کیفیت بر عهده دارد. این مدیریت است که در بدو امر تصمیم به بهسازی کیفیت می گیرد و روشهای رسیدن به آن را تعیین می کند. دکتر ادوارد دمنینگ پیشنهاد می کند تا مدیریت اقدامات مختلفی را برای ارتقای کیفیت به اجرا گذارد، موارد زیر از آن جمله اند:

۱. برنامه ریزی و آینده نگری دراز مدت داشته باشد.
۲. پیرو فلسفه " حداقل درصد نامرغوبی غیر قابل کاهش " نباشد.
۳. از تأمین کنندگان مواد و قطعات، جنس مرغوب و مطابق استاندارد بخواهد.
۴. از روشهای آماری جهت شناسایی منابع مشکل زا در کیفیت استفاده نموده و آنها را اصلاح نماید. کارکنان را نیز در پیاده سازی و کاربرد روشهای آماری آموزش دهد.
۵. سرپرستی را کارآمدتر نماید.
۶. تأکید بیشتری بر روی کیفیت به جای کمیت داشته باشد.
۷. کارکنان را برای انجام وظایفی که به آنها محول می کند آموزش دهد.

و) بازاریابی: بازاریابی نقش عمده ای در ارتقای کیفیت دارد. این مسؤلیت بخش بازاریابی است که خواسته ها و نیازهای مصرف کننده را شناسایی نموده و آنها را به بخش تولید اطلاع دهد. مضافاً این که کارکنان بازاریابی باید پیوسته از قابلیتها و محدودیتهای بخش تولید با خبر باشند. از این رو هماهنگی و ارتباط نزدیک بین این دو بخش ضروری به نظر می رسد.

## فصل دوم

### روشهای غیر آماری کنترل کیفیت

#### ۲ - ۱ مقدمه

پیچیده تر شدن فرآیندهای تولیدی و تعدد عواملی که در تعیین کیفیت کالای تولیدی نقش دارند، ایجاب می کند تا بر خلاف گذشته که ارزیابی کیفیت بر تجربه و عوامل ذهنی افراد متکی بود، این مهم با استفاده از ابزار و لوازم عینی مختلفی که مناسب هر موقعیت خاص می باشد، صورت پذیرد. از آن جا که فکر کردن با استفاده از نمودار راحت تر از اتکا به ذهنیات است، این ابزار غالباً به صورت نمودارهای ساده ای هستند که کار جمع آوری اطلاعات لازم از کارگاه تولیدی را ساده می سازند. چند روش زیر از جمله این ابزار ساده غیر آماری هستند که می توانند جهت کنترل کیفیت تولیدات، ردیابی ریشه های مشکلات کیفیتی و ارائه طریق برای بررسی و رفع مشکلات موجود مورد استفاده قرار گیرند.

#### ۲ - ۲ جلسات طوفان ذهنی<sup>۱</sup>

هدف اصلی از تشکیل چنین جلساتی خلق و پروراندن اندیشه های نوین است. به کمک همین ایده های جدید است که می توان مشکلات کیفیتی و موانع موجود در راه

رسیدن به ارتقای کیفیت را از پیش پا برداشت. بر اساس این روش گروهی از افراد در جلسه‌ای که به منظور بررسی مشکلات کیفیتی و ارتقای سطح کیفیت تولیدات تشکیل می‌گردد، شرکت کرده و سعی می‌کنند تا در فضایی سرشار از حسن تعاون و همکاری با تبادل نظر و ارائه طریق به نظر واحدی در رابطه با مسأله کیفیت برسند. در این گونه جلسات به یک یا چند نفر اجازه داده نمی‌شود تا جلسه را تحت کنترل خود درآورند و از این طریق اعمال نظر نمایند. بلکه تک تک افراد حاضر در جلسه به اظهار نظر تشویق می‌شوند، از عیب جویی نظرات دیگران ممانعت به عمل می‌آید و هر پیشنهادی محترم شمرده می‌شود.

### ۲ - ۳ برگه‌های بازبینی

داده‌هایی که از چگونگی عملکرد تولیدی یک واحد در فاصله‌های زمانی مختلف جمع‌آوری می‌شوند اگر با هدف از قبل تعیین شده‌ای جمع‌آوری نگردند، چیزی بسجز مجموعه‌ای از اعداد و ارقام نبوده و ارزش اطلاعاتی چندانی نخواهند داشت. زمانی این داده‌ها می‌توانند در تجزیه و تحلیل وضعیت کیفی تولیدات مفید واقع گردند که قبلاً هدف از جمع‌آوری هر یک از اقلام داده‌ها و به تبع آن نوع داده‌هایی که جمع‌آوری می‌شوند و علت جمع‌آوری آنها دقیقاً مشخص شده باشد.

یکی از روشهایی که این مهم را تسهیل می‌نماید، فرم‌ها و یا برگه‌های از قبل طراحی شده‌ای است که در فرآیند جمع‌آوری داده‌ها می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. این برگه‌ها به گونه‌ای طراحی می‌شوند که امکان ثبت داده‌ها از طریق علامت‌گذاری در محل‌های مناسب فرم را، فراهم می‌سازند. انواع مختلف برگه‌های بازبینی جهت تأمین اهداف گوناگون طراحی شده‌اند. از برگه‌هایی که کاربرد بیشتری دارند، یکی برگه‌نوع نقص و دیگری برگه‌محل نقص می‌باشد. نمونه‌ای از این برگه‌ها در شکل ۲-۱ آمده است. اولین برگه تعداد بروز نقصهای مختلف و زمان رخداد آنها را مشخص می‌کند. اطلاعات کیفیتی مفیدی که از این برگه قابل استخراج است، به شرح زیر می‌باشد:

۱. چنین به نظر می‌رسد که مشکلات مربوط به فقدان برچسب معمولاً در ابتدای روز بروز می‌کند.

۲. رنگهای کدر شده و مات کالای تحت بررسی اغلب در پایان روز مشاهده شده است.

۳. برچسب کالا در سرتاسر روز در محل نامناسب چسبانده شده است.

تشخیص نوع نقص و زمان رخداد آن می تواند در پیدا کردن ریشه های مشکل کیفیتی به مسؤلان کنترل کیفیت کمک نماید.

دومین برگه، یعنی برگه محل نقص، محل بروز نقص را بر روی محصول مشخص می کند. در این برگه خاص، همان طوری که مشهود است، اکثر نواقص مربوط به دستکش، بر روی دو انگشت شست و سبابه و همچنین در فاصله بین این دو انگشت بروز کرده است. با آگاهی یافتن از قسمتی از محصول که نقص بیشتری در آن ناحیه بروز کرده، راحت تر می توان دلیل ایجاد آن را پیدا کرده و مرتفع نمود.

### الف) برگه نوع نقص

روز	زمان	بدون برچسب	در وسط نبودن برچسب	چاپ مغشوش	شل یا تاخورد	دیگر	جمع
شنبه	۸-۹	////	//				۶
	۹-۱۰		///				۳
	۱۰-۱۱	/	///	/			۵
	۱۱-۱۲		/		/	/	۳
	۱۳-۱۴		/				۱
	۱۴-۱۵			//	///	/	۶
	۱۵-۱۶			//	//////		۸
جمع		۵	۱۴	۱۰	۲	۱	۳۲

## ب) برگه محل نقص



شکل ۱-۲- برگه‌های بازمینی نوع و محل نقص

## ۲-۴ تحلیل پارتو

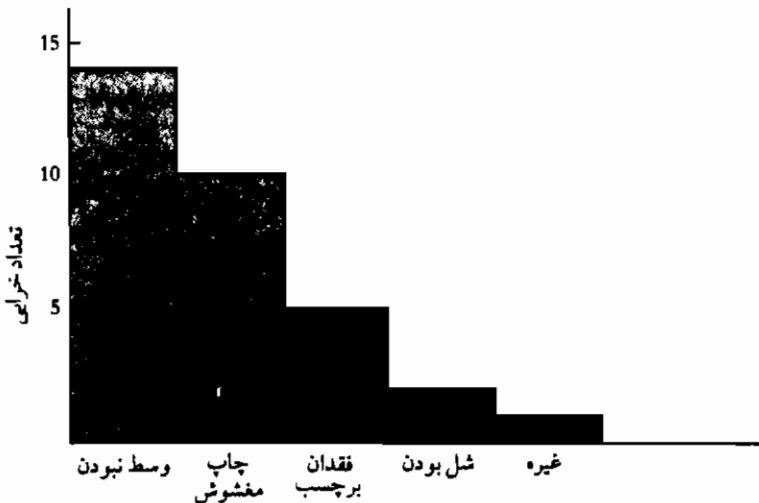
تجزیه و تحلیل پارتو شیوه‌ای است که به کمک آن توجه کنترل کننده به ردیابی و رفع مهمترین نقص جلب می شود. مفهوم تحلیل پارتو که نام اقتصاددان ایتالیایی قرن نوزده میلادی ویلفرد پارتو<sup>۱</sup> را بر خود دارد، عبارت از این است که بطور کلی در تشکیل مجموعه‌ای از موارد خاص، تعداد نسبتاً اندکی از عوامل دست اندر کار نقش دارند. تأثیر پیاده سازی روش پارتو به این صورت است که با دسته بندی عوامل با معیار میزان اهمیت، تلاش و توجه اصلی معطوف موارد مهمتر گردیده و بررسی دیگر عوامل که از اهمیت کمتری برخوردارند، به مراحل بعدی موکول می شود.

این روش غالباً با عنوان اصل ۲۰ - ۸۰، با این مفهوم که تقریباً ۸۰٪ از مسائل و مشکلات (هزینه ها، ... ) ناشی از فقط ۲۰٪ عوامل مسأله زامی باشند، شناخته می شود. به عنوان مثال، ۸۰٪ کل خرابیهای ماشین آلات در یک واحد تولیدی، ناشی از خراب شدن

تنها ۲۰٪ از كل ماشين آلات موجود در آن واحد است. و يا ۸۰٪ نامرغوبي توليدات ناشي از نواقصي است كه فقط ۲۰٪ كل نواقص را تشكيل مي دهند.

غالباً براي درك بهتر رابطه بين نواقص مختلف، اطلاعات موجود را بر روي نموداري مطابق شكل ۲-۲ رسم مي كنند. اين نمودار كه در مورد برگه بازيابي نوع نقص مي باشد، نقصها را با توجه به تعداد فراواني مشاهده شده آنها در نمودار دسته بندي نموده است. از نمودار برآحي مي توان استنباط كرد كه نقص وسط نبودن برچسب بيشترين مشكل كيفيتي را ايجاد نموده است. احتمالاً با مشاهده اين نمودار مسؤلان ابتدا به فكر رفع اين مشكل خاص خواهند افتاد.

پس از رفع اين مشكل، مشكل بعدي مورد توجه قرار خواهد گرفت. در صورتي كه بروز اين نقصها به يكديگر وابسته باشند، رد يابي و رفع يك مشكل مي تواند در تعديل و يا رفع مشكل ديگر كمك نمايد. به هر حال در نمونه هاي ديگري كه از خط توليد برداشت مي شود، اين وابستگي بروشنی نمايانده خواهد شد.



شكل ۲-۲- نمودار پارتو

## ۲-۵ روش علت و معلول

این روش که معمولاً به همراه یک نمودار مورد استفاده قرار می‌گیرد، شیوه‌ای سازمان یافته و اصولی برای ردیابی مشکلات است. نمودار علت و معلول گاهی با نام نمودار استخوان ماهی<sup>۱</sup> به دلیل شکل ظاهری آن، و یا دیاگرام ایشیکاوا<sup>۲</sup> به دلیل آن که پروفیسور کارو ایشیکاوا طراح آن بوده است، نیز شناخته می‌شود.

پروفیسور ایشیکاوا مشاهده می‌کرد که کارگران در راستای یافتن ریشه‌های مشکلات کیفیتی تولیدات خود، باید عوامل بسیاری را مورد بررسی قرار دهند و غالباً به دلیل همین کثرت عوامل و همچنین عدم برخورد مرحله‌ای و گام به گام با این عوامل نتیجه مثبتی هم عاید آنها نمی‌گردد. لذا بر آن شد تا با طرح این نمودار فرآیند بررسی عوامل دخیل در کیفیت را نظام بخشد. این نمودار با چند سطحی کردن علل بروز مشکلات و بذل توجه به یک سطح در هر مقطع، از اغتشاش ذهنی جلوگیری نموده و با ترتیب و نظم خاصی به ریشه‌یابی مشکل کمک می‌نماید.

نمودارهای علت و معلول غالباً پس از جلسات طوفان ذهنی برای نظم بخشیدن و سازمان دهی به ایده‌های مختلفی که ارائه گردیده، مورد استفاده قرار می‌گیرند. نمونه‌ای از نمودارهای علت و معلول در شکل ۲-۳ آمده است. شکل ۲-۳ کاربرد نمودار علت و معلول را در رابطه با مشکلاتی که در صدور بلیت هواپیما ایجاد شده، نشان می‌دهد. هر عامل مسأله‌زایی که بر روی نمودار عنوان شده، خود می‌تواند یک منشأ برای بروز مشکلات مربوط به بلیت باشد.

## ۲-۶ روش تاگوشی

اخیراً فعالیتهای مربوط به کیفیت، نه تنها محصولات بلکه طراحی فرآیند تولیدی آنها را نیز در بر گرفته است. تاگوشی<sup>۳</sup> آماردان ژاپنی، یک سیستم چند مرحله‌ای را به نام روش

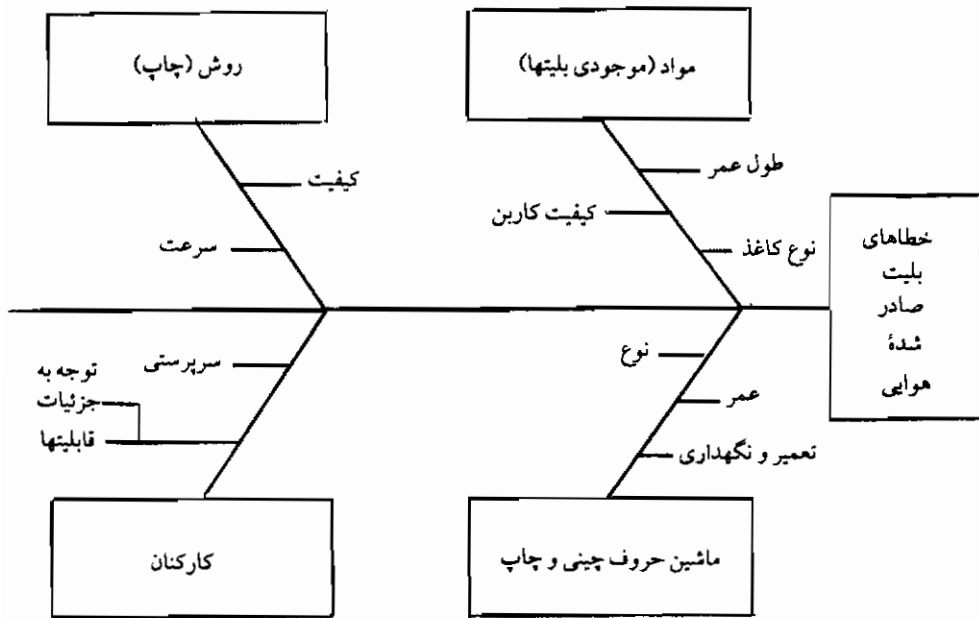
1-Fish-bone Diagram

2-Ishikawa Diagram

3- Taguchi



تاگوشی<sup>۱</sup> برای تولید محصولاتی که قادرند بیش از اهداف اولیه از ساختشان را تأمین کنند، ارائه نموده است.



شکل ۳.۲- نمودار علت و معلول

براساس روش تاگوشی، هزینه‌های کیفیت درقبال جامعه ونه تنها تولیدکننده سنجیده می شوند. تاگوشی کیفیت را بر مبنای ضرری که به واسطه محصول نامرغوب متوجه جامعه مصرف کننده است، تعریف می کند. این ضرر از دو قسمت تشکیل شده است: یکی هزینه ساخت کالای نامرغوب و دیگر هزینه ای است که به جهت کیفیت پایین محصول متوجه مشتری و جامعه مصرف کننده می شود. بنابراین، بهسازی کیفیت تا زمانی مطلوب است که هزینه دسترسی به آن از صرفه جویی که به دلیل کیفیت بهتر متوجه جامعه می گردد، کمتر باشد.

به زعم تاگوشی، هر میزان انحراف از استاندارد، هزینه های ناخواسته ایجاد می کند، حتی اگر این انحراف در داخل محدوده قابل قبول قرار گرفته باشد. در حقیقت، هزینه انحراف با مجذور انحراف متناسب است، و این بدان معناست که انحرافات بزرگ نسبت به انحرافهای جزئی هزینه سازتر هستند. بنابراین لازم است تا این ذهنیت در واحد تولیدی ایجاد شود که پیوسته باید برای از بین بردن انحرافها فعالیت نمود.

برای تعیین روش ساخت و یا کالای بهینه، تاگوشی طرح آزمایش<sup>۱</sup> را پیشنهاد می کند. باید اذعان کرد که به دلیل کثرت متغیرهای متعامل، تعداد این آزمایشها در اغلب موارد بیش از اندازه بزرگ است. بنابراین از هیچ تلاشی برای کاهش تعداد متغیرها (مثلاً از راه دریافت پیشنهادات مشتریان، حلقه های کیفیت<sup>۲</sup>) نباید فروگذار کرد.

## بخش دوم

### کنترل کیفیت آماری

پیشینه کنترل کیفیت آماری به سالهای اول دهه ۱۹۲۰ میلادی بر می گردد. کنترل کیفیت آماری عبارت است از به کارگیری تکنیکهای آماری در کسب اطمینان از مطابقت مشخصه های کالای تولیدی با استانداردهای تعیین شده.

به کارگیری روشهای آماری کنترل کیفیت از یک طرف امکان کنترل و بازرسی کالا را با دقت بیشتر و هزینه کمتر فراهم می آورد، و از طرف دیگر به تولیدکننده کمک می کند تا دامنه تغییرات کیفیت کالا را در محدوده قابل قبول مصرف کننده قرار دهد. ضمناً در موارد بسیاری امکان کشف رو به خرابی رفتن فرآیند تولید را، حتی قبل از آن که کالایی با کیفیت غیرقابل قبول تولید شود، فراهم می آورد. دو روش مهم کنترل کیفیت آماری عبارتند از:

الف) کنترل در حین تولید<sup>۱</sup>.

ب) نمونه برداری برای پذیرش<sup>۲</sup>.

معمولاً کنترل فرآیند تولید، به کمک نمودارهای کنترل انجام می گیرد. یکی یا بیش از یکی از آماره های نمونه ها مانند میانگین، دامنه، انحراف معیار و ... که در فواصل زمانی معین در حین تولید برداشت می شوند، بر روی این نمودارها رسم می گردند. این نمودارها

به گونه‌ای شکل می‌گیرند تا نتایج آزمونهای آماری که بر روی آماره‌های نمونه‌ها انجام می‌شوند، بطور آشکار بر روی آنها مشهود باشند. تولیدکننده با استفاده از همین نمودارها می‌تواند در مورد تحت کنترل بودن یا نبودن فرآیند تولیدی خود تصمیم بگیرد.

مطالب بخش دوم را در پنج فصل تنظیم کرده‌ایم. در فصل سوم اصول برقراری و پیاده‌سازی یک سیستم کنترل کیفیت آماری را توضیح می‌دهیم. در فصل چهارم قابلیت فرآیند<sup>۱</sup> را تعریف نموده و روشهای محاسبه آن را ارائه می‌کنیم. چگونگی برقراری سیستم کنترل کیفیت شوهارت<sup>۲</sup> برای متغیرهای کمی و کیفی موضوع بحث فصل پنجم کتاب می‌باشد. در فصل ششم سیستم کنترل کیوسام<sup>۳</sup> را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهیم. مقایسه دو سیستم کنترل شوهارت و کیوسام آخرین فصل بخش دوم را تشکیل می‌دهد.

## فصل سوم

### اصول برقراری سیستم کنترل کیفیت آماری

#### ۱-۳ مقدمه

اصولی را که در زیر برای برقراری یک سیستم کنترل آماری شرح می‌دهیم، می‌توانند برای کنترل متغیرهای دیگر از قبیل موجودی، میزان تصادفات و یا هزینه‌های سربار یک واحد تولیدی یا سازمان خدماتی نیز مورد استفاده قرار بگیرند. شکل ۱-۳ مراحل مختلف برقرار کردن یک سیستم کنترل کیفیت آماری را در مورد یک فرآیند تولیدی ساده نشان می‌دهد:

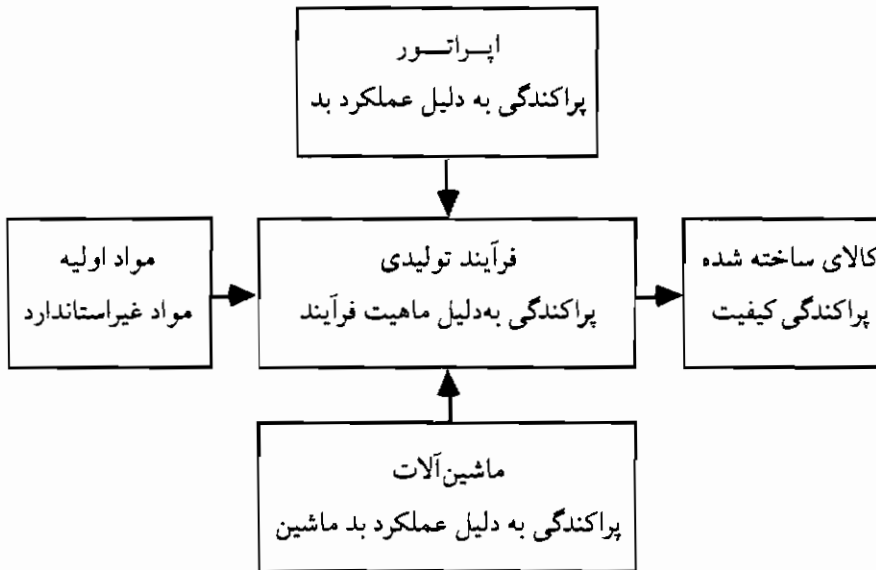
#### ۲-۳ برقراری سیستم کنترل

برای برقرار نمودن سیستم کنترل کیفیت آماری لازم است تا مراحل زیر یعنی تعیین مقیاس اندازه‌گیری کیفیت، تعیین استاندارد، آزمون بهیئگی استاندارد، و اجرای کنترل به ترتیب به اجرا گذاشته شوند.

#### ۱-۲-۳ تعیین مقیاس سنجش کیفیت

پیشنیاز برقراری هر سیستم کنترل، فراهم کردن اطلاعات از طریق اندازه‌گیری متغیر

تحت بررسی است. لذا قبل از برقراری سیستم کنترل، متغیر مورد نظر باید تعیین و مقیاس اندازه‌گیری آن مشخص گردد. اندازه‌گیری کیفیت در دو مقیاس انجام می‌گیرد:



شکل ۱-۳- فرآیند ساده تولیدی با منابع ایجاد پراکندگی در کیفیت کالا

**الف ( مقیاس کیفی (وصفی) :** کیفیت کالا در مقیاس کیفی به صورت نظری و در قالب مرغوب یا نامرغوب ارزیابی و دسته بندی می شود. مثلاً عنوان می شود که رنگ کالا مطابق استاندارد نیست، و یا کالا بطور کلی هدف از ساختش را تأمین نمی کند و یا محصول غذایی تولید شده مزه لازم را ندارد.

**ب ( مقیاس کمی :** کیفیت در مقیاس کمی به صورت پیوسته اندازه گیری می شود. به عنوان مثال وزن کالای تولید شده مورد سنجش قرار می گیرد، و یا قطر قطعه ساخته شده اندازه گیری می شود.

بدیهی است که کیفیت بعضی از قطعات و کالاهای ساخته شده را می توان هم در مقیاس

کیفی و هم در مقیاس کمی ارزیابی نمود. به عنوان مثال، کیفیت یک قوطی رب گوجه فرنگی را هم می توان از نظر وزن محتویات قوطی (مقیاس کمی) و هم از نظر رنگ و یا مزه رب داخل قوطی (مقیاس کیفی) سنجید.

### ۳-۲-۲ تعیین استاندارد تولید

یکی از مهمترین مراحل برقراری هر سیستم کنترل کیفیت آماری تعیین استاندارد تولید است. یک فرآیند تولیدی را در نظر بگیرید، منظور از تعیین استاندارد فرآیند، مشخص نمودن توانایی فرآیند در تولید کالای مرغوب و با کیفیت می باشد. شاید بتوان با قبول هزینه بیشتر جهت خرید ماشین آلاتی بهره مند از تکنولوژی پیشرفته تر و یا آموزش بیشتر کارکنان و یا خرید مواد اولیه مرغوبتر، توانایی سیستم تولیدی را برای تولید کالای با کیفیت تر افزایش داد. ولی آنچه به عنوان استاندارد فرآیند و یا "قابلیت فرآیند" در یک سیستم تولیدی در نظر گرفته می شود، قابلیت های سیستم در شرایط معمولی و عادی است. در نظریه کنترل، استاندارد تولید به صورت زیر تعریف می شود: "استاندارد فرآیند تولیدی عبارت از میزان کالای مرغوبی است که فرآیند در وضعیت موجود و هنگامی که تحت کنترل آماری است، تولید می کند". لذا برای فرآیندی که تحت کنترل آماری است و طبق استاندارد تعیین شده تولید می کند، مواد اولیه دارای کیفیت یکسان بوده، خود فرآیند بطوریکه نتواند تولید می کند و دست اندرکاران تولید نیز دارای مهارت لازم می باشند. به عبارت دیگر احتمال نامرغوب بودن یکی از تولیدات بین محصولات تولید شده یکسان باقی می ماند.

حال باید دید که استاندارد فرآیند یا قابلیت فرآیند را چگونه محاسبه می کنند. برای محاسبه قابلیت فرآیند نیز مثل هر آزمون آماری ابتدا فرض آزمون را برقرار می کنیم. لذا داریم:

فرآیند تحت کنترل آماری است.  $H_0$  :

فرآیند از کنترل خارج است.  $H_1$  :

با برداشت تعداد مناسبی نمونه از خط تولید، توزیع کیفیت کالای تولید شده را

مشخص می‌کنیم. چنانچه فرض اولیه مبنی بر تحت کنترل بودن فرآیند صحیح باشد و کیفیت در مقیاس وصفی سنجیده شده باشد، آن‌گاه توزیع کیفیت نمونه‌ها می‌بایست برازنده یک توزیع دوجمله‌ای باشد. در صورت صحیح بودن فرض اولیه و کمی بودن مقیاس کیفیت، توزیع مربوطه باید برازنده یک توزیع نرمال باشد. پیوستار الف مقدمه مختصری را در مورد چند توزیع مهم آماری که در فصول بعدی کتاب از آنها استفاده می‌شود، ارائه می‌دهد. به کمک آزمون نیکویی برازش می‌توانیم فرضهای فوق را مورد بررسی آماری قرار دهیم. چنانچه نتایج حاصل از آزمون به رد فرض اولیه انجامد، قبل از هر تجزیه و تحلیلی، ابتدا باید مشکل کیفی خط را ردیابی و رفع نماییم.

### ۳-۲-۳ آزمون بهینگی استاندارد

پس از محاسبه استاندارد فرآیند یا قابلیت فرایند آن، ممکن است این سؤال پیش آید که: " آیا استاندارد فرآیند را نمی‌توان بهبود بخشید؟ ". در پاسخ به این سؤال مسائل دیگری غیر از آمار دخالت دارند که به مدیریت تولید مربوط می‌شوند، مثلاً، قبل از تصمیم‌گیری در مورد بهسازی قابلیت فرایند، اقتصادی بودن این بهسازی را می‌بایست مورد ارزیابی قرار داد. مسأله دیگر شناسایی و بررسی کلیه روشهایی است که امکان بهسازی فرآیند تولید را فراهم می‌آورند. لازم به ذکر است که درباره مسائل غیر آماری در این کتاب صحبتی به میان نخواهیم آورد.

تنها نکته شایان ذکر آن است که در صورت ایجاد کوچکترین تغییر در فرآیند تولیدی باید مجدداً تحت کنترل بودن فرآیند تغییر یافته را، قبل از پرداختن به مرحله بعدی بررسی کنیم.

### ۳-۲-۴ اجرای کنترل

اجرای کنترل آخرین مرحله در برقراری یک سیستم کنترل کیفیت آماری است. سیستمهای کنترلی که در حین تولید مورد استفاده قرار می‌گیرند، غالباً بردونوعند. سیستم



کنترل شوهارت که در غالب واحدهای تولیدی مورد استفاده قرار می گیرد و سیستم کنترل کیوسام که معمولاً استفاده از آن به موارد خاص محدود می باشد. سیستم کنترل شوهارت در انگلستان بر طبق استانداردهای انگلیسی که از جهاتی با کاربردهای امریکایی آن متفاوت است، برقرار می شود. در این کتاب کاربرد انگلیسی و امریکایی سیستم شوهارت را بررسی می کنیم. برای استفاده از روش کیوسام، نوموگرام<sup>(۱)</sup> و جدولهایی تدوین گردیده که کار طراحی و پیاده سازی این سیستم را راحت تر می سازد. روشهای کنترل کیفیت شوهارت و کیوسام را در فصول ۵ و ۶ و پس از تشریح چگونگی محاسبه قابلیت فرایند مورد بررسی قرار می دهیم.



## فصل چهارم

### قابلیت فرآیند و محاسبه آن

#### ۴ - ۱ مقدمه

همان طوری که در فصل گذشته بیان شد، قابلیت فرایند یک سیستم تولیدی عبارت است از میزان کالای مرغوبی که آن سیستم می تواند در وضعیت موجود و هنگامی که تحت کنترل آماری است، تولید کند. برای آن که قابلیت فرایند یک سیستم تولیدی را محاسبه کنیم باید ابتدا مطمئن شویم که عوامل قابل تخصیص در فرآیند حضور ندارند. برای این منظور لازم است تا چندین نمونه در فواصل تعیین شده از خط تولید برداشته و به طریقی که شرح داده خواهد شد، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار دهیم. اگرچه تعداد دقیق نمونه ها به عوامل گوناگونی از قبیل سرعت سیستم تولیدی بستگی دارد، اما در عمل به حداقل ۲۵ نمونه نیاز است. جدول زیر حجم نمونه های لازم را وقتی کیفیت به صورت کیفی و یا کمی سنجیده می شود، نشان می دهد:

متداولترین حجم نمونه	دامنه حجم نمونه (n)	
۲۰۰، ۱۰۰، ۵۰	$25 \leq n \leq 250$	مقیاس کیفی (وصفی)
۵، ۴	$2 \leq n \leq 12$	مقیاس کمی

فاصله زمانی نمونه برداری باید آن قدر طولانی باشد که در صورت وجود عاملهای قابل تخصیص در فرآیند، موجودیت آنها را بروز دهد.

#### ۴-۲ محاسبه قابلیت فرآیند

۴-۲-۱ مقیاس کمی : در فرآیندهایی که کیفیت در آنها در مقیاسهای کمی سنجیده می شود،  $m$  نمونه  $n$  تایی را در نظر بگیرید. نمونه ها از فرآیند تولید در فواصل زمانی معین مثلاً هر ساعت یا هر نیم ساعت یک بار برداشت می شوند. از آن جا که نمونه ها در مقیاسهای کمی، کم حجمند ( $n \leq 12$ ) فرض عدم بروز و دخالت عاملهای قابل تخصیص در حین نمونه برداری از واقعیت به دور نخواهد بود. از این رو، قابلیت فرآیند را می توان با برآورد و جمع بندی انحراف معیار هر یک از نمونه ها به صورت زیر به دست آورد

$$\sigma = \sqrt{\sum \sum (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 / m \times (n-1)} \quad (1)$$

	۱	۲	۳	....	i .....	m
	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	....	$x_{1i}$	.... $x_{1m}$
	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	....	$x_{2i}$	.... $x_{2m}$
	.	.	.		.	
	$x_{1n}$	$x_{2n}$	$x_{3n}$	....	$x_{ni}$	.... $x_{nm}$
میانگین نمونه ها	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	$\bar{x}_3$	....	$\bar{x}_i$	.... $\bar{x}_m$
دامنه نمونه ها	$R_1$	$R_2$	$R_3$	....	$R_i$	.... $R_m$

از آن جا که محاسبه قابلیت فرایند از طریق رابطه (۱) وقت گیر است، برای تسریع در محاسبه در عمل از عدد ثابت هارتلی<sup>۱</sup> و میانگین دامنه نمونه ها ( $\bar{R}$ ) استفاده می کنیم.

بنابراین محاسبه قابلیت فرآیند به صورت زیر می باشد

$$\sigma = \bar{R} / d_n$$

که در آن  $\bar{R}$ ، میانگین دامنه و  $d_n$  عدد ثابت هارتلی است.

مقادیر محاسبه شده  $d_n$  برای نمونه های ۲ تا ۱۰ تایی در جدول زیر آمده است

حجم نمونه (n)	عدد ثابت هارتلی ( $d_n$ )	حجم نمونه (n)	عدد ثابت هارتلی ( $d_n$ )
۲	۱/۱۲۸	۸	۲/۸۴۷
۳	۱/۶۹۳	۹	۲/۹۷۰
۴	۲/۰۵۹	۱۰	۳/۷۰۸
۵	۲/۳۲۶	۱۱	۳/۱۷۳
۶	۲/۵۳۴	۱۲	۳/۲۵۸
۷	۲/۷۰۴		

#### ۴-۲-۲ مقیاس کیفی

برای محاسبه قابلیت فرآیند ابتدا نمونه ای n تایی از خط تولید بر می داریم. چون کالاها به صورت مرغوب یا نامرغوب دسته بندی می شوند، نمونه ها در مقایسه با مقیاسهای کمی کیفیت، حجیم ترند. پس از نمونه برداری و شمارش کالاهای نامرغوب، قابلیت فرآیند را به صورت زیر محاسبه می کنیم

$$p = \frac{k}{m \times n}$$

که در آن:

- k : کالای نامرغوب مشاهده شده  
 n : حجم نمونه  
 m : تعداد نمونه ها

به دلیل حجم بودن نمونه ها که خود موجب صرف وقت بیشتری جهت برداشت هرنمونه می شود، امکان دارد که در حین نمونه برداری فرآیند از کنترل خارج شود. لذا لازم است تا قبل از برآورد قابلیت فرآیند، تحت کنترل بودن فرآیند در حین نمونه برداری محرز گردد.

همان طوری که قبلاً بیان شد، در صورتی که فرآیند تحت کنترل آماری باشد، تعداد کالاهای نامرغوب در نمونه ها برانزنده یک توزیع دو جمله ای است. از آن جا که قابلیت فرآیند سیستمهای تولیدی معمولاً از ۱۰٪ کمتر بوده و نمونه ها نیز حجیم ( $n \geq 25$ ) انتخاب می شوند، برای ساده سازی محاسبات از توزیع پواسون به عنوان تقریبی برای توزیع دو جمله ای استفاده می کنیم. بنابراین برای بررسی تحت کنترل بودن فرآیند، کافی است تا برانزندگی کیفیت نمونه ها را با یک توزیع پواسون مورد آزمون قرار دهیم. بدیهی است چنانچه نتایج آزمایش دال بر خارج شدن فرآیند در حین نمونه برداری باشد، کمیّت محاسبه شده قابلیت فرآیند واقعی سیستم تولیدی نخواهد بود. لذا باید مراحل پیش گفته را پس از برداشت نمونه های جدید تکرار کنیم. البته قبل از این کار باید مشکل فرآیند را ردیابی و رفع نماییم.

مثال ۱ - از یک سیستم تولیدی ۵۰ نمونه ۲۰۰ تایی هر ساعت یک بار برداشت شده است. تعداد کالاهای نامرغوب مشاهده شده در هر نمونه شمارش گردیده و به شرح جدول زیر است. قابلیت فرآیند این سیستم را محاسبه کنید.

نخست داده ها را به صورت یک توزیع فراوانی خلاصه نموده و سپس میانگین کالاهای نامرغوب در نمونه را محاسبه می کنیم:

$$\text{میانگین نامرغوبی در نمونه} = \frac{5 \times 0 + 6 \times 1 + 7 \times 2 + \dots + 0 \times 8 + 1 \times 9}{50} = 3/2$$

## تعداد کالای نامرغوب در نمونه

۱-۱۰	۲	۶	۴	۵	۱	۳	۲	۱	۴	۲		
۱۱-۲۰	۰	۴	۶	۳	۴	۳	۲	۴	۵	۴		
۲۱-۳۰	۳	۶	۳	۰	۷	۴	۷	۳	۵	۴		
۳۱-۴۰	۳	۲	۰	۵	۲	۵	۳	۲	۹	۳		
۴۱-۵۰	۰	۱	۱	۰	۳	۵	۱	۴	۱	۵		
کالاهای نامرغوب		۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	جمع
فراوانی مشاهده شده		۵	۶	۷	۱۰	۹	۷	۳	۲	۰	۱	۵۰

قبل از محاسبه قابلیت فرآیند این سیستم، باید مطمئن شویم که در حین نمونه برداری سیستم تولیدی از کنترل خارج نشده است. اگر فرآیند تولیدی در حین نمونه برداری تحت کنترل آماری باشد، آن گاه احتمال نامرغوب بودن برای هر قلم از کالای تولید شده ثابت خواهد بود. شرط تحت کنترل بودن فرآیند نیز همین است. همان طوری که گفتیم برای این منظور باید نیکویی برازش توزیع اقلام نامرغوب را با توزیع پواسون آزمون کنیم. میانگین توزیع پواسون برای این فرآیند  $3/2$  نامرغوبی می باشد. فرضهای زیر را در نظر می گیریم:

$H_0$  : فرآیند تحت کنترل آماری است.

$H_1$  : فرآیند تحت کنترل آماری نیست.

جدول زیر دو توزیع مشاهده شده و مورد انتظار را نشان می دهد

جمع	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	۱۰
اقلام نامرغوب در نمونه	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۵۰
فراوانی مشاهده شده	۵	۶	۷	۱۰	۹	۷	۳	۲	۰	۱	۵۰
احتمال مورد انتظار	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۳	۱۰
فراوانی مورد انتظار	۲/۰۰	۶/۵۰	۱۰/۰	۱۱/۰	۸/۵۰	۵/۵۰	۳/۰۰	۱/۵۰	۰/۵۰	۱/۵۰	۵۰

حال با استفاده از آزمون مجذور کما برازش دو توزیع مشاهده شده و مورد انتظار را به صورت زیر بررسی می کنیم

$$\chi^2 = \frac{\sum (O_i - E_i)^2}{E_i}$$

که در آن

K :	تعداد مقایسه ها
$O_i$ :	فراوانی مشاهده شده در خانه $i$ ام
$E_i$ :	فراوانی مورد انتظار در خانه $i$ ام
$k-r$ :	درجات آزادی

از آن جا که فراوانیهای مورد انتظار در بعضی موارد کوچکتر از ۵ هستند، خانه هایی از جدول را که فراوانی آنها به حد نصاب (۵) نرسیده با فراوانی خانه های مجاور جدول جمع می کنیم. دسته بندی مشابهی نیز در فراوانیهای مشاهده شده انجام می دهیم. بنابراین

$$\chi^2 = \frac{(11-8/5)^2}{8/5} + \frac{(7-10)^2}{10} + \frac{(10-11)^2}{11} + \dots + \frac{(6-6/5)^2}{6/5} = 2/199$$

$$v = 6 - 1 - 1 = 4$$

با مراجعه به جدول توزیع مجذور کما، مقدار  $\chi^2$  در ازای ۴ درجه آزادی و  $\alpha = 0/05$  برابر با ۹/۴۸۸ می باشد. با توجه به این که  $\chi^2$  محاسبه شده در مسأله از  $\chi^2$  به دست آمده از جدول بزرگتر نیست، لذا نتیجه می گیریم که دلیل کافی برای رد فرض اولیه ( $H_0$ ) مبنی بر تحت کنترل بودن فرآیند تولیدی در دست نداریم. پس

$$p = \frac{160}{50 \times 200} = 0/16$$

به این ترتیب می توانیم ادعا کنیم که قابلیت فرآیند این سیستم تولیدی، ۱/۶ درصد نامرغوبی یا ۹۸/۴ درصد کالای مرغوب است.



مثال ۲- قطر دهانه ۲۵ نمونه ۴ تایی که هر ۲۰ دقیقه یک بار از خط خودکار تولید بطری برداشت شده در جدول ۱-۲-۴ آمده است. قابلیت فرآیند این سیستم خودکار را محاسبه نموده و در مورد چگونگی پراکندگی پراکندگی کیفیت در سیستم تولیدی توضیح دهید. با توجه به داده های مسأله معلوم می شود که کیفیت در مقیاس کمتی سنجیده می شود. بنابراین برای محاسبه قابلیت فرآیند از عدد ثابت هارتلی استفاده می کنیم

$$\bar{R} = \frac{0/2 + 0/2 + 0/4 + \dots + 0/3 + 0/2 + 0/1}{25} = 0/204$$

می دانیم که  $d_n = 2/059$ ، بنابراین قابلیت فرآیند برابر است با:

$$\sigma = \frac{0/204}{2/059} \cong 0/10 \text{ mm}$$

پس در شرایط جاری، بازه تغییرات قطر دهانه بطریهای تولید شده وقتی  $\alpha = 0/05$  برابر با  $0/20 \text{ mm}$  و هنگامی که  $\alpha = 0/01$ ، برابر با  $0/26 \text{ mm}$  می باشد.

جدول ۱-۲-۴

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
	۱۳/۹	۱۴/۰	۱۳/۸	۱۴/۱	۱۴/۲	۱۴/۰	۱۴/۱	۱۴/۱	۱۴/۰
	۱۴/۰	۱۴/۰	۱۴/۲	۱۴/۱	۱۴/۰	۱۴/۱	۱۴/۳	۱۳/۹	۱۴/۱
	۱۴/۰	۱۳/۹	۱۴/۰	۱۳/۸	۱۴/۰	۱۴/۰	۱۴/۱	۱۴/۱	۱۳/۹
	۱۴/۱	۱۳/۸	۱۴/۲	۱۴/۱	۱۴/۰	۱۴/۰	۱۳/۹	۱۴/۱	۱۴/۱
میانگین	۱۴/۰	۱۳/۹	۱۴/۱	۱۴/۰	۱۴/۱	۱۴/۰	۱۴/۱	۱۴/۱	۱۴/۰
دامنه	۰/۲	۰/۲	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۱	۰/۴	۰/۲	۰/۲

شماره نمونه	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸
	۱۴/۰	۱۴/۱	۱۴/۱	۱۴/۲	۱۴/۱	۱۴/۰	۱۳/۹	۱۴/۰	۱۳/۹
	۱۴/۱	۱۳/۹	۱۴/۰	۱۳/۸	۱۴/۰	۱۳/۹	۱۴/۰	۱۳/۸	۱۴/۱
	۱۴/۰	۱۳/۹	۱۴/۰	۱۴/۱	۱۴/۰	۱۴/۱	۱۳/۹	۱۳/۹	۱۴/۰
	۱۴/۱	۱۴/۰	۱۳/۹	۱۳/۸	۱۴/۰	۱۴/۰	۱۳/۹	۱۳/۹	۱۴/۱
میانگین	۱۴/۰	۱۳/۹	۱۴/۰	۱۳/۹	۱۴/۰	۱۴/۰	۱۳/۹	۱۳/۹	۱۴/۰
دامنه	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۴	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۲

شماره نمونه	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵
	۱۳/۹	۱۴/۰	۱۳/۹	۱۴/۱	۱۳/۸	۱۳/۹	۱۴/۰
	۱۳/۹	۱۴/۰	۱۴/۱	۱۳/۹	۱۴/۱	۱۴/۱	۱۴/۱
	۱۴/۰	۱۴/۱	۱۴/۱	۱۴/۱	۱۴/۰	۱۴/۰	۱۴/۱
	۱۴/۰	۱۴/۱	۱۳/۸	۱۳/۹	۱۴/۱	۱۴/۰	۱۴/۰
میانگین	۱۳/۹	۱۴/۱	۱۳/۹	۱۴/۰	۱۴/۰	۱۴/۰	۱۴/۱
دامنه	۰/۱	۰/۱	۰/۳	۰/۱	۰/۳	۰/۲	۰/۱

تذکر این نکته ضروری می نماید که محدوده های فوق الذکر در صورتی قابل دست یابی اند که میانگین فرآیند تولیدی پیوسته با میانگین بازه تعیین شده برابر باشد. در عمل تولید مداوم در حول میانگین ثابت تقریباً غیر ممکن است. از این رو در بیان میزان پراکندگی سیستم تولیدی، این تغییرات باید منظور گردند.

مثال ۳ - جدول زیر تعداد ماشینهای خراب شده در هفته را طی ۵۰ هفته گذشته در کارخانه ای که دارای ۲۰۰ ماشین مشابه است نشان می دهد. آیا اطلاعات جمع آوری شده در جدول، شواهدی دال بر تحت کنترل نبودن سیاست تعمیر و نگهداری این کارخانه ارائه می نمایند؟

شماره هفته	تعداد خرابی									
۱-۱۰	۰	۴	۳	۶	۲	۰	۱	۱	۰	۱
۱۱-۲۰	۱	۳	۰	۰	۳	۰	۵	۰	۰	۱
۲۱-۳۰	۰	۱	۴	۲	۰	۱	۵	۰	۵	۶
۳۱-۴۰	۴	۱	۵	۰	۲	۴	۴	۱	۱	۰
۴۱-۵۰	۵	۲	۰	۱	۱	۵	۰	۴	۰	۵

چنان که قبلاً بیان شد، برای کنترل متغیرهایی به غیر از کیفیت نیز از اصول برقراری سیستمهای کنترل کیفیت می توان استفاده کرد. علاوه بر کنترل تعداد خرابی ماشین آلات در واحدهای صنعتی که در این مسأله مطرح گردیده، این اصول را در کنترل متغیرهایی مثل تعداد تصادفات در یک گذرگاه، تعداد دفعاتی که یک انبار محصول دچار کمبود موجودی شده، هزینه های سربار در یک سازمان و .... نیز می توان به کار برد.

برای بررسی وضعیت سیاست تعمیر و نگهداری در کارخانه فوق ابتدا فرضهای زیر را برقرار می کنیم:

$H_0$ : سیاست تعمیر و نگهداری تحت کنترل است

$H_1$ : سیاست تعمیر و نگهداری از کنترل خارج است

اگر سیاست تعمیر کارخانه تحت کنترل باشد، آن گاه پراکندگی تعداد خرابیها طی مدت ۵۰ هفته باید برازنده یک توزیع بواسون باشد. برای آزمون این وضعیت جدول زیر را تشکیل می دهیم:

تعداد خرابی در هفته	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	جمع
فراوانی مشاهده شده	۱۶	۱۲	۴	۳	۶	۷	۴	۵۰
احتمال بواسون $m=2$	۰/۱۳۵	۰/۲۷۰	۰/۲۷۰	۰/۱۸۰	۰/۰۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۱۵	۱/۰
فراوانی بواسون	۶/۷۵	۱۳/۵۰	۱۳/۵۰	۹/۰۰	۴/۵۰	۲/۰۰	۰/۷۵	۵۰

فراوانی خانه های ۴، ۵ و ۶ را با هم ترکیب می کنیم تا به حد نصاب ۵ در هر خانه برسند، پس داریم

$$\chi^2 = \frac{(16-7)^2}{7} + \frac{(12-13/5)^2}{13/5} + \frac{(4-13/5)^2}{13/5} + \frac{(3-9)^2}{9} + \frac{(15-7)^2}{7} = 31/57$$

وقتی درجه آزادی برابر ۳ و  $\alpha = 0/05$ ، مجذور کا از جدول برابر با  $7/815$  به دست می آید. از آن جا که مقدار  $\chi^2$  حاصل از اطلاعات مربوط به خرابی ماشین آلات از مقدار  $\chi^2$  حاصل از جدول بزرگتر است، لذا فرض اولیه مبنی بر تحت کنترل بودن سیاست تعمیر و نگهداری را رد می کنیم.

این مسأله را در فصل ششم که به بحث و بررسی روش کنترل کیوسام می پردازیم مورد بررسی بیشتر قرار خواهیم داد تا مشخص گردد که دقیقاً از چه زمانی فرآیند از کنترل خارج شده بوده است.

مثال ۴ - وزن اسمی نوعی قوطی رب ۵۰۰ گرم تعیین شده است. از خط تولید کارخانه، ۳۰ نمونه ۶ تایی برداشته و دامنه وزن آنها را حساب می کنیم. میانگین دامنه وزن آنها  $0/02$  گرم است. پراکنندگی کیفیت در خط رب پرکنی این واحد تولیدی را به دست آورید. از آن جا که در این مسأله کیفیت وزن قوطیها در نظر گرفته شده، کیفیت در مقیاس کمی سنجیده می شود. لذا از عدد ثابت هارتلی جهت محاسبه قابلیت فرآیند استفاده می کنیم. داریم

$$\bar{n} = 0/02 \text{ gr}$$

$$\sigma = \frac{0/02}{\sqrt{534}} = 0/008 \text{ gr}$$

حال با توجه به این که میانگین خط رب پرکنی پیوسته یکسان نمی ماند، اگر  $\alpha = 0/05$ ، آن گاه پراکنندگی خط با ۹۵ درصد اعتماد آماری در محدوده  $1/96 \times 0/008 \pm$  میانگین خواهد بود.

## تمرینها

۱. بر طبق قوانین بین‌المللی، وزن محصولاتی که به بازار مشترک اروپا عرضه می‌شوند، باید دارای پراکندگی مشخصی باشند. پراکندگی مجاز برای یک کالای خاص که میانگین وزن آن  $20/0$  گرم است،  $2/2 \pm$  گرم تعیین شده است. می‌دانیم سیستمی که این محصول را تولید می‌کند دارای میانگین و قابلیت فرآیندی به ترتیب برابر با  $20/0$  و  $1/0$  گرم می‌باشد. این سیستم چند درصد کالای نامرغوب تولید می‌کند؟ اگر میانگین فرآیند به  $19/50$  گرم تغییر یابد چه تغییری در میزان کالای نامرغوب تولید شده به وجود می‌آید؟

۲. نمونه‌هایی  $100$  تایی هر ساعت یک بار از خط تولیدی برداشته شد. تعداد کالای نامرغوب در هر نمونه شمارش شده و مطابق جدول زیر است. قابلیت فرآیند این سیستم تولیدی را به دست آورید.

۰	۱	۲	۰	۳	۴	۱	۴	۲	۳
۱	۰	۱	۲	۳	۱	۴	۳	۰	۱
۲	۱	۴	۱	۱	۱	۲	۳	۱	۵
۰	۰	۲	۵	۲	۷	۲	۰	۱	۲
۲	۲	۱	۳	۵	۶	۱	۱	۲	۳

۳. تعداد کارتهای نادرستی که یک ماشین چاپ در طول  $50$  شیفت گذشته تولید کرده، مطابق جدول زیر است. با توجه به این که در هر شیفت  $600$  کارت تولید می‌شود، قابلیت فرآیند این سیستم را محاسبه کنید. توضیح دهید که کمیت محاسبه شده برای این فرآیند بیانگر چیست؟

اغلاط چاپی									
۲	۶	۴	۵	۱	۸	۲	۱	۴	۲
۶	۳	۴	۵	۴	۲	۳	۴	۳	۷
۳	۰	۷	۳	۵	۸	۳	۲	۶	۵
۴	۱	۳	۱	۰	۱	۲	۳	۵	۲
۳	۷	۱	۳	۲	۳	۶	۴	۹	۲

۴. قطعه‌ای که مورد نیاز کارخانه‌ای است بایستی در ۹۰ درصد موارد دارای حداقل وزن  $1/5$  کیلوگرم باشد. تولیدکننده این کالا که می‌داند قابلیت فرآیندش  $1/5$  درصد است، حداقل میانگین فرآیند تولیدی خود را در چه سطحی قرار دهد تا بتواند این قطعه را به کارخانه بفروشد.

## فصل پنجم

### سیستم کنترل شوهارت

#### ۵-۱ مقدمه

سیستم آماری کنترل برای نخستین بار در سال ۱۹۲۴ میلادی به وسیله دکتر شوهارت<sup>۱</sup> در کمپانی بل<sup>۲</sup> مورد استفاده قرار گرفت. شوهارت برای سیستم آماری کنترل خود سه نقش تعیین کرد. به اعتقاد او این سیستم می بایست اولاً استاندارد فرآیند تولید را مشخص کند تا مدیریت بتواند در راستای حصول و حفظ و بعضاً ارتقای آن تلاش نماید، و ثانیاً ابزاری باشد تا در راستای حصول استاندارد تعیین شده به مدیریت کمک نماید، و بالاخره یک وسیله ارزیابی باشد تا به کمک آن مدیریت بتواند در رابطه با چگونگی رسیدن به استاندارد قضاوت نماید.

#### ۵-۲ مفاهیم اساسی در سیستم کنترل شوهارت

در یک فرآیند تولیدی که در آن تنها منشأ تغییرات، پدیده شانس یا احتمال است، اگر تغییرات در برابر زمان بر روی نموداری رسم شوند، این تغییرات الگویی کاملاً تصادفی به خود خواهند گرفت. چنان که می دانیم وقتی مقیاس متغیر کیفیت کیفی است، این تغییرات

تشکیل توزیع دو جمله‌ای می دهند که در محاسبات از توزیع تقریب شده پواسون به جای آن استفاده می کنیم. از طرفی چنانچه مقیاس متغیر کیفیت کمی باشد، آن گاه پراکنندگی کیفیت تابع توزیع نرمال خواهد بود.

در سیستم کنترل شوهارت، نموداری که بر اساس اطلاعات حاصله از نمونه های برداشت شده از خط تولید رسم می شود، نقش اصلی را داشته و وسیله ای عینی است که تحت کنترل بودن و یا نبودن فرآیند را بسادگی مشخص می نماید. آماره هایی که از نمونه ها استخراج و بر روی این نمودار رسم می شوند، بنا به مقیاس کیفیت متفاوتند. در مورد مقیاسهای کمی این آماره ها ممکن است میانگین و دامنه نمونه ها و یا میانگین و انحراف معیار نمونه ها باشند. در مورد مقیاسهای کیفی، این آماره ها تعداد کالای نامرغوب (نمودار C) و یا درصد نامرغوبی (نمودار P) می باشند. نمودارهای سیستم کنترل شوهارت دارای حدودی هستند که ناحیه قابل قبول و غیر قابل قبول را از هم جدا می کنند.

حدود فوقانی و تحتانی در نمودار شوهارت مبنایی احتمالی دارند. آنها به شیوه ای انتخاب می شوند تا اگر تنها عامل شانس و احتمال در فرآیند تولید دخالت داشته باشد (فرآیند تحت کنترل آماری باشد) آن گاه احتمال آن که پارامتری از نمونه های برداشت شده، در خارج از این محدوده قرار بگیرد، بسیار کوچک باشد.

میزان احتمال تخصیص داده شده به این حدود اختیاری هستند. از این نظر، بین سیستمهای شوهارت مورد استفاده در امریکا و در اروپا خاصه انگلستان تفاوتی وجود دارد. تفاوتها در مورد مقیاسهای کمی ناچیزند، ولی در مورد مقیاسهای کیفی تفاوت قابل ملاحظه ای به چشم می خورد.

در کاربرد انگلیسی سیستم شوهارت دو حد، یکی حد اخطار<sup>۱</sup> (فوقانی - تحتانی) و دیگری حد عمل<sup>۲</sup> (فوقانی - تحتانی) منظور می شوند. احتمال تخصیص داده شده به این حدود به ترتیب برابر با ۰/۰۲۵ و ۰/۰۰۱ می باشند. حدود اخطار سطوحی از کیفیت هستند که در صورت تحت کنترل بودن فرآیند، احتمال آن که پارامتر محاسبه شده از نمونه ای از آن سطح عبور کند، تنها ۰/۰۲۵ باشد. از طرفی سطوحی از کیفیت که احتمال



عبور پارامتری از آن فقط  $0/001$  باشد، حدود عمل نامیده می شوند. در مورد مقیاسهای کیفی، این حدود مستقیماً از جدول توزیع پواسون استخراج می شوند. در مورد مقیاسهای کمی با استفاده از توزیع نرمال (بر طبق قضیه حد مرکزی<sup>۱</sup> - توزیع میانگین نمونه ها در صورت حجم بودن نمونه ها نرمال است) داریم

$$\pm 1/96 \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \text{ میانگین فرآیند تولیدی : حدود اخطار}$$

$$\pm 3/09 \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \text{ میانگین فرآیند تولیدی : حدود عمل}$$

در کاربرد امریکایی سیستم شوهارت تنها از حدود عمل استفاده می شود. این حدود بر روی نمودار، بدون توجه به کمی یا کیفی بودن مقیاس کیفیت، به میزان  $3\sigma$  در طرفین میانگین قرار می گیرند. به این ترتیب در مورد مقیاسهای کیفی توزیع نرمال به عنوان تقریبی برای توزیع دو جمله‌ای در نظر گرفته شده است. توزیع نرمال در صورتی توزیع قابل قبولی برای توزیع دو جمله‌ای خواهد بود که  $P$  از  $0/10$  بزرگتر باشد. شرطی که بندرت در کنترل کیفیت با آن مواجه می شویم. لذا در اکثر موارد توزیع نرمال نمی تواند تقریب مناسبی باشد. در کاربرد امریکایی سیستم شوهارت برای فرآیندهایی که کیفیت در آنها در مقیاس کیفی سنجیده می شود، حدود عمل به صورت زیر به دست می آیند

$$np \pm 3 \times \sqrt{np \times (1-p)}$$

که در آن

$n$  : حجم نمونه

$p$  : قابلیت فرآیند

برای مقیاسهای کیفی توصیه می شود تا کاربرد انگلیسی سیستم استفاده و حدود کنترل

با استفاده از توزیع پواسون تعیین گردند. در مورد مقیاسهای کمتی هر دو کاربرد قابل استفاده اند.

### ۵-۳ برقراری سیستم کنترل شوهارت (مقیاس کیفی)

منظور از برقرار کردن یک سیستم کنترل در واقع محاسبه و تعیین حدود اخطار و عمل (حدود کنترل) است. البته لازم است تا قبلاً قابلیت فرآیند سیستم محاسبه شده باشد. پس از محاسبه قابلیت فرآیند و برقراری سیستم کنترل، برای حفظ کنترل در فواصل زمانی معین، نمونه هایی از سیستم برداشته و نتایج را بر روی نمودار کنترل رسم می کنیم. در برقراری و به کارگیری نمودارهای  $p$  و  $c$  معمولاً حجم نمونه ها را ثابت در نظر می گیرند. قابل ذکر است که برقراری این نمودارها با نمونه های مختلف الحجم نیز امکان پذیر است.

اکنون چگونگی برقراری سیستم کنترل شوهارت را با استفاده از چند مثال شرح

می دهیم.

مثال ۱ - قابلیت فرآیند یک سیستم تولیدی برابر با ۵ درصد نامرغوبی است. نمونه ها به صورت ۱۰۰ تایی هر ساعت یک بار از خط تولید برداشت می شوند. سیستم کنترل شوهارت را برقرار کنید.

با توجه به داده های مسأله داریم:  $P = 0/05$  و  $n = 100$ . حال با فرض تحت کنترل بودن فرآیند، میانگین کالای نامرغوب در نمونه را به صورت زیر محاسبه می کنیم

$$np = 100 \times 0/05 = 5/0$$

اکنون حدود کنترل را محاسبه می کنیم. در مورد مقیاسهای کیفی معمولاً حدود فوقانی اخطار و عمل تعیین می شوند. این حدود را با استفاده از جدول توزیع پواسون و از طریق پاسخگویی به دو سؤال زیر می توان تعیین کرد:

- چه سطحی از نامرغوبی است که احتمال وجود بیش از آن سطح نامرغوبی در نمونه

تنها ۰/۰۲۵ باشد (حد اخطار)؟

- چه سطحی از نامرغوبی است که احتمال وجود بیش از آن سطح نامرغوبی در نمونه تنها ۰/۰۰۱ باشد (حد عمل) ؟  
با توجه به قابلیت فرآیند سیستم (۰/۰۵) و میانگین نامرغوبی در نمونه (۵) داریم:

$$Pr(مشاهدهٔ بیش از ۹ نامرغوبی) = Pr(مشاهدهٔ ۱۰ نامرغوبی یا بیشتر)$$

$$Pr(مشاهدهٔ بیش از ۱۰ نامرغوبی) = Pr(مشاهدهٔ ۱۱ نامرغوبی یا بیشتر)$$

به این ترتیب حدّ اخطار ۹ کالای نامرغوب تعیین می‌گردد. پس در صورتی که فرآیند تحت کنترل آماری باشد، احتمال آن که در یک نمونه ۱۰۰ تایی تعداد کالاهای نامرغوب از ۹ تا بیشتر شود فقط ۰/۰۳۱۸ می‌باشد.  
حدّ عمل را نیز به طریق مشابه می‌توان تعیین کرد:

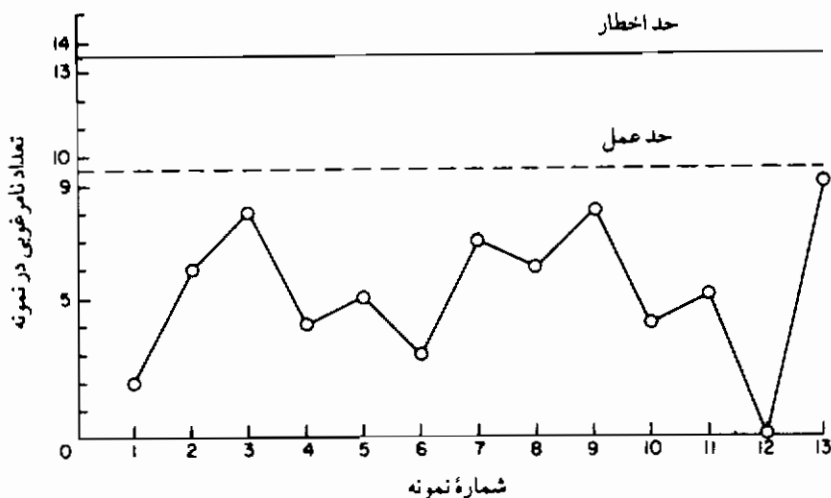
$$Pr(مشاهدهٔ بیش از ۱۲ نامرغوبی) = Pr(مشاهدهٔ ۱۳ نامرغوبی یا بیشتر)$$

$$Pr(مشاهدهٔ بیش از ۱۳ نامرغوبی) = Pr(مشاهدهٔ ۱۴ نامرغوبی یا بیشتر)$$

پس حدّ عمل ۱۳ کالای نامرغوب در نظر گرفته می‌شود. بنابراین در صورت تحت کنترل بودن فرآیند، احتمال آن که در نمونه‌ای ۱۰۰ تایی بیش از ۱۳ کالای نامرغوب مشاهده گردد، مقدار ناچیز ۰/۰۰۰۷ است. به عبارت دیگر چون احتمال رخداد چنین وضعیتی در شرایطی که فرآیند تحت کنترل است، بسیار ناچیز است، لذا چنانچه در حین تولید نقطه‌ای خارج از حدّ عمل قرار گرفت، می‌توان ادعا کرد که فرآیند از کنترل آماری خارج شده است.

نمودار کنترل در شکل ۵-۱ آمده است. نتیجه ۱۳ نمونه برداشت شده نیز بر روی نمودار رسم شده است.

پس از برقراری نمودار، جهت کنترل، در فاصله‌های تعیین شده نمونه‌های ۱۰۰ تایی از خط تولید برداشته و پس از شمارش تعداد کالای نامرغوب در هر نمونه، مقادیر حاصل را بر روی نمودار رسم می‌کنیم. مادامی که نقاط رسم شده بر روی نمودار زیر حدّ عمل قرار بگیرند، فرآیند تحت کنترل آماری در نظر گرفته می‌شود. نقطه‌ای که خارج از حدّ عمل قرار گیرد، بر خارج شدن فرآیند از کنترل دلالت دارد.



شکل ۱-۵- نمودار کنترل شوهارت (کاربرد انگلیسی)

### ۵-۳-۱ نمودار کنترل P

هرگاه در بررسی تولیدات، محصولات به دو دسته قابل قبول و غیر قابل قبول تقسیم شده و هر یک قابل شمارش باشند، نسبت و یا درصد اقلام غیر قابل قبول را از یک زمان به زمان دیگر و یا از یک نمونه به نمونه دیگر می توان بر روی نمودار P رسم کرد. توزیع نسبت اقلام نامرغوب دارای پارامترهای زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} \text{میانگین} &= n \times p \\ \text{انحراف معیار} &= \sqrt{n \times p \times (1 - p)} \end{aligned}$$

حدود عمل برای نمودار P، وقتی P میانگین کسر نامرغوبی است، به صورت زیر محاسبه می شود

$$\text{حدود کنترل} = p \pm 3 \times \sqrt{p \times (1 - p) / n}$$

برای استفاده از این نمودار، نمونه های  $n$  تایی از خط تولید برداشته، نسبت اقلام نامرغوب در هر یک را محاسبه کرده و بر روی نمودار رسم می کنیم. مادامی که نقطه ای از حدود عمل خارج نشده و چگونگی قرار گرفتن نقاط نیز تصادفی باشد، نتیجه می گیریم که فرآیند تحت کنترل آماری است.

مثال ۲ - از خط تولید کارگاهی ۲۰ نمونه ۱۰۰ تایی برداشته و نسبت نامرغوبی در هر نمونه را محاسبه که به شرح جدول زیر است. نمودار  $P$  را جهت کنترل برقرار نمایید.

نمونه	نسبت نامرغوبی	نمونه	نسبت نامرغوبی	نمونه	نسبت نامرغوبی
۱	۰/۱۴	۸	۰/۱۲	۱۵	۰/۱۱
۲	۰/۱۰	۹	۰/۱۳	۱۶	۰/۱۰
۳	۰/۱۲	۱۰	۰/۱۰	۱۷	۰/۰۸
۴	۰/۱۳	۱۱	۰/۰۸	۱۸	۰/۱۲
۵	۰/۰۹	۱۲	۰/۱۲	۱۹	۰/۱۰
۶	۰/۱۱	۱۳	۰/۰۹	۲۰	۰/۱۶
۷	۰/۱۰	۱۴	۰/۰۸		

$$p_0 = \frac{0/14 + 0/10 + 0/12 + 0/13 + \dots + 0/08 + 0/12 + 0/10 + 0/16}{20} = 0/118$$

$$\text{حد کنترل فوقانی} = 0/118 + 3 * \sqrt{(0/118)(1 - 0/118)/50} = 0/343$$

$$\text{حد کنترل تحتانی} = 0/118 - 3 * \sqrt{(0/118)(1 - 0/118)/50} = 0/018$$

### ۵-۳-۱-۱ نمودار درصد نامرغوبی

نمودار درصد نامرغوبی نیز مشابه نمودار نسبت نامرغوبی برقرار می شود، البته با این تفاوت که مقیاس آن با ضریب ۱۰۰ تغییر یافته است. در این نمودار حدود عمل و میانگین درصد نامرغوبی در نمونه را به صورت

زیر محاسبه می‌کنیم

$$\text{میانگین} = 100 \times p_0$$

$$\text{حدّ عمل فوقانی} = 100 \times [p_0 + 3 \times \sqrt{p_0(1-p_0)} / n]$$

$$\text{حدّ عمل تحتانی} = 100 \times [p_0 - 3 \times \sqrt{p_0(1-p_0)} / n]$$

### ۵-۳-۲ نمودار کنترل c

علاوه بر کنترل تعداد یا نسبت کالای نامرغوبی که در یک سیستم تولیدی ساخته می‌شوند، ممکن است کنترل تعداد نواقص در یک قلم از کالای تولید شده نیز مد نظر باشد. برای مثال یک گزارش مالی ناقص، ممکن است دارای اشتباهات متعددی باشد. برای کنترل تعداد نواقص، ابتدا لازم است تا یک واحد بازرسی انتخاب گردد. واحد بازرسی عبارت از میزان ثابتی از خروجی یک سیستم تولیدی می‌باشد که باید بطور منظم نمونه برداری شده و مورد بازرسی قرار گیرد. برای مثال وقتی گزارشهای مالی را برای خطاهای احتمالی بررسی می‌کنیم، شاید بخواهیم تا ۱۰ گزارش را به عنوان نمونه بازرسی کنیم. انتخاب واحد بازرسی در سیستمهای تولیدی پیوسته مانند تولید رولهای کاغذ، سیم، پارچه، یا ورقه های فلزی دارای اهمیت خاصی است. برای شمارش تعداد نواقص در یک ورق فلز، واحد بازرسی شاید  $0.5 \text{ m}^2$  در نظر گرفته شود. بنابراین در فاصله زمانهای تعیین شده یک سطح  $0.5 \text{ m}^2$  از ورق مورد بازرسی قرار گرفته و تعداد نقصها در آن شمارش و ثبت می‌گردد.

تعداد نقصها در هر واحد بازرسی را به  $c$  نشان می‌دهیم. برای برقراری سیستم کنترل، نمونه‌ای به حجم  $k$  واحد بازرسی در نظر گرفته و میانگین تعداد نقصها را به صورت زیر به دست می‌آوریم

$$\bar{c} = \frac{1}{k} \sum c_i$$

که در آن  $c_i$  تعداد نقصها در نمونه  $i$ ام است. پراکندگی تعداد نقصها در نمونه‌ها تابع توزیع پواسون است. با توجه به این که میانگین و واریانس توزیع پواسون با هم برابرند،

حدود کنترل نمودار  $\bar{c}$  به صورت زیر به دست می آید

$$\text{حدود کنترل} = \bar{c} \pm 3 \times \bar{c}$$

حد کنترل تحتانی منفی را با صفر جایگزین می کنیم. برای اجتناب از این وضعیت باید واحد بازرسی را به شیوه‌ای انتخاب کنیم که  $\bar{c}$  از ۹ بیشتر شود.  
مثال ۳- در مونتاژ قطعات الکترونیکی، اجزای لازم را بر روی بردهای الکترونیکی لحیم می کنند. در ۲۵ برد الکترونیکی که مورد بازرسی قرار گرفت، تعداد لحیم کاریهای ناقص در هر برد شمارش گردیده و به شرح جدول زیر ثبت گردید.

شماره برد	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
نواقص	۱۴	۱۷	۱۲	۱۵	۱۰	۱۶	۲۰	۱۶	۱۸	۱۳	۱۵	۱۴	۱۳
شماره برد	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	
نواقص	۱۷	۱۵	۱۶	۱۳	۱۷	۱۶	۱۳	۱۸	۱۳	۲۴	۱۴	۱۷	

میانگین تعداد نقصها در هر برد برابر است با

$$\bar{c} = \frac{1}{25} \sum c_i = \frac{14 + 17 + 15 + \dots + 24 + 14 + 17}{25} = 15/44$$

بنابر این حدود کنترل نمودار  $\bar{c}$  برای کنترل تعداد نقصها در بردهای الکترونیکی عبارت است از:

$$\text{حد کنترل فوقانی} = 15/44 + 3 \times \sqrt{15/44} = 27/22$$

$$\text{حد کنترل تحتانی} = 15/44 - 3 \times \sqrt{15/44} = 3/65$$

### ۵-۳-۳ نمودار کنترل U

نمودار  $\bar{c}$  در مواردی که واحد بازرسی در آنها مثلاً یک قایق، یک هواپیما،

۱۰۰ m<sup>۲</sup> از یک پارچه، ۱۰۰ گزارش مالیاتی، و یا یک بسته میخ می باشد، کاربرد دارد. واحد بازرسی به اندازه لازم انتخاب می شود، به شرط آن که در همه اقسام تحت بازرسی این اندازه ثابت باقی بماند. هنگامی که به دلایلی ثابت ماندن اندازه واحد بازرسی ممکن نیست، از نمودار کنترل  $u$  استفاده می کنیم. نمودار  $u$  از نظر ریاضی با نمودار  $c$  یکسان است. حدود کنترل در این نمودار به صورت زیر محاسبه می شود

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

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

$$\text{حد کنترل فوقانی} = \bar{u} + 3 \times \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$\text{حد کنترل تحتانی} = \bar{u} - 3 \times \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

که در آن  $c$  تعداد نقصها در یک واحد بازرسی،  $n$  اندازه واحد بازرسی،  $u$  نسبت تعداد نقصها در یک واحد بازرسی به اندازه واحد بازرسی، و  $\bar{u}$  میانگین مجموع کل تعداد نواقص به مجموع کل واحدهای بازرسی شده، می باشد.

#### ۵-۴ برقراری سیستم کنترل شوهارت (مقیاس کتی)

روش برقراری سیستم کنترل را در ضمن یک مثال شرح می دهیم:

مثال ۱- در یک فرآیند کنسرو سازی وزن اسمی قوطیهای کنسرو ۱ کیلوگرم است. هر نیم ساعت یک بار ۲۵ نمونه ۴ تایی از خط تولید برداشته شده است. میانگین و دامنه وزن این نمونه ها مطابق جدول زیر است:



شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
میانگین نمونه	۱/۰۰۳	۱/۰۰۷	۱/۰۰۵	۱/۰۰۵	۰/۹۹۸	۰/۹۹۸	۱/۰۰۱	۰/۹۹۹	۱/۰۰۴	۰/۹۹۲	۰/۹۹۵	۰/۹۹۸	۱/۰۰۲	۱/۰۰۰
دامنه نمونه	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۱۴	۰/۰۳۵	۰/۰۱۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۲	۰/۰۱۰	۰/۰۲۷	۰/۰۱۴	۰/۰۲۰	۰/۰۱۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵
شماره نمونه	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵			
میانگین نمونه	۰/۹۹۸	۰/۹۹۴	۱/۰۰۸	۱/۰۰۲	۱/۰۰۱	۰/۹۹۹	۱/۰۰۳	۰/۹۹۸	۱/۰۰۶	۱/۰۰۰	۱/۰۰۲			
دامنه نمونه	۰/۰۲۵	۰/۰۰۸	۰/۰۲۴	۰/۰۰۲	۰/۰۱۸	۰/۰۰۸	۰/۰۲۵	۰/۰۱۷	۰/۰۳۱	۰/۰۲۱	۰/۰۲۸			

$$\text{میانگین دامنه} = \frac{۰/۰۱۶ + ۰/۰۲۸ + \dots + ۰/۰۲۱ + ۰/۰۲۸}{۲۵} = ۰/۰۲۰ \text{ Kg}$$

بنابراین قابلیت فرآیند سیستم قوطی پرکنی با در نظر گرفتن عدد هارتلی  $d_4 = ۲/۰۵۹$ ، برابر است با:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{n} = \frac{۰/۰۲۰}{۲/۰۵۹} = ۰/۰۰۹۷ \text{ Kg}$$

حال با توجه به قابلیت فرآیند این سیستم، حدود عمل و اخطار را برای میانگین فرآیند به صورت زیر برقرار می‌کنیم:

$$\text{حدود اخطار: } ۱/۰ \pm ۱/۹۶ \times \frac{۰/۰۰۹۷}{\sqrt{۴}} = ۱/۰ \pm ۰/۰۰۹۵ \text{ Kg}$$

$$\text{حدود عمل: } ۱/۰ \pm ۳/۰۹ \times \frac{۰/۰۰۹۷}{\sqrt{۴}} = ۱/۰ \pm ۰/۰۱۴۹ \text{ Kg}$$

هنگامی که مقیاس کیفیت کمی است، علاوه بر کنترل تغییرات میانگین، پراکندگی کیفیت در داخل هر نمونه نیز باید تحت کنترل قرار بگیرد. از آن جا که نمونه‌ها غالباً کم حجمند، دامنه تغییرات در هر نمونه معیار مناسبی برای ارزیابی پراکندگی کیفیت هر نمونه است. از این رو، سیستم کنترل شوهارت در رابطه با متغیرهای کمی شامل حداقل دو نمودار می‌باشد که بر روی یکی از آنها نتایج حاصل از میانگین و بر روی دیگری نتایج مربوط

به دامنه تغییرات هر نمونه ثبت می گردد تا متعاقباً مورد ارزیابی قرار بگیرند.  
برای کنترل پراکندگی کیفیت در هر نمونه، حدود کنترل برای دامنه را به صورت زیر  
محاسبه می کنیم

$$\begin{aligned} \bar{R} &= \text{میانگین دامنه} \\ \text{حدود عمل برای دامنه} &= \bar{R} \pm 3/09 \times \sigma_R \end{aligned}$$

جهت برآورد  $\sigma_R$ ، از دامنه نسبی در توزیع نرمال یعنی  $w = \frac{R}{\sigma_x}$  استفاده می کنیم. می  
توان نشان داد

$$\sigma_R = \sigma_w \times \sigma_x$$

اگر  $\sigma_x$  را انحراف معیار مجموعه  $n$  تایی مقادیر  $x$  بدانیم، داریم

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N}}$$

انحراف معیار مجموعه مقادیر  $kx$  ( $k$  یک ثابت است) برابر است با

$$\begin{aligned} \sigma_{kx} &= \sqrt{\frac{\sum (kx_i - k\mu)^2}{N}} \\ &= k \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N}} \rightarrow \sigma_{kx} = k \sigma_x \end{aligned}$$

بنا به تعریف دامنه نسبی داریم

$$w = \frac{R}{\sigma_x}$$

$$\text{پس } \sigma_w = \sigma_R / \sigma_x \text{ یعنی } \sigma_w = \frac{1}{\sigma_x} \times \sigma_R$$

بنابراین

$$\sigma_R = \sigma_w \times \sigma_x$$

در ارزیابی مقادیر  $n$  از ۲ تا ۱۰،  $\sigma_w$  محاسبه و در جدول زیر آمده است.

حجم نمونه	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
$\sigma_w$	۰/۸۵۳	۰/۸۸۸	۰/۸۸۰	۰/۸۶۴	۰/۸۴۸	۰/۸۳۳	۰/۸۲۰	۰/۸۰۸	۰/۷۹۷

ولی می دانیم که  $\sigma_x = \frac{\bar{R}}{d_n}$ ، که در آن  $d_n$  عدد ثابت هارتلی است. بنابراین

$$\sigma_R = \sigma_w \times \frac{\bar{R}}{d_n} = \frac{\sigma_w}{d_n} \times \bar{R}$$

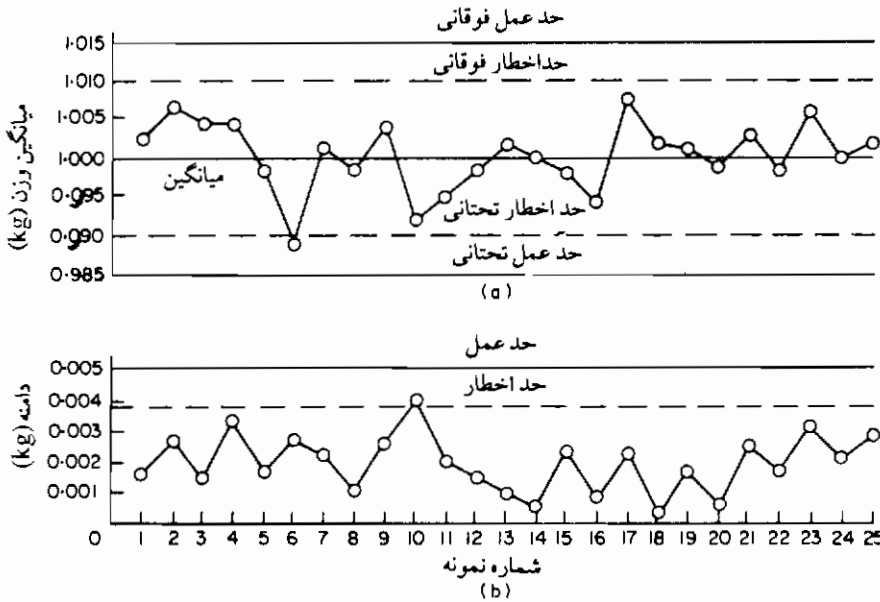
به این ترتیب حدود کنترل برای دامنه به صورت زیر برقرار می شود

$$\text{حدود کنترل دامنه} : \bar{R} \pm ۳/۰۹ \times \frac{\sigma_w}{d_n} \times \bar{R} = \bar{R} \left( ۱ + \frac{۳/۰۹ \times \sigma_w}{d_n} \right)$$

جدولهای (د-۵) و (د-۷) در پیوستار د کتاب ضرایب لازم برای محاسبه حدود کنترل را نشان می دهند. در عمل، تنها لازم است تا تغییرات افزایشی دامنه کنترل شود. به همین دلیل سیستمهای کنترل برای دامنه فقط دارای حد کنترل فوقانی هستند. اکنون حدود کنترل دامنه را برای مثال ۱ به صورت زیر برقرار می کنیم. ضمناً نمودارهای کنترل میانگین و دامنه در شکل ۵-۴-۱ آمده است.

$$\text{حد اخطار فوقانی برای دامنه} : ۰/۰۲ + ۱/۹۶ \times \frac{۰/۸۸۰}{۲/۰۵۹} \times ۰/۰۲ = ۰/۰۳۷$$

$$\text{حد عمل فوقانی برای دامنه} : ۰/۰۲ + ۳/۰۹ \times \frac{۰/۸۸۰}{۲/۰۵۹} \times ۰/۰۲ = ۰/۰۴۶$$



شکل ۵-۴-۱ نمودار میانگین و دامنه

### ۵-۵ حساسیت سیستم کنترل شوهارت

در برقراری سیستمهای کنترل مسأله کارآیی و حساسیت سیستم جهت کشف تغییرات در میانگین فرآیند تولیدی از اهمیت بسزایی برخوردار است. معیاری که معمولاً برای ارزیابی کارآیی این سیستمها مورد استفاده قرار می‌گیرد، میانگین طول گشت نام دارد. میانگین طول گشت عبارت از متوسط تعداد نمونه‌ای است که باید جهت کشف تغییر ایجاد شده در فرآیند، از خط تولید برداشته شود. کشف تغییر عبارت است از قرار گرفتن نقطه‌ای در خارج از حدود عمل بر روی نمودار کنترل.

۵-۵-۱ رابطه میانگین طول گشت و قرارگرفتن نقطه‌ای خارج از حدود عمل  
اگر احتمال قرارگرفتن نقطه‌ای خارج از حدود عمل را  $P_1$  در نظر بگیریم، آن‌گاه

داریم

$p_1$	: احتمال کشف تغییر فرآیند در نمونه اول
$(1 - p_1) \times p_1$	: احتمال کشف تغییر فرآیند در نمونه دوم
$(1 - p_1) \times (1 - p_1) \times p_1 = (1 - p_1)^2 \times p_1$	: احتمال کشف تغییر فرآیند در نمونه سوم
$(1 - p_1)^{i-1} \times p_1$	: احتمال کشف تغییر فرآیند در نمونه ام

متوسط تعداد نمونه لازم که بایستی از خط تولید برداشته شود تا تغییر به وجود آمده در فرآیند تولید کشف گردد، عبارت است از

$$\begin{aligned} ARL &= \sum i \times (1 - p_1)^{i-1} \times p_1 \\ ARL &= 1 \times p_1 + 2 \times p_1 \times (1 - p_1) + 3 \times p_1 \times (1 - p_1)^2 + \dots \\ ARL &= p_1 [ 1 + 2 \times (1 - p_1) + 3 \times (1 - p_1)^2 + \dots ] \end{aligned}$$

بنا بر قضیه مک لورن، می دانیم که

$$1 + 2(1 - p_1) + 3(1 - p_1)^2 + \dots = \frac{1}{(1 - (1 - p_1))^2} = \frac{1}{p_1^2}$$

بنابراین

$$\begin{aligned} ARL &= p_1 \times \frac{1}{p_1^2} \\ &= \frac{1}{p_1} \end{aligned}$$

مثال ۱ (متغیرهای کیفی)

سیستم برقرار شده کنترل شوهارت دارای مؤلفه های زیر است:

$$\text{قابلیت پروسه} = 0.05$$

$$\text{حجم نمونه} = 100$$

$$\text{حد اخطار} = 9$$

$$\text{حد عمل} = 13$$

اگر میانگین فرآیند تولیدی به دلایلی به ۱۰ درصد، ۸ درصد و ۶ درصد نامرغوبی افزایش یابد، متوسط نمونه لازم جهت کشف این تغییرات را محاسبه نمایید.

(i) ۱۰ درصد نامرغوبی

$$m = n \times p = 100 \times 0/10 = 10$$

$$Pr (\text{از جدول پواسون}) = 0/1355 = (\text{بیش از } 13 \text{ کالای نامرغوب در نمونه})$$

بنابراین

$$ARL = \frac{1}{0/1355} = 7/38 \quad \text{متوسط نمونه لازم}$$

پس سیستم کنترل فوق افزایش میانگین نامرغوبی به میزان ۱۰ درصد را بطور متوسط در ۷/۳۸ نمونه کشف خواهد نمود.

(ii) ۸ درصد نامرغوبی

$$m = n \times p = 100 \times 0/08 = 8$$

$$Pr (\text{از جدول پواسون}) = 0/0342 = (\text{بیش از } 13 \text{ کالای نامرغوب در نمونه})$$

بنابراین

$$ARL = \frac{1}{0/0342} = 29/2 \quad \text{متوسط نمونه لازم}$$

پس تحت سیستم کنترل فوق باید بطور متوسط ۲۹/۲ نمونه برداشت تا افزایش ۸ درصد میانگین را کشف کرد.

(iii) ۶ درصد نامرغوبی

$$m = n \times p = 100 \times 0/06 = 6$$

$$Pr (\text{از جدول پواسون}) = 0/0036 = (\text{بیش از } 13 \text{ کالای نامرغوب در نمونه})$$

بنابراین

$$ARL = \frac{1}{0/0036} = 277/8 \quad \text{متوسط نمونه لازم}$$

لذا در سیستم کنترل فوق افزایش ۶ درصد میانگین نامرغوبی بطور متوسط در ۲۷۷/۸ نمونه کشف می گردد.

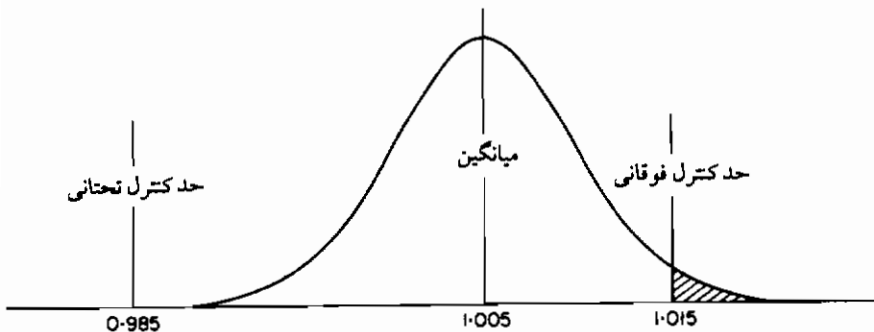
مثال ۲ (متغیرهای کمی):

در سیستم کنترل شوهارت حدود عمل برای متغیرهای کمی به صورت زیر برقرار شده است:

$$\text{حدود عمل} = ۱/۰۰ \pm ۰/۰۱۵$$

مطلوب است تعیین متوسط نمونه لازم برای کشف افزایش میانگین فرآیند تولیدی به میزان ۱، ۵ و ۲ درصد.

### ۱) افزایش ۱ درصد میانگین



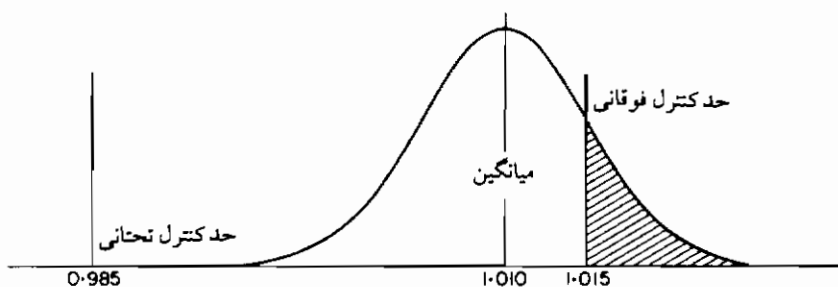
$$u_{\alpha} = \frac{(۱/۰۱۵ - ۱/۰۱۰) \times \sqrt{۴}}{۰/۰۱۰} = ۱/۰ \quad \rightarrow \quad \alpha = ۰/۱۵۸۷$$

$$u_{\alpha} = \frac{(۰/۹۸۵ - ۱/۰۱۰) \times \sqrt{۴}}{۰/۰۱۰} = ۵/۰ \quad \rightarrow \quad \alpha = ۰/۰$$

به این ترتیب:

$$ARL = \frac{۱}{۰/۱۵۸۷} = ۶/۳$$

متوسط نمونه لازم

(ii) افزایش ۰/۵ درصد میانگین

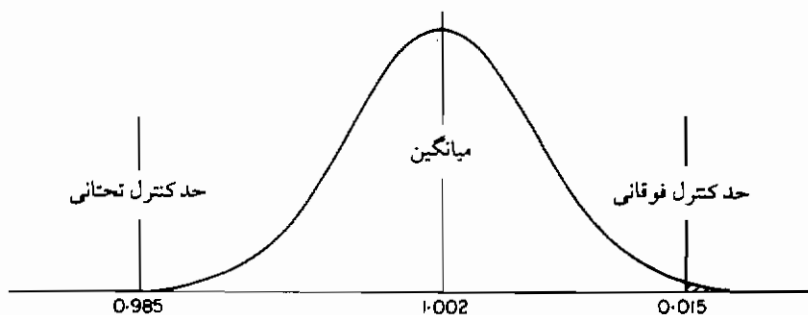
$$u_{\alpha} = \frac{(1/015 - 1/005) \times \sqrt{4}}{0/010} = 2/0 \quad \rightarrow \quad \alpha = 0/0228$$

$$u_{\alpha} = \frac{(0/985 - 1/005) \times \sqrt{4}}{0/010} = 4/0 \quad \rightarrow \quad \alpha = 0/0$$

به این ترتیب:

$$ARL = \frac{1}{0/0228} = 44$$

متوسط نمونه لازم

(iii) افزایش ۰/۲ درصد میانگین



$$u_{\alpha} = \frac{(1/015 - 1/002) \times \sqrt{4}}{0/010} = 2/6 \quad \rightarrow \quad \alpha = 0/0047$$

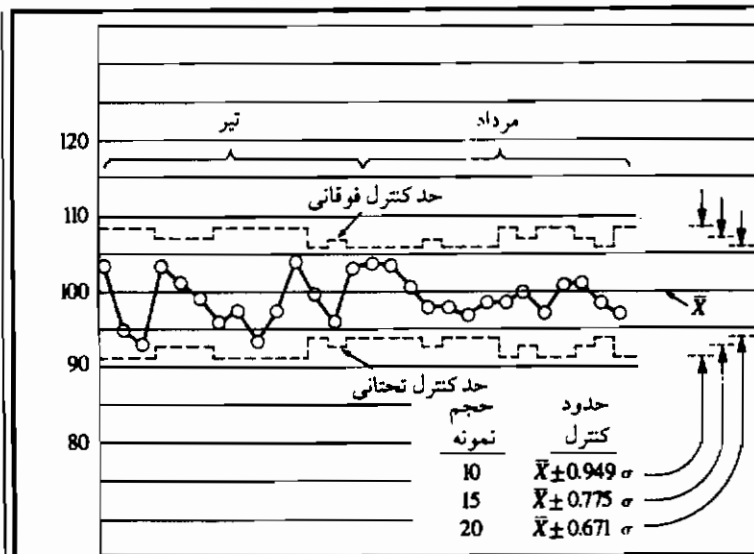
$$u_{\alpha} = \frac{(0/985 - 1/002) \times \sqrt{4}}{0/010} = 3/4 \quad \rightarrow \quad \alpha = 0/0$$

به این ترتیب :

$$ARL = \frac{1}{0/0047} = 215 \quad \text{متوسط نمونه لازم}$$

### ۵-۶ سیستم کنترل برای نمونه های با حجمهای مختلف

در کنترل فرآیندها معمولاً حجم نمونه ها ثابت نگه داشته می شود. گاه گاهی در عمل به دلیل مشکلات تولیدی و یا اشتباهات بازرسی، حجم نمونه ها از یک نمونه تا نمونه دیگر تغییر می کند. باید توجه داشت که با افزایش حجم نمونه محدوده کنترل تنگتر و با کاهش آن وسیعتر خواهد شد. به عبارت دیگر در سیستمهای کنترل برای نمونه های با حجمهای متفاوت، لازم است تا در ازای هر حجم نمونه حدود کنترل محاسبه و بر روی نمودار مورد استفاده قرار بگیرد (شکل زیر را ببینید).



در شکل فوق حجم نمونه ها ۱۰ تایی، ۱۵ تایی و یا ۲۰ تایی است. در ازای هر حجم نمونه، حدود کنترل محاسبه شده است. در عمل مشکل اصلی کاربرد چنین سیستمی، نیاز آن به محاسبه بیش از یک محدوده کنترل است. از این رو توصیه می شود تا حتی المقدور نمونه ها هم حجم انتخاب و برداشت شوند.

### ۵- ۷ به کارگیری عملی سیستم کنترل شوهارت

هر فرآیند تولیدی در صورتی تحت کنترل آماری تلقی می شود که:

الف - هیچ یک از آماره های محاسبه شده از نمونه های برداشت شده ( مثلاً میانگین - در سیستم کنترل میانگین ) خارج از محدوده کنترل قرار نگیرند.

ب - نحوه قرار گرفتن آماره های محاسبه شده در داخل محدوده کنترل کاملاً تصادفی باشد. بنابراین حتی اگر شرط (الف) برقرار باشد، باز هم امکان تحت کنترل نبودن فرآیند تولیدی، وجود دارد. از این رو شخص کنترل کننده باید به نحوه قرار گرفتن آماره های نمونه بر روی نمودار کنترل توجه خاصی داشته باشد. با استفاده از چند قاعده ساده در مورد شکل خاص نقاط بر روی نمودار بسادگی می توان وجود یک وضعیت غیر عادی در فرآیند تولیدی را معین کرد.

مشاهده هر یک از موارد زیر به احتمال زیاد نشانگر وضعیتی غیر عادی در فرآیند تولیدی است:

۱ - هرگاه آماره محاسبه شده ( مثلاً میانگین ) از حداقل ۷ نمونه پیاپی در یک طرف میانگین قرار بگیرند.

۲ - هرگاه از آماره محاسبه شده ( بطور مثال میانگین ) از ۱۱ نمونه پیاپی دست کم ۱۰ تای آن در یک طرف میانگین قرار بگیرند.

۳ - هرگاه از آماره محاسبه شده ( مثلاً میانگین ) از ۱۴ نمونه پیاپی دست کم ۱۲ تای آن در یک طرف میانگین قرار بگیرند.

۴ - هرگاه از آماره محاسبه شده ( مثلاً میانگین ) از ۱۷ نمونه پیاپی دست کم ۱۴ تای آن در یک طرف میانگین قرار بگیرند.

۵- هرگاه از آماره محاسبه شده ( بطور مثال میانگین ) از ۲۰ نمونه پیاپی دست کم ۱۶ تای آن در یک طرف میانگین قرار بگیرند.  
احتمال آن که هر یک از موارد فوق تصادفاً حادث شوند، بسیار کم است. برای مثال احتمال وقوع مورد دوم چیزی در حدود ۱ درصد است. به این ترتیب پیدایش هر یک از موارد فوق بر تحت کنترل آماری نبودن فرآیند تولیدی دلالت دارند.

### ۵-۸ تجزیه و تحلیل نقاط خارج از کنترل

هنگامی که یک فرآیند تولیدی از کنترل آماری خارج می گردد، ابتدا باید عامل (عوامل) قابل تخصیصی را که موجب ایجاد این وضعیت گردیده شناسایی کنیم تا پس از حذف آنها، بتوانیم سیستم را مجدداً تحت کنترل در آوریم. بدون تردید آگاهی از چگونگی تأثیرگذاری این عوامل بر نحوه قرار گرفتن نقاط بر روی نمودارهای کنترل، ردیابی آنها را آسانتر و سریعتر می سازد. حالت‌های گوناگونی که نمودار کنترل میانگین پس از خارج شدن فرآیند از کنترل به خود می گیرد در جدول صفحه بعد آمده است.

موارد اشاره شده در جدول می‌توانند مسؤولان کنترل کیفیت را در ردیابی سریعتر مشکلات کیفی و تعیین علل اصلی بروز آنها کمک کنند. علاوه بر آن، مسؤولان کنترل کیفیت باید امکان بروز خطاهای بازرسی در حین ارزیابی کیفیت را نیز در نظر بگیرند.

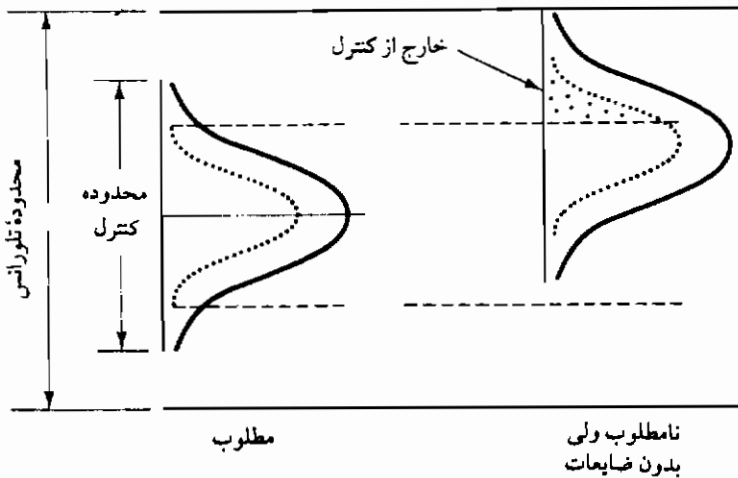
### ۵-۹ حدود کنترل و تلورانس

حدود کنترل یا حدود عمل که تابعی از کیفیت کلیه عوامل دخیل در تولید هستند، محدوده‌ای را تشکیل می دهند که در صورت تحت کنترل بودن فرآیند تولیدی، کیفیت کالاهای تولید شده در داخل آن محدوده نوسان خواهد داشت. تلورانس عبارت است از پراکندگی مجاز مشخصه مورد نظر محصول که به وسیله مهندس طراح برای رسیدن به هدف مشخصی تعیین می گردد. این حدود را می توان بدون در نظر گرفتن کیفیت عوامل تولیدی مشخص کرد. در این حالت مهندس طراح بدون در نظر گرفتن حدود کنترل فرآیند تولیدی، اقدام به تعیین تلورانس کالا و یا قطعه مورد نظر می نماید. در صورت تعیین حدود تلورانس بدون توجه به حدود کنترل ممکن است یکی از سه وضعیت زیر بروز کند:

معلول	عامل قابل تخصیص	علت
تغییر ناگهانی میانگین	ماشین	تنظیم غلط یا اشکال جزئی در عملکرد آن
	کارگر	کارگری تجربه یا کم تجربه
	مواد	استفاده از مواد یا قطعات جدید
روند یا افزایش ممتد	ماشین	فرسودگی ابزار و قالبها
	سیستم تولیدی	مستهلک شدن وسایل و ابزار تغییرات تدریجی در شرایط محیط کاری
	مواد	تغییر مشخصه های کیفی مواد
چرخه های تکراری	مواد	تأثیرات فصلی
	ماشین	فواصل زمانی اولیه کار
	کارگر	چرخشهای دوره ای
	سیستم تولیدی	اتفاقات دوره ای
دو جامعه	مواد	تفاوتهای زیاد در کیفیت
	ماشین	تولیدات بیش از یک ماشین بر روی یک نمودار
	سیستم تولیدی	تفاوتهای زیاد در روشها و ابزار سنجش کیفیت
اشتباهات	بازرس	خطا در محاسبات خطا در نحوه استفاده از ابزار برداشت نمونه از دو جامعه ابزار آزمون نادقیق

## الف) محدوده تلورانس بزرگتر از محدوده کنترل است:

قرار گرفتن حدود کنترل در داخل محدوده تلورانس، بیانگر یک وضعیت مطلوب است. شکل ۱-۹-۵ که در آن توزیع مقادیر انفرادی ( $X$ )، حدود کنترل میانگین ( $\bar{X}$ ) و توزیع میانگین نمونه ها نشان داده شده، بیانگر این وضعیت مطلوب می باشد. از آن جا که تلورانس به میزان قابل توجهی از حدود کنترل بزرگتر است، تغییر میانگین فرآیند مشکل کیفیتی به وجود نمی آورد (شکل ۱-۹-۵-ب را ببینید). هر چند این تغییر میانگین باعث خارج شدن فرآیند از کنترل گردیده (نقاط رسم شده بر روی منحنی بالای حد فوقانی عمل قرار گرفته اند)، اما ضایعاتی را به وجود نیاورده است، چرا که هنوز توزیع مقادیر انفرادی از حد فوقانی تلورانس تجاوز نکرده اند. البته برای بازگرداندن فرآیند به کنترل آماری لازم است تا اقداماتی صورت پذیرد.

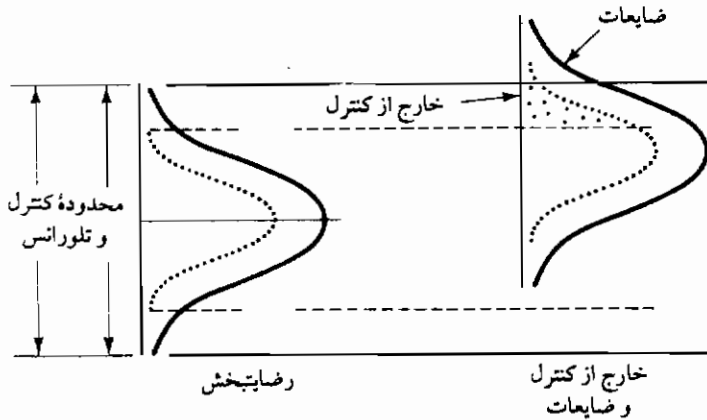


شکل ۱-۹-۵-مورد الف

## ب) محدوده تلورانس با محدوده کنترل برابر است:

شکل ۲-۹-۵ وضعیتی را نشان می دهد که در آن تلورانس بر حدود کنترل منطبق است. توزیع مقادیر انفرادی در (الف) دارای پراکندگی عادی است. اما با ایجاد تغییر در میانگین فرآیند، این مقادیر از حدود تلورانس تجاوز می کنند (۲-۹-۵-ب). تا زمانی که فرآیند تحت کنترل است، کالای نامرغوبی تولید نمی شود. البته به محض خارج شدن

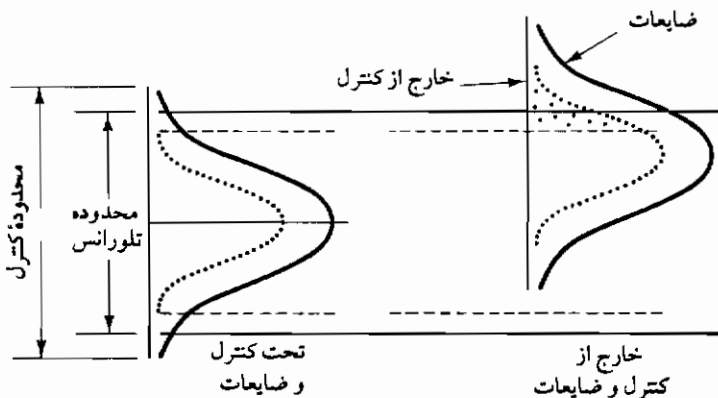
فرآیند از کنترل، تولید کالای نامرغوب نیز شروع می‌شود. بنابراین عوامل قابل تخصیص باید شناسایی و در اسرع وقت از فرآیند حذف شوند.



شکل ۲.۹.۵-مورد ب

ج) محدوده تلورانس کوچکتر از محدوده کنترل است:

وقتی محدوده تعیین شده برای تلورانس در داخل محدوده کنترل قرار می‌گیرد، یک وضعیت نامطلوب برقرار است (شکل ۳-۹-۵). در این وضعیت حتی در صورت تحت کنترل بودن فرآیند، باز هم کالاهای نامرغوب به لحاظ تأمین نکردن حدود تلورانس تولید می‌شوند. در حقیقت فرآیند قادر به تولید کالاهایی که بتوانند حدود تلورانس را تأمین نمایند نیست. شکل ۳-۹-۵ ب نشان می‌دهد که در صورت تغییر میانگین، وضعیت بدتر خواهد شد.



شکل ۳.۹.۵-مورد ج

چنان که گفته شد، مورد (ج) وضعیتی نامطلوب است. از این رو لازم است تا راه‌حلهایی برای آن اندیشیده و توصیه شود. راه حل سریعی که به ذهن می‌رسد، مذاکره با مهندس طراح برای افزایش محدوده تلورانس است. این راه حل در صورتی قابل اجراست که مطالعات دقیق نشان دهند که کالا با تلورانس جدید باز هم از قابلیت اطمینان مورد نظر برخوردار است (فصل نهم). راه حل دیگر این است که بدون تغییر دادن حدود کنترل یا تلورانس و از طریق بازرسی صد درصد اقلام تولید شده، کنترل کیفیت را اعمال کنیم. راه حل دیگر بهبود فرآیند تولیدی و از این طریق محدودتر کردن حدود کنترل است. برای این منظور ممکن است نیاز به تهیه مواد با کیفیت تر، کارگر ماهرتر، برنامه‌های آموزشی و بازآموزی جدی تر و ماشین‌آلات جدیدتر باشد. راه حل دیگر تغییر میانگین فرآیند به طریقی است که کلیه کالاهای نامرغوب در یکی از دنباله‌های توزیع کیفیت قرار بگیرند. به عنوان مثال میل لنگی را در نظر بگیرید که بر اساس تلورانس بسیار دقیقی تراشیده می‌شود. چنانچه سطح میل لنگ بیش از اندازه تراشیده شود، میل لنگ دور ریخته می‌شود و در صورتی که سطح آن کم تراشیده شود باید میل لنگ مجدداً تراشکاری شود. با تغییر میانگین فرآیند تراشکاری، می‌توان میزان دور ریختگی را به صفر رسانده و به جای آن میزان دوباره کاریها را افزایش داد.

### ۵ - ۱۰ هزینه برقراری سیستم کنترل شوهارت

همان طوری که قبلاً گفته شد کارایی یک سیستم کنترل عبارت است از توانایی آن در کشف سریع تغییرات در میانگین و پراکندگی کیفیت. هنگامی که نقطه‌ای در خارج از حدود کنترل قرار می‌گیرد، یکی از دو وضعیت زیر حادث شده است:

- الف - با دخالت عوامل قابل تخصیص، فرآیند از کنترل خارج شده است.
- ب - فرآیند تولیدی تحت کنترل آماری است و لذا قرار گرفتن نقطه‌ای خارج از محدوده کنترل یک رخداد غیر محتمل است.

احتمال وضعیت (ب) را از قبل می‌توان مشخص کرد. هزینه مربوط به این وضعیت، هزینه جستجو برای یافتن و ردیابی مشکلی در فرآیند تولیدی است، هنگامی که در اصل چنین مشکلی وجود ندارد. از طرف دیگر چنانچه نقاط در داخل محدوده کنترل قرار بگیرند باز

یکی از دو حالت زیر ممکن است رخ داده باشد:

الف) فرآیند تحت کنترل آماری است.

ب) فرآیند از کنترل آماری خارج شده است.

احتمال حالت (ب) نامعلوم است، مگر در باره ماهیت و میزان پراکندگی در فرآیند اطلاعاتی در دست باشد. هزینه مربوط به این وضعیت، هزینه عدم جستجو برای ردیابی مشکل است، وقتی فرآیند حقیقتاً از کنترل خارج گردیده و در حال تولید کالای نامرغوب است. بدیهی است که در برقراری یک سیستم کنترل باید موازنه‌ای بین هزینه‌های پیشگفته ایجاد شود. برای این منظور علاوه بر حدود کنترل، حجم نمونه و فاصله زمانی بین برداشت نمونه‌ها نیز باید محاسبه شوند.

چگونگی محاسبه حدود کنترل، حجم نمونه و فاصله زمانی بین برداشت نمونه‌ها را در ضمن مثال زیر شرح می‌دهیم.

مثال - میانگین و قابلیت فرآیند یک سیستم تولیدی به ترتیب برابر با  $2/5250$  cm و  $0/0002$  cm می‌باشد. میزان تولید ۱۰۰۰ عدد در ساعت است. تجربه نشان داده است که بطور متوسط هر ۱۰ ساعت یک بار میانگین فرآیند به  $2/5254$  cm افزایش پیدا می‌کند. اگر هزینه ثابت بازرسی ۱۰ و هزینه متغیر آن در ازای هر عدد  $0/10$  و هزینه تولید یک عدد کالای نامرغوب ۵ باشد، مطلوب است تعیین حدود کنترل، حجم نمونه و فاصله زمانی بین برداشت دو نمونه به طریقی که هزینه کنترل کمینه گردد.

فرض می‌کنیم نمونه‌ها ۴ تایی و  $K$  ضریب مورد استفاده در تعیین حدود کنترل برابر با  $3/09$  باشد ( $\alpha = 0/002$ ).

پس

$$\text{حدود کنترل} : \bar{x} \pm 3/09 + \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\text{حدود کنترل} : 2/525 \pm 3/09 \times \frac{0/0002}{\sqrt{4}} \rightarrow 2/5247 \dots 2/5253$$



حال درصد نامرغوبی تولید شده در شرایط عادی را حساب می‌کنیم. داریم

$$u_{\alpha_1} = \frac{(2/5253 - 2/5250) \times \sqrt{4}}{0/0002} = 3 \rightarrow \alpha_1 = 0/00135$$

$$u_{\alpha_2} = \frac{(2/5247 - 2/5250) \times \sqrt{4}}{0/0002} = -3 \rightarrow \alpha_2 = 0/00135$$

بنابراین فرآیند در شرایط عادی  $0/0027 = 0/00135 + 0/00135$  معادل  $0/27$  درصد نامرغوبی تولید می‌کند. حال باید دید هنگامی که فرآیند از کنترل خارج و با میانگین  $2/5254$  تولید می‌کند، درصد نامرغوبی چیست؟ برای این منظور داریم

$$u_{\alpha_1} = \frac{(2/5253 - 2/5254) \times \sqrt{4}}{0/0002} = -7 \rightarrow \alpha_1 \approx 0/0000$$

$$u_{\alpha_2} = \frac{(2/5247 - 2/5254) \times \sqrt{4}}{0/0002} = -1 \rightarrow \alpha_2 = 0/1587$$

پس وقتی میانگین فرآیند به  $2/5254$  تغییر پیدا می‌کند به میزان  $0/8413 = 0 + (1 - 0/1587)$  معادل  $84/13$  درصد نامرغوبی تولید می‌کند. البته می‌دانیم که این تغییر میانگین با برداشت بطور متوسط  $1/1886 = \frac{1}{0/8413}$  نمونه کشف می‌گردد.

به این ترتیب ضرر حاصل از تولید کالای نامرغوب در یک ساعت، با توجه به میزان تولید برابر است با

$$4193 = (1000 \times (5 \text{ هزینه در ازای هر عدد } 5) \times (0/8413 - 0/0027))$$

حال باید میزان ضرر تا کشف تغییر و توقف تولید را محاسبه کنیم. برای این منظور باید متوسط نمونه لازم تا کشف تغییر را در نظر بگیریم. اگر فرض کنیم احتمال تغییر میانگین با فاصله زمانی بین برداشت نمونه‌ها متناسب است، آن‌گاه انتظار داریم تا بطور متوسط تقریباً

نیمی از فاصله زمانی تا برداشت نمونه اول در وضعیت تولیدی تغییر یافته قرار بگیرد. به این ترتیب هزینه تولید کالای نامرغوب تا کشف تغییر برابر است با

$$4193 \times (1/1886 - 0/50) = 2887/29$$

طبق اطلاعات اولیه این فرآیند هر ۱۰ ساعت یک بار از کنترل خارج می شود، لذا هزینه مورد انتظار تولید کالای نامرغوب در هر ساعت برابر است با

$$2887/29 \times 0/10 = 288/73$$

چنان که می دانیم بازرسی اقلام نمونه، هزینه بر است. اگر هزینه توقف خط به دلیل استنباط نادرست در مورد خارج شدن فرآیند از کنترل را ۱۰ در نظر بگیریم، آن گاه چون خطای نوع ۱، ۰/۰۰۲ می باشد، هزینه مربوطه  $0/02 = 10 \times 0/002$  خواهد شد. به این ترتیب مجموع هزینه های بازرسی و استنباط غلط و تولید کالای نامرغوب در ساعت برابر است با

$$(288/73 + 10 + 0/10 \times 4 + 0/02) = 299/15$$

حال چنانچه فاصله زمانی نمونه برداری را نصف کرده و به ۳۰ دقیقه کاهش دهیم، آن گاه هزینه تولید کالای نامرغوب برابر است با

$$(500) \times (0/8413 - 0/0027) \times (5) \times (1/1886 - 0/5) \times (0/05) = 72/18$$

چنان که ملاحظه می شود، کاهش فاصله زمانی نمونه برداری در هزینه تولید کالای نامرغوب تأثیر مضاعف دارد. اولاً در فاصله زمانی کوتاه شده، کالای نامرغوب کمتری تولید گردیده و ثانیاً احتمال خرابی در فاصله زمانی کوتاهتر کاهش یافته است.

بطور کلی هزینه تولید کالای نامرغوب در فاصله نمونه برداری را از رابطه زیر می توان به دست آورد

$$DC = C_d \times (P / m) \times (P_c / m) \times (P_d - P_1) \times (ARL - 0.5)$$

که در آن

DC :	هزینه تولید کالای نامرغوب در فاصله نمونه برداری
$C_d$ :	هزینه واحد تولید کالای نامرغوب
P :	میزان تولید در هر چرخه تولیدی
m :	تعداد نمونه در هر چرخه تولیدی
$P_c$ :	میانگین تعداد خرابی فرآیند در هر چرخه تولیدی
$P_d$ :	درصد نامرغوبی وقتی فرآیند خارج از کنترل است
$P_1$ :	درصد نامرغوبی وقتی فرآیند تحت کنترل است
ARL :	متوسط نمونه لازم جهت کشف تغییر

هزینه بازرسی را نیز می توان از رابطه زیر به دست آورد

$$(C_f + nC_i + \alpha C_e) \times m$$

که در آن

$C_f$ :	هزینه ثابت هر نوبت بازرسی
n :	حجم نمونه
$C_i$ :	هزینه بازرسی یک قلم کالا
$C_e$ :	هزینه خطای نوع ۱
$\alpha$ :	خطای نوع ۱
m :	تعداد نمونه در هر چرخه

اکنون تابع هزینه کل را به صورت زیر می نویسیم

$$TC = C_d \times (P/m) \times (P_c/m) \times (P_d - P_f) \times (ARL - \alpha/5) + (C_f + nC_i + \alpha C_e) \times m$$

به منظور کمینه سازی هزینه، از تابع هزینه نسبت به  $\frac{1}{m}$ ، فاصله زمانی بین برداشت دو نمونه در هر چرخه تولیدی، مشتق گرفته و مساوی صفر قرار می دهیم. داریم

$$\frac{dT_c}{d1/m} = C_d \times P \times P_c \times (P_d - P_f) \times (ARL - \alpha/5) - \frac{C_f + nC_i + \alpha C_e}{m^2} = 0$$

بنابراین

$$\frac{1}{m} = \sqrt{\frac{C_f + nC_i + \alpha C_e}{C_d P P_c (P_d - P_f) (ARL - \alpha/5)}}$$

در مسأله فوق فاصله بهینه بین برداشت دو نمونه بر حسب ساعت برابر است با

$$m = \sqrt{\frac{(10) + (4)(0/1) + (10)(0/002)}{(5)(1000)(0/1)(0/8413 - 0/0027)(1/1886 - 0/5)}} = 0/19 \text{ (۱۱/۴ دقیقه)}$$

پس متوسط تعداد نمونه لازم در هر چرخه تولیدی برابر است با

$$\frac{1}{0/19} = 5/26$$

و به این ترتیب هزینه مورد انتظار در سیستم کنترلی که در آن بنا به فرض  $n = 4$  و

$\alpha = 0/001$  برابر است با

$$TC = \frac{288/73}{5/26} + 10/42 \times 5/26 = 109/70$$

حال چنانچه ضریب تعیین حدود کنترل میانگین را از  $K = 3$  به  $K = 2/5$ ،

(  $\alpha = 0/00621$  ) تغییر دهیم، آن گاه حدود کنترل برابر خواهد شد با

$$\text{حدود کنترل} \rightarrow 2/525 \pm 2/500 \cdot \frac{0/0002}{\sqrt{4}} \rightarrow 2/52475 \dots 2/52525$$

و هزینه مورد انتظار به  $59/7$  کاهش می یابد. اگر به همین ترتیب ادامه دهیم، ملاحظه خواهیم کرد که برای  $n = 4$ ، وقتی  $k = 2$  کمترین هزینه به دست می آید.

جدول ۵-۱۰ متوسط هزینه‌های طرحهای مختلف کنترل

متوسط هزینه کنترل	هزینه بازرسی	متوسط نمونه	k	n
65/208	10/427	3/13	3/0	4
59/685	10/524	2/84	2/5	4
58/618	10/614	2/76	2/3	4
57/997	10/855	2/67	2/0	4
58/180	11/119	2/62	1/8	4
59/316	11/736	2/53	1/5	4
60/097	10/527	2/85	3/0	5
57/541	10/624	2/71	2/5	5
57/220	10/714	2/67	2/3	5
57/361	10/955	2/62	2/0	5
57/729	10/627	2/72	3/0	6
56/814	10/724	2/65	2/5	6
56/851	10/814	2/63	2/3	6
56/965	10/727	2/66	3/0	7
56/757	10/824	2/62	2/5	7
56/924	10/914	2/61	2/3	7
56/848	10/828	2/63	3/0	8
56/807	10/851	2/62	2/8	8
56/919	10/924	2/61	2/5	8

با استفاده از یک برنامه کامپیوتری برای مقادیر مختلف  $n$ ، مقادیر گوناگون  $k$  و در ازای آن متوسط نمونه لازم و هزینه کل کنترل را محاسبه نموده و در جدول ۵-۱۰ آورده ایم. چنان که ملاحظه می شود با استفاده از این جدول براحتی می توان طرح نمونه برداری که حداقل هزینه را به دست دهد، انتخاب کرد. در ضمن چنان که مشهود است،  $k = ۳$  همیشه انتخاب مناسبی نیست.

## تمرینها

۱. ۳۰ نمونه ۵۰ تایی از خط تولید یک کارخانه برداشته ایم. کالای نامرغوب مشاهده شده در هر نمونه به شرح جدول زیر است

۰	۱	۰	۲	۰	۱	۲	۰	۲	۰
۱	۰	۳	۰	۱	۰	۰	۳	۱	۰
۳	۱	۲	۰	۰	۱	۳	۰	۰	۳

سیستم کنترل شوهارت را برای این فرآیند برقرار کنید. اگر میانگین نامرغوبی تولید سه برابر شود، به چه تعداد نمونه جهت کشف این تغییر نیاز مندیم؟

۲. میانگین دامنه ۲۵ نمونه ۶ تایی برابر  $۰/۰۴$  کیلوگرم می باشد. قابلیت فرآیند این سیستم را محاسبه و سپس سیستم کنترل شوهارت را برقرار کنید. حال فرض کنید که میانگین فرآیند به میزان  $۰/۰۱+$  کیلوگرم تغییر پیدا می کند. احتمال کشف این تغییر را در سه نمونه بعدی حساب کنید.

۳. قابلیت فرآیند سیستمی ۶ درصد نامرغوبی است. این فرآیند از کنترل خارج شده و اینک با  $۸/۴$  درصد نامرغوبی تولید می کند. اگر بدانیم نمونه ها ۱۰۰ تایی اند، مطلوب است محاسبه احتمال آن که یکی از دو نقطه ای را که بر روی نمودار رسم می کنیم خارج از حدود کنترل قرار بگیرد.

۴. ۷۵ واحد بازرسی که به تصادف انتخاب شده‌اند، جمعاً دارای ۲۶۵ نقص هستند. نمودار کنترل  $\bar{c}$  را برای این فرآیند برقرار کنید.
۵. هزینه های خرید لوازم بدکی در ۶ ماهه گذشته برای شرکتی به شرح زیر بوده است. نمودار کنترل را برای این شرکت برقرار کنید.

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۲۶۱۰	۳۰۸۰	۲۷۶۵	۲۸۰۰	۲۹۵۰	۳۲۱۰	۲۸۷۵	۳۱۰۰	۲۷۸۵	۲۹۲۰

۶. در یک فرآیند تولیدی میانگین نامرغوبی ۵ کالای نامرغوب است. سیستم کنترل شوهارت را برای این فرآیند به گونه‌ای برقرار کنید که بتواند افزایش صد درصد در میانگین فرآیند را بطور متوسط در ۱۲ نمونه کشف نماید.

۷. یک سیستم تولیدی با قابلیت فرآیند  $4/4$  درصد، کالا تولید می‌کند. هزینه تولید هر قلم کالای نامرغوب ۵۰۰ ریال است. اگر نمونه‌های برداشت شده ۱۵۰ تایی باشند، مطلوب است محاسبه

الف) احتمال آن که دست کم یکی از چهار نمونه برداشت شده در فاصله بین حدّ اخطار و حدّ عمل قرار بگیرد.

ب) احتمال آن که از دو نمونه برداشت شده یکی بین حدّ عمل و حدّ اخطار و دیگری خارج از حدّ عمل قرار بگیرد.

فرآیند اینک از کنترل خارج شده و با ۸ درصد نامرغوبی کالا تولید می‌کند. مطلوب است الف) میزان خسارت وارد شده به دلیل تولید کالای نامرغوب.

ب) تعیین حجم نمونه لازم به منظور کاهش ضرر به میزان ۵۰ درصد.

۸. در کشت پنبه، چنانچه از هر ۲۰ مزرعه یکی آسیب ببیند، کل مساحت زیر کشت را سم پاشی می‌کنند. سطح استاندارد آسیب دیدگی ۲ درصد است. در این سطح نیازی به سم پاشی نیست. چنانچه آسیب دیدگی تصادفی بوده و هر هفته نمونه‌ای برداشت شود، مطلوب است محاسبه حجم نمونه و برقراری سیستم کنترل شوهارت به گونه‌ای که سیستم قادر باشد آسیب دیدگی ۵ درصد را بطور متوسط در ۳ نمونه کشف نماید.

۹. قابلیت فرآیند سیستمی که پرچ تولید می کند  $0.10$  mm است. اگر بدانیم قطر اسمی پرچها  $10$  mm و نمونه ها نیز  $5$  تایی اند، مطلوبست برقراری سیستم کنترل شوهارت برای این سیستم تولیدی. اگر میانگین فرآیند به  $0.10$  mm تغییر کند، احتمال آن که نمونه بعدی این تغییر را کشف کند، چیست؟

۱۰. یک نمودار U برای کنترل خط تولید کاغذ به کار گرفته شده است. محصول نهایی این خط، رولهایی با عرض  $1200$  mm ولی با طولهای مختلف است. آماره تحت کنترل تعداد نقصها در هر  $30$  m از این رولها می باشد. هر نمونه شامل یک رول است. پس از بررسی  $20$  رول، تعداد کل نقصها در مجموع  $2790$  متر کاغذ،  $340$  عدد است. نمودار U را برای این سیستم تولیدی برقرار کنید.

۱۱. میخهای فولادی را برای حصول قطر  $12/5$  میلی متر با تلورانس  $0.05$  میلی متر تراشکاری می کنند. اگر میانگین فرآیند تراشکاری  $12/5$  میلی متر بوده ( $\mu$ ) و انحراف معیار آن  $0.02$  میلی متر باشد، چه درصدی از میخها دور ریخته شده و چه درصدی دوباره کاری می شوند؟ میانگین فرآیند را در چه سطحی قرار دهیم تا دیگر میخی دور ریخته نشود؟ در این وضعیت درصد دوباره کاریها چقدر است؟



## فصل ششم

### سیستم کنترل کیوسام<sup>۱</sup>

#### ۶ - ۱ مقدمه

در کنترل فرآیندها، هنگامی که از سیستم کنترل شوهارت استفاده می‌کنیم نقاط رسم شده بر روی نمودار شوهارت به صورت انفرادی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در اواخر دهه ۱۹۵۰ میلادی، پیج<sup>۲</sup> آماردان انگلیسی سیستم کنترل کیوسام را پیشنهاد نمود که در آن ارزیابی هر نقطه با در نظر گرفتن وضعیت نقاط بلافاصله ماقبل آن صورت می‌گیرد. در این سیستم، جمع تراکمی نقاط مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

#### ۶ - ۲ محاسبه مقادیر کیوسام

فرض کنید مجموعه‌ای از مقادیر مختلف مثل  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$  که به وسیله یک متغیر اختیار شده در دسترس است. چنانچه یک کمیّت ثابت بزرگتر از صفر مثل  $k$  که آن را ارزش مرجوع<sup>۳</sup> می‌نامیم در نظر بگیریم، آن‌گاه می‌توانیم جمع تراکمی یا کیوسام این مقادیر را به صورت زیر محاسبه کنیم

---

1- Cumulative Sum - Cu-Sum

2- E.S Page

3- Reference Value

$$S_1 = x_1 - k$$

$$S_2 = (x_1 - k) + (x_2 - k) = S_1 + (x_2 - k)$$

.

.

.

$$S_r = \sum (x_i - k) = S_{r-1} + (x_r - k)$$

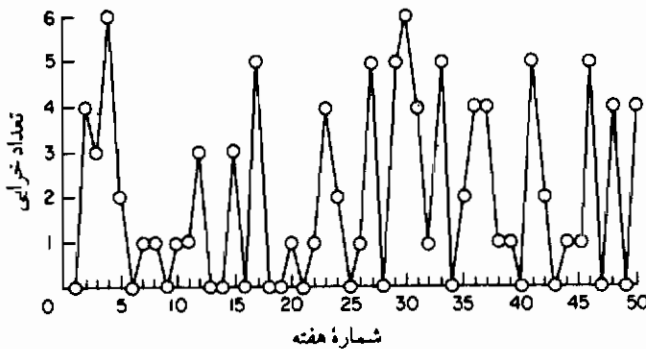
مقادیر حاصله ( $S_r$ ) را معمولاً بر روی نموداری رسم می کنند که نمودار کیوسام نامیده می شود. در کنترل فرآیندها از آن جا که معمولاً انحرافات از میانگین فرآیند مد نظر است،  $k$  را اغلب برابر با میانگین اسمی ( میانگین فرآیند وقتی فرآیند تولیدی تحت کنترل آماری است ) فرآیند قرار می دهند. به این ترتیب چنانچه میانگین فرآیند افزایش یابد، مقادیر کیوسام نیز افزایش خواهند یافت. چرا که مقادیر متوالی  $(x_i - k)$  مثبت خواهند بود. مشابهاً اگر میانگین فرآیند کاهش یابد، منحنی کیوسام شیب نزولی پیدا خواهد کرد. پس به این ترتیب هرگونه تغییر اساسی در میانگین فرآیند را می توان در منحنی کیوسام منعکس دید. کنترل کننده بسادگی می تواند از تغییر شیب منحنی به وجود عاملهای قابل تخصیص در فرآیند پی ببرد. نمودارهایی که با استفاده از مقادیر کیوسام رسم می شوند، نسبت به نمودارهای شوهارت کلیت بیشتری دارند، چرا که آنها با نمونه های کم حجم مثلاً با  $n = 1$  نیز قابل استفاده هستند. به همین دلیل این نوع سیستمهای کنترل برای فرآیندهایی که در آنها میزان تولید پایین و یا هزینه های بازرسی بالاست، مناسبند. شایان ذکر است که سیستم کنترل کیوسام نسبت به سیستم کنترل شوهارت از کارایی بیشتری برخوردار است. این مطلب را در فصل بعد مورد بررسی بیشتر قرار خواهیم داد.

### ۶-۳ رسم نمودار کیوسام

چگونگی رسم نمودار کیوسام را با استفاده از مثال زیر شرح می دهیم. جدول زیر تعداد خرابی ماشین آلات صنعتی در یک واحد تولیدی طی ۵۰ هفته گذشته را نشان می دهد:

شماره هفته	تعداد خرابی در هفته									
۱-۱۰	۰	۴	۳	۶	۲	۰	۱	۱	۰	۱
۱۱-۲۰	۱	۳	۰	۰	۳	۰	۵	۰	۰	۱
۲۱-۳۰	۰	۱	۴	۲	۰	۱	۵	۰	۵	۶
۳۱-۴۰	۴	۱	۵	۰	۲	۴	۴	۱	۱	۰
۴۱-۵۰	۵	۲	۰	۱	۱	۵	۰	۴	۰	۵

شکل ۶-۱ تغییرات در تعداد خرابی ماشین آلات طی ۵۰ هفته گذشته را نشان می دهد.



شکل ۶-۱ - منحنی تعداد خرابی در هفته

با بررسی نمودار فوق، هیچ تغییر اساسی در روند تعداد خرابی ماشین آلات در هفته، طی ۵۰ هفته گذشته مشاهده نمی شود. در حقیقت نمودار نشانگر تغییرات تصادفی است. حال چنانچه مقادیر کیوسام را محاسبه و نمودار مربوطه را رسم کنیم، مشاهده خواهیم کرد که در مقاطع زمانی خاص، میانگین تعداد خرابی در هفته تحت تأثیر تغییرات اساسی بوده است. برای این منظور ابتدا مقدار  $k$  را مشخص می کنیم. همان طوری که گفته شد در کنترل فرآیند ها معمولاً  $k$  را برابر میانگین فرآیند قرار می دهند. پس لازم است تا نخست میانگین تعداد خرابی در هفته را در طول ۵۰ هفته محاسبه کنیم. داریم

$$\text{میانگین خرابی در هفته} = \frac{0 + 4 + 3 + 6 + \dots + 0 + 4 + 0 + 5}{50} = 2/0$$

$$k = 2/0$$

ولذا

مقادیر کیوسام محاسبه و در جدول زیر آمده است:

شماره نمونه	$S_n \Sigma = (x_i - 2/0)$									
۱-۱۰	-۲	۰	+۱	+۵	+۵	+۳	+۲	+۱	-۱	-۲
۱۰-۲۰	-۳	-۲	-۴	-۶	-۵	-۷	-۴	-۶	-۸	-۹
۲۱-۳۰	-۱۱	-۱۲	-۱۰	-۱۰	-۱۲	-۱۳	-۱۰	-۱۲	-۹	-۵
۳۱-۴۰	-۳	-۴	-۱	-۳	-۳	-۱	+۱	۰	-۱	-۳
۴۱-۵۰	۰	۰	-۲	-۳	-۴	-۱	-۳	-۱	-۳	۰

شکل ۶-۲ منحنی کیوسام مقادیر جدول فوق را نشان می دهد.



شکل ۶-۲ منحنی کیوسام

تغییر شیب منحنی کیوسام بیانگر تغییرات اساسی در میانگین فرآیند است. لذا چنانچه منحنی حالت اقبی به خود بگیرد، دلالت بر وضعیت عادی یا تولید با متوسط ۲ خرابی در هفته را دارد. نمودار ۶-۲ بر خلاف نمودار ۶-۱ بیانگر تغییرات اساسی در میانگین خرابی ماشین آلات طی ۵۰ هفته گذشته است. تحلیل نمودار به صورت زیر است:

میانگین خرابی	از هفته	تا هفته
۳/۰	۱	۴
۱/۰	۵	۲۲
۲/۰	۲۳	۲۸
۴/۰	۲۹	۳۳
۲/۰	۳۴	۵۰

این مثال توانایی روش کنترل کیوسام را در کشف و تشخیص تغییرات یک فرآیند به خوبی نشان می دهد. البته به دلیل حساسیت زیاد این روش در مقابل تغییرات جزئی، در تعبیر تغییرات شیب منحنی و ارتباط دادن آن با تغییرات اصلی متغیر، باید دقت بیشتری مبذول داشت.

#### ۶-۴ برقراری سیستم کنترل کیوسام

همان طوری که گفته شد، سیستم کنترل کیوسام در مقابل تغییرات بسیار حساس است. از این رو لازم است تا تغییرات کشف شده توسط این سیستم تحت آزمون آماری قرار گرفته و معنی دار بودن آن تأیید گردد. برای این منظور روشهای مختلفی مورد استفاده قرار می گیرند که روشهای فاصله تصمیم<sup>۱</sup>، ماسک موازی<sup>۲</sup> و ماسک V<sup>۳</sup> از آن جمله اند. در این کتاب ما از روش فاصله تصمیم استفاده می کنیم ( دو روش ماسک موازی و ماسک V در مراجعی از قبیل [۱۶] و [۱۷]، معرفی شده و مورد بررسی قرار گرفته اند). چگونگی به کارگیری این روش در برقراری سیستم کنترل کیوسام برای مقیاسهای کیفی و کمی کیفیت را با استفاده از چند مثال توضیح می دهیم.

1- Decision Interval

2- Parallel mask

3- V mask

## ۶-۴-۱ برقراری سیستم کنترل (مقیاس کتی)

چگونگی تصمیم گیری در ارتباط با تحت کنترل بودن یا نبودن یک فرآیند تولیدی در سیستم کیوسام با سیستم شوهارت متفاوت است. مبنای تصمیم گیری در این سیستم متوسط نمونه لازم جهت کشف تغییرات در دو سطح کیفیت قابل قبول<sup>۱</sup> (فرآیند تولیدی تحت کنترل آماری است و مطابق استاندارد تعیین شده تولید می کند) و کیفیت غیر قابل قبول<sup>۲</sup> (فرآیند تولیدی از کنترل آماری خارج گردیده و ضروری است تا تغییرات به وجود آمده به سرعت کشف گردند) می باشد.

هنگامی که فرآیند در سطح قابل قبول تولید می کند، نمونه لازم جهت کشف تغییرات، بزرگ انتخاب می شود (مثلاً ۵۰۰). با این انتخاب، احتمال خارج از کنترل دانستن فرآیندی را که در اصل تحت کنترل است، به ۰/۰۰۲ کاهش داده ایم. این مقدار با خطای نوع ۱ در سیستم کنترل شوهارت به میزان ۰/۰۰۱ قابل مقایسه است. تفاوت این دو سیستم در انتخاب سطحی از کیفیت به نام سطح کیفیت غیر قابل قبول است. بدیهی است که متوسط نمونه لازم جهت کشف تغییر در این سطح بایستی کوچک انتخاب شود.

متغیرهای مورد استفاده در برقراری سیستم کنترل کیوسام به شرح زیرند:

$\mu_0$ :	سطح کیفیت قابل قبول A.Q.L
$\mu_1$ :	سطح کیفیت غیر قابل قبول R.Q.L
k :	ارزش مرجوع
n :	حجم نمونه
$\sigma$ :	قابلیت پروسه
$L_0$ :	متوسط نمونه لازم (A.R.L) جهت کشف تغییر در A.Q.L
$L_1$ :	متوسط نمونه لازم (A.R.L) جهت کشف تغییر در R.Q.L
h :	فاصله تصمیم

1- Acceptable Quality Level - AQL

2- Reject Quality Level - RQL

چنانچه سیستم کیوسام را با  $\mu_0$  به عنوان ارزش مرجوع برقرار کنیم، می توانیم بر طبق قاعده زیر در مورد تحت کنترل بودن یا نبودن فرآیند اظهار نظر کنیم: "هرگاه مابه‌التفاوت مقدار کیوسام جاری و کوچکترین کیوسام قبلی ( $h$  جاری) از یک حد تعیین شده ( $h$ ) بیشتر شود، فرایند تولیدی را جهت ردیابی و رفع نقص متوقف نمائید." مقدار تعیین شده  $h$  همان فاصله تصمیم است. معمولاً  $k = (\mu_0 + \mu_1) / 2$  در نظر گرفته می شود. به این ترتیب محاسبه مابه‌التفاوت مقادیر کیوسام ( $h$  جاری) در صورتی ضرورت پیدا می کند که مقادیر کیوسام در حال افزایش باشند. هنگامی که مقادیر کیوسام در حال کاهشند، فاصله تصمیم جاری صفر منظور می شود.

برقراری سیستمهای کنترل برای مقیاسهای کمی بر مبنای یک نوموگرام (پیوستار د) است، که چگونگی استفاده از آن به معلوم بودن یا نبودن حجم نمونه بستگی دارد.

#### ا) حجم نمونه معلوم است

- الف) یکی از A.R.L ها مثلاً در A.Q.L را ( $L_1$ ) مشخص کنید.  
 ب) مقدار  $(|\mu_1 - k| \times \sqrt{n}) / \sigma$  را محاسبه کنید.  
 ج) مقدار  $(h \times \sqrt{n}) / \sigma$  را از روی نوموگرام در تقاطع  $L_1$  و  $(|\mu_1 - k| * \sqrt{n}) / \sigma$  بخوانید.  
 د) مقدار  $L_1$  را در این تقاطع بخوانید (در صورت نیاز درون یابی کنید).  
 ه) با استفاده از اطلاعات به دست آمده، فاصله تصمیم را محاسبه کنید.

#### ا) حجم نمونه معلوم نیست

- الف) مقادیر A.R.L ها را برای هر دو سطح قابل قبول و غیر قابل قبول تعیین کنید.  
 ب) از روی نوموگرام در محل تقاطع A.R.L ها مقادیر زیر را بخوانید:  
 $(h \times \sqrt{n}) / \sigma$  و  $(|\mu_1 - k| \times \sqrt{n}) / \sigma$ .  
 ج) حجم نمونه ( $n$ ) را محاسبه کنید.  
 د) فاصله تصمیم ( $h$ ) را به دست آورید.

مثال ۱ - میانگین اسمی فرآیندی ۵ واحد است. هنگامی که فرآیند در این سطح تولید می کند تحت کنترل آماری است. احتمال خطا را ۱ به ۵۰۰ h در نظر می گیریم. اگر میانگین به ۵/۲ واحد افزایش یابد، مایلیم تا این افزایش میانگین را بطور متوسط در ۵ h کشف کنیم. پراکندگی کیفیت در این فرآیند  $N(5/0, 0/2304)$  است. نمونه ها به صورت منظم و هر ساعت یک بار برداشت می شوند. حجم نمونه را برای حصول این میزان کنترل محاسبه کنید.

$L_0 = 500$	A.R.L جهت کشف در A.Q.L
$\mu_0 = 5/0$	سطح کیفیت قابل قبول
$\sigma = 0/48$	قابلیت پروسه
$L_1 = 5/0$	A.R.L جهت کشف در R.Q.L
$\mu_1 = 5/2$	سطح کیفیت غیر قابل قبول
$k = \frac{\mu_0 + \mu_1}{2} = \frac{5/0 + 5/2}{2} = 5/1$	ارزش مرجوع

حال از روی نوموگرام و با دانستن  $L_0$  و  $L_1$  مقادیر زیر را به دست می آوریم

$$\frac{(h \times \sqrt{n})}{\sigma} = 3/15$$

$\Rightarrow L_1 = 5$  و  $L_0 = 500$  در تقاطع

$$\frac{(|\mu_1 - k| \times \sqrt{n})}{\sigma} = 0/72$$

بنابراین حجم نمونه برابر است با

$$\sqrt{n} = \frac{0/72 \times 0/48}{0/1} = 3/45 \Rightarrow n \approx 12$$

و نیز فاصله تصمیم برابر است با

$$h = \frac{3/15 \times 0/48}{\sqrt{12}} = 0/48 \quad \text{واحد کیو سام}$$



حال با دانستن مؤلفه های سیستم کنترل، جهت حفظ کنترل هر ساعت یک بار نمونه ای ۱۲ تایی از خط تولید برداشته، مقدار کیوسام را در ازای آن نمونه محاسبه نموده و در صورت افزایشی بودن آن، مقدار جاری  $h$  را نیز به دست می آوریم. هر زمان  $h$  به دست آمده از  $۰/۴۸$  تجاوز کرد، فرآیند تولیدی را برای ردیابی و رفع نقص متوقف می کنیم. برای آن که تأثیر تغییر سطح کیفیت غیر قابل قبول را بر روی مؤلفه های سیستم کنترل بهتر درک کنیم، سیستم کنترل را برای فرآیند تولیدی فوق با  $\mu_1 = ۰/۴$  برقرار می کنیم. داریم

$L_1 = ۵۰۰$	A.R.L جهت کشف در
$\mu_1 = ۰/۰$	سطح کیفیت قابل قبول
$\sigma = ۰/۴۸$	قابلیت فرآیند
$L_1 = ۵/۰$	A.R.L جهت کشف در
$\mu_1 = ۰/۴$	سطح کیفیت غیر قابل قبول
$k = \frac{\mu_0 + \mu_1}{۲} = \frac{۰/۰ + ۰/۴}{۲} = ۰/۲$	ارزش مرجوع

از قسمت قبل می دانیم که

$$\frac{(h \times \sqrt{n})}{\sigma} = ۳/۱۵$$

$\Rightarrow L_1 = ۵$  و  $L_2 = ۵۰۰$  در تقاطع

$$\frac{(|\mu_1 - k| \times \sqrt{n})}{\sigma} = ۰/۷۲$$

بنابراین حجم نمونه برابر است با

$$\sqrt{n} = \frac{۰/۷۲ \times ۰/۴۸}{۰/۲} = ۱/۷۳ \Rightarrow n \approx ۳$$

و نیز فاصله تصمیم برابر است با

$$h = \frac{۳/۱۵ \times ۰/۴۸}{\sqrt{۳}} = ۰/۸۹ \quad \text{واحد کیوسام}$$

بنابراین برای حفظ کنترل در شرایط جدید که میانگین دچار تغییرات عمده تری گردیده، حجم نمونه به ۳ کاهش می یابد.

مثال ۲ - نمونه هایی ۴ تایی هر ساعت یک بار از خط تولیدی برداشت می شود. این فرآیند کالاهایی را با قطر اسمی ۱۰ میلی متر تولید می کند. قابلیت فرآیند این سیستم ۰/۰۲ میلی متر است. در صورت افزایش میانگین به ۱۰/۰۲ میلی متر، این تغییر بایستی کشف گردد. سطح کنترل قابل دستیابی را بررسی کنید.  
در این جا کنترل قابل حصول را تحت دو سیستم کنترل شوهارت و کیوسام با یکدیگر مقایسه می کنیم. ابتدا سیستم کیوسام را بر قرار می کنیم. داریم

$L_1 = 500$	A.R.L جهت کشف در A.Q.L
$\mu_0 = 10/0$	سطح کیفیت قابل قبول
$\sigma = 0/02$	قابلیت فرآیند
$n = 4/0$	حجم نمونه
$\mu_1 = 10/02$	سطح کیفیت غیر قابل قبول

$$k = \frac{\mu_0 + \mu_1}{2} = \frac{10/0 + 10/02}{2} = 10/01 \quad \text{ارزش مرجوع}$$

$$L_1 = ?$$

در محل تلاقی

$$\frac{(|\mu_1 - k| \times \sqrt{n})}{\sigma} = \frac{(10/02 - 10/01) \times \sqrt{4}}{0/02} = 1/00$$

و  $L_1 = 500$  از نمودگرام مقادیر  $L_1 = 3$  و  $(h \times \sqrt{n}) / \sigma = 2/3$  به دست می آید.

بنابراین

$$h = \frac{2/3 \times 0/02}{\sqrt{4}} = 0/023 \quad \text{واحد کیوسام}$$

لذا روش کیوسام افزایش میانگین به  $10/02$  میلی متر را بطور متوسط در ۳ نمونه کشف می کند. حال چنانچه محاسبات فوق را برای افزایش میانگین به  $10/01$  میلی متر تکرار کنیم، ملاحظه خواهیم کرد که این تغییر بطور متوسط در ۱۰ نمونه قابل کشف خواهد بود. آیا اگر سیستم کنترل شوهارت را برقرار می کردیم، برای کشف تغییرات باز هم به همین تعداد نمونه نیاز داشتیم؟ ابتدا سیستم کنترل شوهارت را برقرار می کنیم. داریم

$$\text{حدود عمل} \quad 10 \pm 3/09 \times \frac{0/02}{\sqrt{4}} = 10 \pm 0/0309 \approx 10 \pm 0/03$$

حال چنانچه میانگین به  $10/01$  تغییر یابد، احتمال قرار گرفتن نقطه ای خارج از حدود عمل به صورت زیر محاسبه می شود

$$u_1 = \frac{(10/03 - 10/01) \times \sqrt{4}}{0/02} = 2/0 \Rightarrow \alpha = 0/02275$$

$$u_2 = \frac{(9/7 - 10/01) \times \sqrt{4}}{0/02} = -4/0 \Rightarrow \alpha \approx 0$$

پس

$$\text{A.R.L} = \frac{1}{0/02275 + 0} \approx 44$$

به این ترتیب متوسط نمونه لازم جهت کشف افزایش  $0/01$  در میانگین فرآیند تولیدی تحت کنترل سیستم شوهارت حدوداً ۴ برابر متوسط نمونه در سیستم کنترل کیوسام است. در فصل بعدی این دو سیستم کنترل را تحت شرایط یکسان با یکدیگر مقایسه خواهیم کرد. مثال ۳- برای تشریح بهتر عملکرد سیستم کیوسام و استفاده از معیار فاصله تصمیم (h) برای کنترل تغییرات، از یک توزیع نرمال با پارامترهای  $\mu = 0$  و  $\sigma = 2/0$ ، ۱۵ نمونه ۴ تایی برداشته ایم. متعاقباً میانگین توزیع را به  $1/0$  افزایش داده و ۱۵ نمونه دیگر برداشته ایم. نتایج حاصل از این نمونه برداری در جدول ۶-۱ آمده است.

جدول ۶-۱

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
میانگین	-۱/۰۴	۰/۰۹	۰/۳۲	-۱/۲۸	۱/۱۰	-۱/۳۱	۱/۱۵	-۰/۰۷	۰/۶۷	۱/۰۰
کیوسام	-۱/۵۴	-۱/۹۵	-۲/۱۳	-۳/۹۱	-۳/۳۱	-۵/۱۲	-۴/۴۷	-۵/۰۴	-۴/۸۷	-۴/۳۷
فاصله تصمیم	۰	۰	۰	۰	۰/۶۰	۰	۰/۶۵	۰	۰/۲۵	۰/۷۵
شماره نمونه	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
میانگین	۰/۳۱	-۱/۲۷	-۰/۰۵	۰/۷۲	-۲/۱۲	۱/۳۹	۰/۲۰	۱/۵۷	-۱/۰۰	۲/۷۰
کیوسام	-۴/۵۶	-۶/۳۳	-۶/۸۸	-۸/۱۰	-۱۰/۷۲	-۹/۸۳	-۱۰/۱۳	-۹/۰۶	-۱۰/۵۶	-۸/۳۶
فاصله تصمیم	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۸۹	۰	۱/۶۶	۰	۲/۳۶
شماره نمونه	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰
میانگین	۰/۳۲	۱/۸۴	۰/۵۲	۰/۴۲	۱/۵۶	۱/۱۳	۱/۵۶	۰/۸۹	۱/۴۹	-۱/۲۹
کیوسام	-۸/۵۴	-۷/۲۰	-۷/۱۸	-۷/۲۶	-۶/۲۰	-۵/۵۷	-۴/۵۱	-۴/۰۳	-۳/۰۴	-۴/۸۳
فاصله تصمیم	۰	۳/۵۲	۳/۵۴	۰	۴/۵۲*	۵/۰۵	۶/۱۱	۶/۵۹	۷/۵۸	۵/۷۹

حال سیستم کنترل کیوسام را برای این فرآیند برقرار می کنیم، داریم

$$L_1 = 500 \quad \text{A.R.L جهت کشف در A.Q.L}$$

$$\mu_0 = 0/0 \quad \text{سطح کیفیت قابل قبول}$$

$$\sigma = 2/0 \quad \text{قابلیت فرآیند}$$

$$\mu_1 = 1/0 \quad \text{سطح کیفیت غیر قابل قبول}$$

$$k = \frac{\mu_0 + \mu_1}{2} = \frac{0/0 + 1/0}{2} = 0/5 \quad \text{ارزش مرجوع}$$

$$n = 4 \quad \text{حجم نمونه}$$

$$L_1 = ? \quad \text{A.R.L جهت کشف در R.Q.L}$$

از روی نوموگرام و در محل تلاقی

$$\frac{(|\mu_1 - k| \times \sqrt{n})}{\sigma} = \frac{(1 - 0.5)\sqrt{4}}{2} = 0.5 \quad \text{و} \quad L_1 = 500$$

مقادیر زیر را می خوانیم

$$\frac{(h \times \sqrt{n})}{\sigma} = 4/40 \quad \text{و} \quad L_1 = 10$$

بنابراین فاصله تصمیم  $h = (4/40 \times 2/0) / \sqrt{4} = 4/4$  و متوسط نمونه لازم جهت کشف تغییر میانگین، ۱۰ نمونه می باشد.

مقادیر محاسبه شده کیوسام و فاصله تصمیم برای هر نمونه در جدول ۶-۱ آمده است. همان طوری که انتظار می رفت و در جدول نیز مشهود است، فاصله تصمیم محاسبه شده در نمونه دهم از میزان معیار تعیین شده برای فاصله تصمیم فراتر رفته و باعث کشف تغییر میانگین، گردیده است.

### ۶-۴-۲ برقراری سیستم کنترل کیوسام (مقیاس کیفی)

برای برقراری سیستم کنترل کیوسام وقتی مقیاس کیفیت وصفی است لازم است تا هردو سطح کیفیت قابل قبول و غیر قابل قبول را تعریف کنیم. متغیرهای زیر را برای این منظور تعریف می کنیم

$P_1 =$  سطح کیفیت قابل قبول

$P_2 =$  سطح کیفیت غیر قابل قبول

$n =$  حجم نمونه

$L_1 = A.R.L$  لازم جهت کشف تغییر در  $P_1$

$L_2 = A.R.L$  لازم جهت کشف تغییر در  $P_2$

جدول (د-۹) از پیوستار د داده های لازم برای برقراری سیستم کنترل را در رابطه با متغیرهای کیفی ارائه می دهد. این جدول با استفاده از توزیع بواسون با میانگینهای  $m_1 = n \times P_1$  و  $m_2 = n \times P_2$  به دست آمده است. چگونگی برقراری سیستم کنترل به مشخص بودن یا مشخص نبودن حجم نمونه بستگی دارد.

### الف) حجم نمونه مشخص است

۱- مقدار  $m_1 = n \times P_1$  را حساب کنید.

۲- با استفاده از جدول (د-۹) برای نزدیکترین مقدار  $m_1$ ، مقادیر  $m_2$  و فاصله تصمیم (h) و ارزش مرجوع (k) درازای مقادیر مختلف  $L_1$  را استخراج کنید.

### ب) حجم نمونه مشخص نیست

۱- مقادیر  $(L_1)$  و  $(P_2)$  را معین کنید.

$$۲- نسبت  $R = \frac{m_2}{m_1} = \frac{n \cdot P_2}{n \cdot P_1} = \frac{P_2}{P_1}$  را محاسبه کنید.$$

۳- با استفاده از جدول (د-۹) و با توجه به R در  $L_1$  مورد نظر، مؤلفه های طرح را استخراج کنید. اگر R در جدول (د-۹) نبود، طرح کنترل ارائه شده عملی نیست، و لذا باید یا سطح کیفیت غیر قابل قبول و یا  $L_1$  را تغییر داد.

۴- با توجه به سطح کیفیت غیر قابل قبول و یا  $L_1$  تغییر یافته، مراحل ۲ و ۳ را تکرار کنید.

مثال ۱ - نمونه های ۱۰۰ تایی از یک فرآیند تولیدی انبوه برداشت می شوند. سطح کیفیت قابل قبول ۲ درصد نامرغوبی است. سیستم کنترل کیوسام را برقرار کنید.

$$P_1 = 0/02 \quad \text{سطح کیفیت قابل قبول}$$

$$n = 100 \quad \text{حجم نمونه}$$

بنابراین میانگین نامرغوبی در هر نمونه در سطح کیفیت قابل قبول برابر است با

$$m_1 = n \times P_1 = 100 \times 0/02 = 2$$

مؤلفه های طرح کنترل از جدول (د-۹) و با توجه به  $m_1 = 2/0$  و  $n_1 = 500$  برابر است با:

$$\text{به ازای } m_1 = 1/96, \text{ داریم } h = 6 \text{ و } k = 3$$

حساسیت این طرح کنترل در کشف تغییرات گوناگون میانگین فرآیند نیز در جدول (د-۹) آمده است. جدول زیر حساسیت این سیستم را بطور خلاصه نشان می دهد.

متوسط نمونه لازم جهت کشف ( $L_1$ )	افزایش میانگین فرآیند به
۲	۷/۱۰
۴	۴/۷۴
۵	۴/۳۰
۶	۴/۰۵
۸	۳/۷۰
۹	۳/۶۰
۱۰	۳/۵۰

آیا سیستم کنترل شوهارت در شرایط یکسان، از کارایی سیستم کنترل فوق برخوردار خواهد بود؟ برای پاسخ به این سؤال سعی می کنیم تا سیستم کنترل شوهارت را تحت شرایط یکسان برقرار نموده و سپس A.R.L های لازم جهت کشف تغییرات را محاسبه و با جدول فوق مقایسه کنیم. برای آن که مقایسه تحت شرایط یکسان صورت گیرد، حد عمل در سیستم شوهارت را باید برای خطای  $\frac{1}{500}$  در نظر بگیریم. می دانیم  $m_1 = 2/0$ ، لذا با استفاده از جدول توزیع پواسون در می یابیم که حد عمل ۷ کالای نامرغوب است. کارایی این سیستم

به منظور کشف تغییرات پیشگفته به شرح جدول زیر است :

متوسط نمونه لازم جهت کشف ( L <sub>1</sub> )	افزایش میانگین فرآیند به
۲/۵	۷/۱۰
۹/۶	۴/۷۴
۱۴/۰	۴/۳۰
۱۷/۰	۴/۰۵
۲۸/۰	۳/۷۰
۳۱/۰	۳/۶۰
۳۷/۰	۳/۵۰

مقایسه دو جدول فوق نشان می دهد که بجز موردی که در آن میانگین از ۲/۰ به ۷/۱ تغییر عمده ( افزایش یافته، در دیگر موارد سیستم کنترل کیوسام نسبت به سیستم کنترل شوهارت از کارایی بالاتری برخوردار است.

مثال ۲ - هر ماه یک نمونه ۲۰۰ تایی از گزارشات تایپ شده اداری مورد بررسی قرار می گیرد. ریاست اداره مایل است تا خطاهای حروف چینی را در حد ۲ درصد حفظ نماید. سیستم کنترل کیوسام را برقرار نموده و حساسیت آن را در قبال تغییرات بررسی کنید.

$$P_1 = 0.02, \quad n = 200, \quad L_1 = 500$$

بنابراین

$$m_1 = n \times P = 200 \times 0.02 = 40$$

با استفاده از جدول (د-۹) و با در نظر گرفتن  $m_1 = 3/89$  ( نزدیکترین مقدار به  $m_1 = 40$  ) سیستم کنترل کیوسام با مؤلفه های زیر برقرار می گردد:

$$h = 6 \quad \text{فاصله تصمیم}$$

$$k = 6 \quad \text{ارزش مرجوع}$$



این سیستم کنترل می تواند به عنوان مثال افزایش میانگین به  $7/50$  را بطور متوسط در ۵ نمونه کشف نماید.

مثال ۳ - نمونه های ۲۰۰ تا بی هر ساعت یک بار از خط تولیدی برداشت شده است. کالای نامرغوب در هر نمونه شمارش شده و به شرح جدول زیر است:

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱-۱۰	۱	۰	۲	۳	۱	۰	۰	۲	۱	۰
۱۱-۲۰	۰	۱	۱	۰	۵	۲	۱	۰	۰	۱
۲۱-۲۵	۰	۳	۲	۱	۰					

قبل از آن که سیستم کنترل کیوسام را برقرار کنیم، باید از تحت کنترل بودن فرآیند در جریان نمونه برداری مطمئن شویم. برای این منظور آزمون زیر را بررسی می کنیم

$H_0$  = فرآیند تحت کنترل است

$H_1$  = فرآیند تحت کنترل نیست

با توجه به تعداد نامرغوبی در نمونه های فوق، میانگین نامرغوبی در نمونه  $1/0.8$  خواهد بود، لذا:

نامرغوبی	۰	۱	۲	۳	۴	۵	جمع
توزیع حقیقی	۱۰	۸	۴	۲	۰	۱	۲۵
توزیع احتمال	$0/3329$	$0/3661$	$0/2014$	$0/0739$	$0/0203$	$0/0054$	$1/00$
مورد انتظار	$8/32$	$9/15$	$5/035$	$1/847$	$0/507$	$0/135$	$25/0$

$$\chi^2 = \frac{(10 - 8/3)^2}{8/3} + \frac{(8 - 9/15)^2}{9/15} + \frac{(4 - 5/24)^2}{5/24}$$

$$= 0/35 + 0/24 + 0/02 = 0/61$$

از جدول توزیع مجذور کما داریم  $\chi^2 = 3/841$  (وقتی  $\alpha = 0/05$  و  $\nu = 1$ ). لذا دلیل کافی برای رد فرض  $H_0$  در دست نداریم. بنابراین قابلیت فرآیند واقعی این سیستم تولیدی  $0/55 = 100 \times \frac{1/1}{400}$  درصد نامرغوبی می باشد. حال برای برقراری سیستم کنترل کیوسام به جدول (د-۹) مراجعه و از ردیف  $m_1 = 1/05$  (نزدیکترین مقدار به میانگین نامرغوبی در نمونه را وقتی فرآیند در سطح کیفیت قابل قبول تولید می کند، یعنی  $1/08$ ) مؤلفه های سیستم کنترل را استخراج می کنیم. داریم

$$h = 4, \quad k = 2$$

جدول (د-۹) همچنین نشان می دهد که این طرح کنترل تغییر میانگین فرآیند به  $1/41$  درصد نامرغوبی را بطور متوسط در ۵ نمونه کشف خواهد نمود.

مثال ۴ - می دانیم قابلیت فرآیند سیستمی  $0/55$  درصد نامرغوبی است. می خواهیم یک سیستم کنترل برقرار کنیم که بتواند افزایش میانگین به  $0/9$  درصد نامرغوبی را بطور متوسط در ۴ نمونه کشف نماید. مطلوبست تعیین حجم نمونه لازم برای این سیستم کنترل.

$$P_2 = 0/0090 \quad \text{سطح کیفیت غیر قابل قبول}$$

$$P_1 = 0/0055 \quad \text{سطح کیفیت قابل قبول}$$

$$L_1 = 4$$

$$n = ?$$

$$R = \frac{P_2}{P_1} = \frac{0/0090}{0/0055} \approx 1/64$$

اکنون با استفاده از جدول (د-۹) برای  $R = 1/6$  (نزدیکترین مقدار به  $1/64$ ) داریم

$$m_1 = n * P_1 = 9/00, \quad m_2 = 14/59, \quad h = 12, \quad k = 11$$

به این ترتیب حجم نمونه برابر است با

$$n = \frac{9/00}{0/0055} = 1636$$

در حقیقت سطح کیفیت غیر قابل قبولی که بطور متوسط با ۴ نمونه ۱۶۳۶ تایی قابل کشف است، برابر با  $R.Q.L = \frac{14/59}{1636} = 0/0089$  ، یا ۰/۸۹ درصد نامرغوبی است.

حال تأثیر تغییر سطح کیفیت غیر قابل قبول به ۱/۵ درصد نامرغوبی را بررسی می کنیم. برای این منظور مؤلفه های سیستم کنترل را از جدول با در نظر گرفتن  $L = 4$  و  $R = \frac{0/0150}{0/0055} = 2/73$  به دست می آوریم. داریم

$$h = 4 \quad , \quad k = 3 \quad , \quad m_1 = 1/52$$

پس حجم نمونه برابر است با

$$n = \frac{1/520}{0/0055} = 276/4$$

## تمرینها

۱. نمونه های ۹ تایی هر نیم ساعت یک بار از خط تولیدی برداشت می شود. فرآیند تولیدی قادر است تا کالا را با قطر اسمی ۲۰ و قابلیت فرآیند ۰/۰۲ میلی متر تولید نماید. چنانچه قطر کالا به ۲۰/۲۲ میلی متر افزایش یابد، فرآیند خارج از کنترل قلمداد می شود. اولاً سیستم کنترل کیوسام را برقرار نموده و ثانیاً در صورت دو برابر شدن حجم نمونه در مورد حساسیت سیستم بحث کنید.

۲. مطلوبیت برقراری سیستم کنترل کیوسام برای فرآیندی که دارای مشخصه های زیر است. میانگین فرآیند ۱۰۰ میلی متر، قابلیت فرآیند سیستم ۱ میلی متر، سطح کیفیت

غیر قابل قبول ۱۰۱ میلی متر، و متوسط نمونه لازم برای کشف تغییر در دو سطح قابل قبول و غیر قابل قبول به ترتیب ۵۰۰ و ۵ است.

۳. کارخانه شیر پاستوریزه‌ای تصمیم گرفته است تا کیفیت کره های قالبی خود را که دارای وزن اسمی ۲۵۰ گرم می باشند، با سیستم کیوسام کنترل نماید. قابلیت فرآیند سیستم بسته بندی این کارخانه ۱۰ گرم است. در ۱۰ روز گذشته نمونه های ۴ تایی از خط تولید برداشته شده و میانگین وزن آنها مطابق جدول زیر ثبت گردیده است:

روز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
میانگین وزن	۲۵۰	۲۵۲	۲۵۳	۲۵۰	۲۵۱	۲۵۵	۲۵۸	۲۵۶	۲۵۸	۲۶۱

اولاً این سیستم کنترل را برقرار کنید. ثانیاً تحت کنترل بودن فرآیند بسته بندی را در روزهای گذشته بررسی نمایید. ثالثاً متوسط نمونه لازم جهت کشف افزایش ۴ درصد در وزن بسته ها را محاسبه کنید.

۴. در اول مهر ۱۳۷۴، کارخانه جدید الاحداثی اقدام به برقراری سیستم کنترل کیوسام می نماید. ابتدا ۳۰ نمونه ۲۰۰ تایی از خط تولید بر می دارد. پراکندگی نامرغوبی در این نمونه ها به شرح جدول زیر است:

۴	۰	۲	۳	۲	۳	۴	۱	۳	۲
۰	۱	۲	۳	۱	۴	۰	۳	۲	۱

سیستم کنترل را برقرار نموده و در باره حساسیت آن توضیح دهید.  
در ۲۷ مهر ۱۳۷۴ و پس از برقراری سیستم کنترل کیوسام، تعداد ۲۵ نمونه هم حجم دیگر از خط تولید برداشته شد. پراکندگی نامرغوبی در این نمونه ها مطابق جدول زیر است:

۲	۴	۳	۰	۴	۳	۲	۵	۴	۴	۴	۵	۰	۳	۲
۴	۳	۷	۵	۶	۴	۶	۷	۸	۶					

آیا سیستم تولیدی هنوز تحت کنترل آماری است؟ چرا؟

۵. می خواهیم در یک فرآیند تولیدی که سطح استاندارد نامرغوبی در آن  $1/5$  درصد است، سیستم کنترل کیوسام را به نحوی برقرار کنیم که بتواند افزایش نامرغوبی به سطح  $3/6$  درصد را در ۴ نمونه کشف کند. اولاً سیستم کنترل را برقرار کنید، ثانیاً ۱۰ نمونه زیر را تحت سیستم برقرار شده آزمایش کنید و ثالثاً حساسیت سیستم را در ازای دوبرابر کردن حجم نمونه بررسی نمایید.

تعداد نامرغوبی در نمونه ۵ ۶ ۴ ۵ ۴ ۵ ۳ ۴ ۲ ۳

۶. ۱۰ نمونه ۴ تایی هر نیم ساعت یک بار از خط تولید یک کارخانه پیچ و مهره سازی که قادر به تولید ۱۰۰ پیچ در هر ساعت است، برداشت شده است. طول پیچها بر حسب میلی متر مطابق جدول زیر است:

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱۰	۱۰	۹	۱۰	۸	۹	۱۱	۸	۱۰	۱۲
۱۱	۸	۱۰	۷	۱۲	۱۱	۱۰	۷	۱۰	۹
۹	۱۰	۸	۱۱	۹	۱۰	۸	۱۲	۱۱	۱۰
۱۱	۹	۱۱	۱۰	۱۱	۱۰	۱۲	۱۱	۹	۱۱

ضمناً می دانیم که طول اسمی پیچها  $9/75$  میلی متر است.

الف) سیستم کنترل کیوسام را برقرار کنید.

ب) چنانچه طول پیچها به  $10/30$  میلی متر افزایش یابد، آنگاه سیستم کنترل باید این تغییر را کشف نماید. حساسیت سیستم را بررسی کنید.

ج) اگر سیستم کنترل شوهارت را برقرار کرده بودیم، سیستم کنترل از چه حساسیتی برخوردار بود؟

د) چنانچه هر پیچ نامرغوبی که تولید می شود برای کارخانه ۱۰ ریال هزینه در برداشته

باشد. کدام سیستم و با چه میزان هزینه نامرغوبی کمتری را ایجاد می کند؟  
 ۷. جدول زیر تعداد حوادث به وقوع پیوسته در هر ماه طی سال گذشته را در یک کارخانه نشان می دهد. مطلوبست برقراری سیستم کنترل کیوسام برای این کارخانه.

ماه / سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۰
۱	۳	۲	۵	۲	۳	۶	۰	۴	۲	۳	۱	۴
۲	۴	۲	۲	۱	۲	۵	۰	۲	۴	۵	۴	۲
۳	۴	۳	۱	۸	۳	۴	۳	۴	۴	۲	۳	۳

۸. کارخانه دیجیتال اخیراً تولید قطعات الکترونیکی را شروع نموده است. در هفته دوم تولید، ۲۵ نمونه ۱۰۰ تایی از قطعات برداشت شده و قطعات نامرغوب در هر نمونه به شرح جدول زیر ثبت شده است:

۴	۶	۲	۵	۳	۶	۰	۲	۴	۲	۳	۰	۵
	۳	۳	۴	۲	۱	۰	۵	۲	۱	۳	۴	۲

به عنوان کارشناس آمار از بین سیستمهای کنترل در حین تولید، سیستمی را برای کارخانه برقرار نمایید که در صورت خارج شدن فرآیند از کنترل، موجب تولید کالای نامرغوب کمتری گردد.

۹. از یک فرآیند تولیدی که قابلیت فرآیندش  $0/4$  بوده و قادر به تولید کالایی با وزن اسمی ۷۵ گرم می باشد، نمونه های ۴ تایی برداشت می شود. سیستم کنترل کیوسام را به قسمی برقرار کنید که بتواند افزایش  $0/8$  درصد در وزن بسته ها را کشف نماید. پس از برقراری سیستم کنترل، حجم نمونه ها را سه برابر می کنیم. حال افزایش وزن کالا را به صورت مضربی از  $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  به شیوه ای تعیین کنید که بتوان آن را در همان تعداد نمونه کشف کرد.

## فصل هفتم

### مقایسه سیستمهای کنترل شوهارت و کیوسام

#### ۱-۲ مقدمه

در این فصل دو روش کنترل آماری شوهارت و کیوسام را از نظر کارایی با یکدیگر مقایسه می‌کنیم. معیار کارایی را متوسط نمونه لازم تا کشف تغییر در میانگین فرآیند در نظر می‌گیریم. برای مقایسه تحت شرایط یکسان، لازم است تا متوسط نمونه لازم جهت کشف تغییر در سطح کیفیت قابل قبول را (L.C.) در هر دو سیستم یکسان در نظر بگیریم. سیستم کنترل کیوسام اساساً آزمونی یک طرفه است که معمولاً جهت کشف افزایش در میانگین فرآیند تولیدی به کار می‌رود. سیستم کنترل شوهارت را نیز بر همین اساس با سیستم کنترل کیوسام مقایسه می‌کنیم. بنابراین حدود عمل در سیستم کنترل شوهارت را در  $\pm 2/88 \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  میانگین، به جای  $\pm 3/09 \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  میانگین قرار می‌دهیم.

#### ۲-۲ مقایسه دو سیستم در کنترل متغیرهای کمی

مثال زیر محاسبه های لازم را به منظور مقایسه دو سیستم نشان می‌دهد:

مثال - در یک سیستم تولیدی که در آن  $\sigma = 1/5$ ،  $n = 9$  و  $10/0 = \mu$ ، اگر میانگین به  $10/9$  افزایش یابد و سیستم کنترل نیز شوهارت باشد، بطور متوسط چند نمونه برداریم تا این افزایش میانگین را کشف کنیم؟

$$\text{انحراف از میانگین} = (10/9 - 10/0) = 0/9$$

$$\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{1/5}{\sqrt{9}} = 0/5$$

بنابراین انحراف از میانگین فرآیند بر حسب مضربی از  $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  برابر است با  $1/8 = 0/9$ .  
 حال احتمال قرار گرفتن نقطه‌ای را در خارج از حد عمل به صورت زیر به دست می‌آوریم  
 (از جدول نرمال)  $\alpha = 0/1401 \rightarrow \alpha = 1/08 \rightarrow \alpha = \frac{2/88 \times \sigma / \sqrt{n} - 1/8 \times \sigma / \sqrt{n}}{\sigma / \sqrt{n}}$

$$\text{بنابراین} \quad \text{A.R.L.} = \frac{1}{0/1401} = 7/14$$

اکنون سعی می‌کنیم تا ابتدا سیستم کنترل کیوسام را برقرار کنیم و سپس متوسط نمونه لازم جهت کشف تغییر را به دست آوریم. برای این منظور داریم

$$n = 9, \quad \mu_1 = 10/9, \quad \sigma = 1/5, \quad \mu_0 = 10/0, \quad L_1 = 500$$

$$k = \frac{\mu_0 + \mu_1}{2} = \frac{10/0 + 10/9}{2} = 10/45 \quad \text{ارزش مرجوع}$$

$$\frac{(|\mu_1 - k| \times \sqrt{n})}{\sigma} = \frac{(|10/90 - 10/45| \times \sqrt{9})}{1/5} = 0/9$$

از روی نمودار و با دانستن  $L_1 = 500$  و  $0/9 = \frac{(|\mu_1 - k| \times \sqrt{n})}{\sigma}$  مقدار  $L_1 = 3/75$  را استخراج می‌کنیم.

دو سیستم کنترل را چنان که گفته شد بر اساس کارایی نسبی آنها در کشف افزایش میانگین با یکدیگر مقایسه می‌کنیم. کارایی نسبی را به صورت زیر تعریف می‌کنیم

$$(E) = \frac{\text{زمان سپری شده تا کشف تغییر در سیستم شوهارت}}{\text{زمان سپری شده تا کشف تغییر در سیستم کیوسام}}$$



یا

$$(E) = \frac{\text{A.R.L در سیستم شوهارت}}{\text{A.R.L در سیستم کیوسام}}$$

جدول ۱-۷ A.R.L های مورد نیاز هر سیستم کنترل جهت کشف افزایش میانگین از  $\sigma \times \frac{2}{\sqrt{n}}$  را نشان می دهد. کارایی نسبی دو سیستم کنترل نیز محاسبه و در جدول آمده است. چنان که ملاحظه می شود، برای متغیرهای کمی، سیستم کنترل کیوسام در شرایطی که میانگین فرآیند تولیدی دچار یک افزایش نسبتاً جزئی گردد نسبت به سیستم کنترل شوهارت از کارایی بالاتری برخوردار است. در تغییرات عمده میانگین، دو سیستم از کارایی تقریباً یکسانی برخوردارند.

جدول ۱-۷

کارایی نسبی در کشف تغییرات	A.R.L برای کشف (کیوسام)	A.R.L برای کشف (شوهارت)	تغییر در میانگین فرآیند (بر حسب مضری از $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ )
۱/۰	۵۰۰	۵۰۰	۰
۹/۰۷	۳۰	۲۷۲	۰/۲
۳/۳	۳۰	۱۱۵	۰/۵
۳/۷	۹/۰	۳۳	۱/۰
۲/۴	۵/۰	۱۲	۱/۵
۱/۷	۳/۰	۵/۲	۲/۰
۱/۳	۲/۱	۲/۸	۲/۵
۱/۲	۱/۷	۲/۰	۲/۸۸

## ۷-۳ مقایسه دو سیستم در کنترل متغیرهای کیفی

عملکرد دو سیستم کنترل شوهارت و کیوسام در کنترل متغیرهای کیفی برای مقادیر مختلف  $m_1$  (از ۰/۵۱ تا ۱۰/۰) و تحت شرایط یکسان مقایسه گردیده و نتایج حاصل در جدول ۷-۲ آمده است. متوسط نمونه لازم برای کشف تغییرات تحت سیستم کیوسام، از جدول (د-۹) طبق روشی که در فصل گذشته تشریح شد، به دست آمده است. این در حالی است که متوسط نمونه لازم جهت کشف در سیستم شوهارت مستقیماً از جدول توزیع پواسون استخراج شده است. کارایی نسبی دو روش نیز طبق رابطه قبلی محاسبه شده است.

جدول ۷-۲

کیوسام $ARL=10$			کیوسام $ARL=5$			کیوسام $ARL=2$			$m_1$
$m_2$	ش ARL	E	$m_2$	ش ARL	E	$m_2$	ش ARL	E	
۱/۳	۱۲/۷	۱/۶	۱/۲	۶/۲	۲/۱۰	۱/۱۵	۲/۳	۳/۴	۰/۵۱
۱/۴	۱۴/۱	۴/۳	۱/۳	۶/۴	۵/۱۵	۱/۱۵	۲/۳	۷/۱۸	۲/۱۶
۲/۷	۲۲/۷	۵/۳	۱/۹	۹/۶	۶/۲۶	۱/۱۵	۲/۳	۹/۲۲	۳/۲۴
۲/۱۰	۱۹/۵	۶/۲	۱/۸	۸/۸	۷/۲۴	۰/۹۲	۱/۸۴	۱۰/۲۸	۳/۸۹
۲/۳۷	۲۳/۷	۹/۸	۱/۹	۹/۳	۱۱/۲۵	۰/۹۵	۱/۹۰	۱۶/۱۰۰	۷/۱۰۴
۴/۱۰	۴۰/۱۰	۱۳/۱۵	۲/۴	۱۲/۱۰۵	۱۴/۹۸	۰/۹۵	۱/۸۹	۲۱/۱۰۶	۱۰/۱۰۰

جدول فوق نتایج مشابهی از مقایسه عملکرد دو سیستم کنترل را به دست می دهد. یعنی دو سیستم در کشف تغییرات عمده تقریباً کارایی یکسانی دارند، در صورتی که در کشف تغییرات جزئی، سیستم کنترل کیوسام کارایی بیشتری دارد. به عنوان مثال وقتی  $L_1 = 2$ ، متوسط نمونه لازم در سیستم کنترل شوهارت نیز تقریباً ۲ می باشد (ستون ۳ از جدول ۷-۲ را ببینید). و این در حالی است که وقتی سیستم کیوسام بطور متوسط به ۱۰ نمونه برای کشف تغییری نیازمند است ( $L_1 = 10$ )، سیستم کنترل شوهارت به تقریباً ۴ برابر

این تعداد نیاز دارد ( ستون ۹ از جدول ۷-۲ را ببینید ).

#### ۴ - ۷ انتخاب سیستم کنترل در عمل

دیدیم که سیستم کنترل کیوسام در کشف تغییرات بوجود آمده در متغیرهای کسبی و کیفی از کارایی بیشتری برخوردار است. این بدان معناست که اگر فرآیندی از کنترل خارج شود، تا زمانی که سیستم کنترل تغییر میانگین فرآیند را معلوم کند، تعداد کالای نامرغوب کمتری تولید خواهد شد. تحت سیستم کنترل کیوسام تغییر میانگین فرآیند در فاصله زمانی کوتاهتری به وسیله سیستم کنترل کشف می گردد. بدیهی است که مؤولان کنترل کیفیت بلافاصله پس از آگاه شدن از تحت کنترل نبودن فرآیند اقداماتی جهت حذف عامل ( عاملهای ) قابل تخصیص خواهند نمود. لازم به ذکر است که علاوه بر کارایی، عوامل دیگری نیز هستند که می توانند در انتخاب سیستم کنترل کیفیت آماری در عمل تأثیر بگذارند. بدون تردید کارایی عملی هر سیستم کنترل کیفیت در گرو آشنایی و درک و فهم دست اندرکاران امر کیفیت، نسبت به آن سیستم می باشد. سیستم کنترل شوهارت نه تنها در واحدهای تولیدی و صنعتی بسادگی قابل پیاده سازی است، بلکه تجزیه و تحلیل اطلاعات آن نیز براحتی قابل انجام است. برای پیاده سازی و استفاده از سیستم کنترل شوهارت نیازی به اطلاعات پیشرفته آماری نیست. اما هم پیاده سازی و هم درک سیستم کنترل کیوسام برای دست اندرکاران تولیدی که ممکن است با مفاهیم آماری آشنایی لازم را نداشته باشند، قدری مشکل است. شاید به همین دلیل باشد که سیستم کنترل کیوسام کمتر در صنعت مورد استفاده قرار گرفته است. البته با آموزش صحیح افراد دست اندرکار کیفیت، این سیستم نیز می تواند جای خود را در صنایع باز نماید. با این وجود پیشنهاد می شود تا جهت کنترل فرآیندها از سیستم ساده تر شوهارت استفاده شود. البته سیستم کنترل کیوسام را می توان در وضعیتهای خاص ( میزان پایین تولید، هزینه بالای تولیدی و ... ) مورد استفاده قرار داد.



## فصل هشتم

### نمونه برداری برای پذیرش<sup>۱</sup>

#### ۸-۱ مقدمه

سیستمهای کنترل در حین تولید (شوهارت و کیوسام) را معمولاً در عمل با روشهای نمونه برداری ترکیب می کنند. از آن جا که هیچ یک از سیستمهای کنترل در حین تولید، به محض ایجاد تغییر قادر به کشف آن نیستند، لذا ضروری می نماید تا قبل از توزیع کالای ساخته شده از روشهای نمونه برداری به منظور ارزیابی سطح کیفیت کالای ساخته شده، استفاده کنیم. علاوه بر آن مواد خام یا قطعاتی که به عنوان ورودیهای سیستم تولیدی مورد استفاده قرار می گیرند، نیز باید قبل از به کارگیری در تولید، از طریق روشهای نمونه برداری مورد بازرسی قرار بگیرند (برای اطلاعات کلی تر در مورد روشهای نمونه برداری به پیوست ب مراجعه نمایید).

مهمترین حسن نمونه برداری صرفه جویی در هزینه هاست. اگر چه طراحی و اجرای طرحهای نمونه برداری خود هزینه ساز است، اما هزینه کمتر حاصل از بازرسی تنها بخشی از کالای موجود در توده، کاهش هزینه های بیشتر کنترل را به دنبال خواهد داشت.

نمونه برداری معمولاً در راستای هدفهای زیر صورت می گیرد:

**الف** - دسته بندی اقلام تولید شده به دو دسته مرغوب و نامرغوب.

**ب** - ارزیابی کیفیت فرآیندی که کالاها را تولید نموده است.

**ج** - ایجاد انگیزش در تولیدکننده برای کنترل دقیقتر فرآیند تولیدی به منظور تولید کالای مرغوب.

از موارد فوق، مورد (الف) فقط از طریق بازرسی صد در صد امکان پذیر است. البته باید اذعان داشت که در بازرسیهایی که افراد انجام می دهند، همیشه احتمال خطای ناشی از بازرسی کالاها یک شکل و یکنواخت وجود دارد.

هدف دوم هم از طریق بازرسی صد در صد و هم از طریق نمونه برداری قابل دست یابی است. با این وجود چنانچه هدف اصلی بازرسی، دسته بندی کالاها باشد، مسأله ارزیابی سطح کیفیت ممکن است تحت الشعاع قرار بگیرد. از این رو نمونه برداری برای این منظور غالباً بهتر است.

چنانچه تولیدکننده و یا بخش تولید بر این باور باشند که بازرسی صد درصد اقلام تولیدی، تنها به منظور دسته بندی آنهاست، دیگر برای ارتقای سطح کیفیت تولیدات خود انگیزه ای ندارند. ولی بازرسی از طریق نمونه برداری که در آن اقلام نامرغوب و یا کل توده تحت بازرسی به دلیل نامرغوب بودن به تولیدکننده یا بخش تولید برگشت داده می شوند، می تواند انگیزش لازم را در تولیدکننده برای تولید کالای مرغوبتر به وجود آورد.

به این ترتیب ملاحظه می شود که بدون در نظر گرفتن عوامل خارجی مانند هزینه، نمونه برداری بر بازرسی صد درصد برتری دارد. علاوه بر آن در عمل، عاملهای دیگری نیز وجود دارند که بازرسی از طریق نمونه برداری را اجتناب ناپذیر می نمایند. مثلاً چنانچه بازرسی کالا باعث فروپاشی اجزای مختلف آن کالا گردد، دیگر بازرسی صد درصد قابل قبول نخواهد بود. هزینه بالای بازرسی تک تک اقلام در بازرسی صد درصد نیز در مواردی غیر موجه و مانع از انجام آن می گردد.

البته نباید از یاد برد که در نمونه برداری علاوه بر شانس پذیرش اقلام نامرغوب و همچنین هزینه طراحی و اجرای طرح نمونه برداری، اطلاعات کمتری نیز از وضع تولید در مقایسه با بازرسی صد درصد حاصل می آید.

بازرسی به روش نمونه برداری را می توان هم بر مبنای کیفی بودن و هم کمی بودن

کیفیت طرح ریزی نمود. در این فصل طرحهای گوناگون نمونه برداری برای مقیاس کیفی کیفیت، مورد بررسی قرار می گیرند. در این راستا طرحهای نمونه برداری مناسب سیستمهای تولیدی دسته‌ای و پیوسته هر دو، مورد بررسی قرار خواهند گرفت. البته اشاره‌ای هر چند مختصر به طرحهای نمونه برداری برای متغیرهای کمی نیز خواهیم کرد.

### ۸ - ۲ هزینه های ناشی از عدم بازرسی، بازرسی صد درصد و نمونه برداری

در یک واحد تولیدی، پیش از آن که تولیدات کارخانه توزیع گردند، تولیدکننده سه گزینه زیر را در پیش رو دارد:

- ۱ - توده های کالا را بدون هیچ گونه بازرسی توزیع نماید.
- ۲ - توده ها را به روش نمونه برداری بازرسی نموده و سپس توزیع نماید.
- ۳ - تک تک اقلام موجود در توده ها را قبل از توزیع بازرسی نماید (بازرسی صد در صد).

چنانچه بخواهیم این سه گزینه را با یکدیگر مقایسه کنیم تا گزینه‌ای را که اجرای آن هزینه کمتری در بردارد تعیین نماییم، لازم می آید تا تابع هزینه مربوط به هر یک از سه گزینه را مشخص کنیم. برای این منظور متغیرهای زیر را تعریف می کنیم:

$N =$	حجم توده
$n =$	حجم نمونه
$P =$	در صد نامرغوبی در توده
$A =$	ضرر حاصل از پذیرش کالای نامرغوب
$I =$	هزینه بازرسی یک قلم کالا
$P_a =$	احتمال پذیرش توده

کل هزینه حاصل از پیاده سازی هر یک از سه گزینه فوق برابر است با:

هزینه	گزینه
N.P.A	توزیع بدون بازرسی
$n.I + (N - n).P.A.P_a + (- N n).(1 - P_a).I$	توزیع پس از بازرسی به روش نمونه برداری
N.I	توزیع پس از بازرسی صد درصد

چنانچه فرض کنیم که حجم نمونه نسبت به حجم توده کوچک ( $\frac{n}{N} \approx 0$ ) انتخاب می شود، آن گاه نقطه سرشکنی به صورت زیر به دست می آید که می تواند معیاری برای انتخاب یکی از سه گزینه فوق باشد.

$$P_b = \frac{I}{A}$$

اگر حدس می زنیم که نامرغوبی توده ها از  $P_b$  کمتر است، آن گاه هزینه کل با دو روش نمونه برداری یا عدم بازرسی کمتر خواهد بود. از طرف دیگر چنانچه  $P$  از  $P_b$  بزرگتر است، آن گاه بازرسی صد درصد هزینه کمتری را در بر دارد.

### ۸-۳ مفاهیم اساسی در نمونه برداری

در طرحهای نمونه برداری برای پذیرش که در این فصل بررسی می شوند، فرض کرده ایم که کالاهای تولیدی در مجموعه هایی به نام توده<sup>۱</sup> با حجم  $N$  در اختیار بازرسی قرار می گیرند، و او نمونه ای  $n$  تایی به تصادف از توده بر می دارد. سپس بازرسی اقلام نمونه را تک تک بازرسی نموده و تعداد اقلام نامرغوب نمونه را می شمارد تا بتواند آن را با حد از قبل تعیین شده ای به نام معیار پذیرش<sup>۲</sup>،  $c$  مقایسه نماید. چنانچه طرح نمونه برداری تک نمونه ای باشد، و به عبارتی سرنوشت توده بر اساس یک نمونه تعیین شود، بازرسی توده را در صورتی می پذیرد که تعداد اقلام نامرغوب نمونه کوچکتر یا مساوی  $c$  باشد، در غیر این صورت توده  $N$  تایی را رد می کند. از آن جا که پذیرش یا رد هر توده بر مبنای



وضعیت یک نمونه صورت می گیرد، و به لحاظ آن که نمونه به تصادف انتخاب می شود، احتمال آن که توده ای نسبتاً نامرغوب پذیرفته شده و یا توده ای نسبتاً مرغوب در نمونه برداری رد شود، وجود دارد. بنابراین یکی از نکات مهمی که در تعیین طرحهای نمونه برداری برای پذیرش باید مدنظر باشد، انتخاب پارامترهای طرح به گونه ای است که احتمال پذیرش توده نسبتاً نامرغوب و رد توده نسبتاً مرغوب را به حداقل ممکن برساند.

در طرحهای دیگر نمونه برداری برای پذیرش که بیش از یک نمونه از توده برداشت می شود، سرنوشت توده بر مبنای نتایج ترکیبی حاصل از نمونه های برداشت شده تعیین می گردد. لازم است تا قبل از خاتمه این بخش دو نکته را در باره توده و چگونگی تشکیل آن یادآوری کنیم. اولاً توده ها باید از اقلام همگن تشکیل شده باشند، یعنی کلیه اقلام موجود در توده باید به وسیله عوامل تولیدی ( ماشین، کارگر، مواد و ... ) یکسانی تولید شده باشند. وقتی تولیدات حاصل از منابع مختلف تولیدی در یک توده جمع می شوند، ردیابی و رفع مشکلات کیفیتی بدشواری امکان پذیر است. ثانیاً توده ها باید حتی المقدور حجیم باشند. از آن جا که معمولاً حجم نمونه ها به نسبت حجم توده ها افزایش نمی یابد، در مجموع هزینه بازرسی در ازای توده های حجیم کمتر است. برای مثال از توده ای ۲۰۰۰ تایی نمونه ای ۱۲۵ تایی انتخاب می شود. این در حالی است که از یک طرح هم قابلیت با توده ۴۰۰۰ تایی نمونه ای ۲۰۰ تایی برداشت می شود.

#### ۸-۴ مشخصه های یک طرح نمونه برداری

یک طرح نمونه برداری به وسیله مؤلفه های زیر مشخص می گردد:

- ۱ - حجم نمونه ( $n$ ).
- ۲ - معیار پذیرش ( $c$ ).
- ۳ - سطح کیفیتی از توده که پذیرش آن را در بازرسی تقریباً قطعی می سازد ( $P_1$ ).
- ۴ - سطح کیفیتی از توده که رد آن را در بازرسی تقریباً قطعی می سازد ( $P_2$ ).
- ۵ - حد میانگین کیفیت کالای خارج شده از سیستم<sup>۱</sup>.

۶ - میانگین کالای بازرسی شده به ازای هر توده (۱).

مشخصه های ۱ تا ۴ تقریباً در همه طرحهای نمونه برداری برای پذیرش وجود دارند. مشخصه های ۵ و ۶ تنها در بازرسیهایی که موجب نابودی کالا نمی شوند مطرح هستند. عبارت تقریباً قطعی در مشخصه های ۴ و ۵ بیانگر میزان احتمال پذیرش توده های نامرغوب و یا رد توده های مرغوب می باشد. مشخصه ۵، بالاترین میانگین نامرغوبی در توده هایی که از بازرسی گذشته اند را نشان می دهد. این کمیت تحت شرایط زیر محاسبه می شود:

۱ - توده هایی که در بازرسی به روش نمونه برداری رد می شوند، بازرسی صد درصد شده و کالاهای نامرغوب آن جایگزین گردند.

۲ - بازرسی صد درصد توده ها از کارایی کامل برخوردار باشد.

توده هایی که در بازرسی رد شده و متعاقباً بازرسی صد درصد می شوند، با توجه به شرایط پیشگفته دارای صفر نامرغوبی اند. از طرفی توده هایی که در بازرسی پذیرفته می شوند، ممکن است دارای اقلام نامرغوب باشند. بنابراین کالاهایی که پس از انجام بازرسی توزیع می گردند، ممکن است دارای درصدی نامرغوبی باشند. میزان این نامرغوبی به صورت زیر قابل محاسبه است. ضمناً نمودار ۸-۱ بیانگر این فرآیند است.

در صد نامرغوبی در توده  $P$  :

احتمال پذیرش توده  $P_a = 1 - P(R)$  یا  $P(A)$

احتمال رد توده  $P(R)$  :

میانگین کیفیت کالای خارج شده از سیستم بازرسی  $P \times P(A)$  :

رابطه  $P \times P(A)$  تقریبی است و به این واقعیت بستگی دارد که حجم توده در مقایسه با حجم نمونه بزرگ باشد ( $1 = \frac{N-n}{N}$ ). رابطه های لازم برای محاسبه میانگین کیفیت کالای خروجی از سیستم در شرایط جایگزینی و عدم جایگزینی به صورت زیر است:

$$A.O.Q = P \times \frac{N-n}{N} \times P_a \quad \text{با جایگزینی}$$

$$A.O.Q = N \frac{(-n) \times P \times P_a}{N - n \times P - (N - n) \times (1 - P_a) \times P} \quad \text{بدون جایگزینی اقلام نامرغوب}$$

حد میانگین کیفیت کالای خروجی از سیستم (A.O.Q.L) با بزرگترین مقدار A.O.Q که به ازای توده های مختلف و بر حسب رابطه های فوق محاسبه می شود، برابر است. مشخصه ۶ از مشخصه های یک طرح نمونه برداری، یعنی میانگین کالای بازرسی شده در هر توده، با فرض بازرسی صد درصد نمونه و توده های رد شده، برابر است با

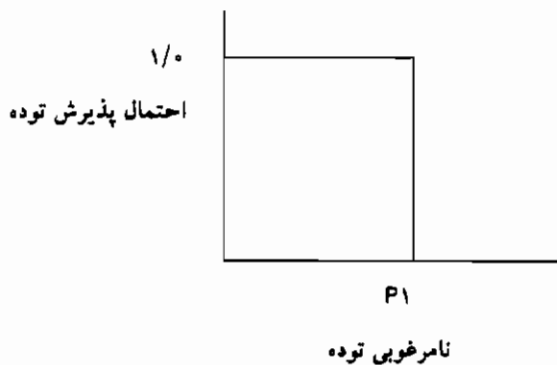
$$I = n + (N - n) \times P(R)$$



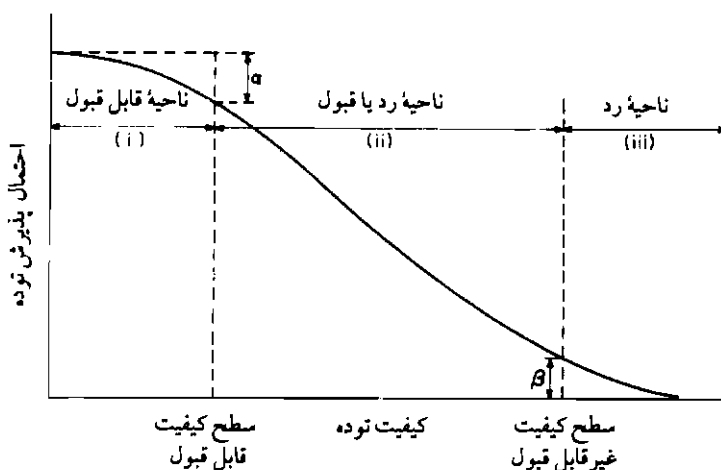
شکل ۸-۱ فرآیند طرح نمونه برداری تکی

## ۸-۵ منحنی مشخصه عملکرد یک طرح نمونه برداری

منحنی مشخصه عملکرد، توانایی یک طرح نمونه برداری را در تشخیص توده های مرغوب و نامرغوبی که جهت بازرسی می رسند، نشان می دهد. فرض کنیم سطح کیفیت قابل قبول  $P_1$  باشد، به عبارت دیگر چنانچه سطح نامرغوبی توده های تحت بررسی مساوی یا کوچکتر از  $P_1$  باشد، توده ها در بازرسی پذیرفته و در غیر این صورت رد می گردند. طرح نمونه برداری ایده آل که در آن کلیه توده هایی که نامرغوبی آنها کمتر از  $P_1$  است با احتمال ۱ پذیرفته شده و مطلقاً هیچ توده ای با نامرغوبی بیشتر از  $P_1$  پذیرفته نمی شود، دارای منحنی مشخصه عملکرد زیر است:



منحنی فوق در صورتی برقرار است که اولاً همه اقلام توده بازرسی صد درصد گردیده و ثانیاً فرآیند بازرسی نیز از کارایی کامل برخوردار باشد. در عمل منحنی مشخصه عملکرد طرحهای نمونه برداری معمولاً به صورت زیر است



با توجه به منحنی فوق داریم

$\alpha$  : احتمال رد توده هایی که از سطح کیفیت قابل قبول ( $P_1$ ) برخوردارند .

$\beta$  : احتمال پذیرش توده هایی که از سطح کیفیت غیر قابل قبول ( $P_2$ ) برخوردارند.

چنان که ملاحظه می شود، منحنی مشخصه عملکرد به سه قسمت به شرح زیر تقسیم

شده است

(i) ناحیه قابل قبول - اگر سطح کیفیت توده ای در این ناحیه قرار بگیرد، پذیرش آن تقریباً حتمی است.

(ii) ناحیه رد یا قبول - اگر سطح کیفیت توده ای در این ناحیه قرار بگیرد، پذیرش یا رد آن به شانس بستگی دارد.

(iii) ناحیه رد - اگر سطح کیفیت توده ای در این ناحیه قرار بگیرد، رد آن تقریباً حتمی است.

احتمالهای مربوط به  $\alpha$  و  $\beta$  که در مبحث نمونه برداری برای پذیرش به ترتیب ریسک تولیدکننده<sup>۱</sup> و ریسک مصرف کننده<sup>۲</sup> نامیده می شوند، معمولاً مقداری کمتر از ۱۰٪ دارند و در عمل سطوح ۱٪ و ۵٪ عموماً مورد استفاده قرار می گیرند. بدیهی است هر چه منحنی

هر چه منحنی مشخصه عملکرد طرح به منحنی طرح ایده آل نزدیکتر باشد، بهتر است. انتخاب نمونه های حجیم باعث کوچکتر شدن ناحیه رد یا قبول و در نتیجه نزدیکتر شدن منحنی طرح به منحنی ایده آل می گردد.

هر طرح نمونه برداری دارای یک منحنی مشخصه عملکرد منحصر به فرد است که با تعیین دو مشخصه از بین چهار مشخصه اول (بخش ۸-۳ را ببینید)، تعیین می گردد. به این ترتیب تعیین مقادیر  $n$  و  $\sigma$  یا  $\alpha$  و  $\beta$  باعث منحصر به فرد شدن یک طرح نمونه برداری می گردد.

چنان که گفته شد، با افزایش حجم نمونه، منحنی مشخصه عملکرد یک طرح به منحنی ایده آل نزدیکتر می شود. در واقع، منحنی ایده آل متعلق به طرحی است که در آن  $n = N$ . کاهش معیار پذیرش نیز باعث افزایش شیب منحنی مشخصه عملکرد می گردد. البته افزایش شیب منحنی در نواحی ریسک تولید کننده از شدت بیشتری برخوردار است. از این رو طرحهایی که در آن  $\sigma = 0$ ، در مورد تولید کننده قدری سختگیرانه عمل می کنند.

### ۸-۵-۱ منحنی مشخصه عملکرد نوع A و B

منحنی مشخصه عملکردی که در بخش قبلی رسم شد از نوع B است. محاسبه های لازم برای رسم این منحنی بر این فرض استوار است که توده از یک جریان پیوسته تولیدی برداشت شده، و لذا حجم توده از نظر تئوری نامتناهی است. اگرچه توزیع دقیق برای محاسبه احتمال پذیرش توده ها، توزیع دو جمله ای است، اما به دلیل ساده سازی محاسبات از توزیع پواسون که تقریب مناسبی برای توزیع دو جمله ای است، استفاده می شود. شایان توجه است که منحنیهای نوع B پیوسته هستند.

منحنیهای نوع A احتمال پذیرش توده های متناهی را به دست می دهند. احتمالهای پذیرش برای رسم این نوع منحنی با استفاده از توزیع فوق هندسی<sup>۱</sup> به دست می آیند. با افزایش حجم توده، منحنی نوع A به منحنی نوع B نزدیک شده و در صورتی که حجم توده حداقل ده برابر حجم نمونه باشد ( $n/N \leq 0.1$ )، دو منحنی تقریباً بر هم منطبق می شوند.

منحنیهای نوع A ناپیوسته هستند. هنگامی که حجم توده در مقایسه با حجم نمونه کوچک است، تفاوت مابین دو منحنی نوع A و B معنی دار بوده و لازم می آید تا منحنی نوع A رسم شود. کلیه منحنیهای مشخصه عملکرد مورد بحث در این کتاب از نوع B هستند.

### ۸-۶ طرح نمونه برداری تکی

۸-۶-۱ مقادیر  $n$  و  $c$  معلوم هستند

مثال - مطلوبست رسم منحنی مشخصه عملکرد و محاسبه مقادیر A.O.Q.L و A.O.Q برای طرحی که در آن نمونه های ۱۰۰ تایی از توده های ۱۰۰۰۰ تایی برداشت شده و در صورتی که تعداد کالای نامرغوب شمارش شده در نمونه از ۲ عدد بیشتر باشد، کل توده رد و در غیر این صورت توده پذیرفته می شود. سطح کیفیت قابل قبول توده ها ۱ درصد نامرغوبی است.

حجم نمونه  $n = 100$

سطح کیفیت قابل قبول  $p = 0.01$

میانگین نامرغوبی در نمونه ۱۰۰ تایی  $m = n \times p \rightarrow m = 100 \times 0.01 = 1$

با استفاده از جدول توزیع پواسون احتمال پذیرش توده ای با ۱ درصد نامرغوبی را به صورت زیر می توان به دست آورد

احتمال رد توده  $P(R) = P(\text{مشاهده بیش از ۲ نامرغوبی در نمونه}) = 0.0803$

احتمال پذیرش توده  $P(A) = 1 - P(R) = 1 - 0.0803 = 0.9197$

حال چنانچه فرض کنیم که سطح کیفیت قابل قبول ۵٪ در صد نامرغوبی است، آن

گاه احتمال پذیرش توده برابر خواهد بود با

میانگین نامرغوبی در نمونه ۱۰۰ تایی  $m = n \times p \rightarrow m = 100 \times 0.05 = 5$

احتمال رد توده  $P(R) = P(\text{مشاهده بیش از ۲ نامرغوبی در نمونه}) = 0.0144$

احتمال پذیرش توده  $P(A) = 1 - P(R) = 1 - 0.0144 = 0.9856$

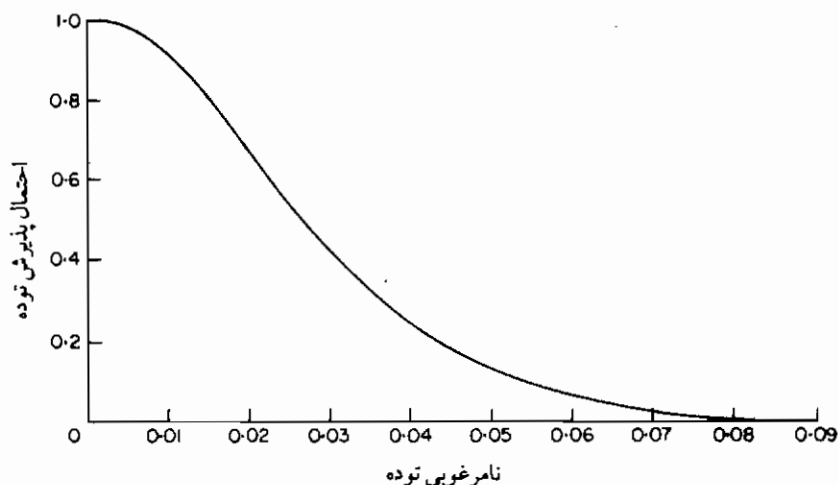
حال به روش فوق و با در نظر گرفتن توده های مختلفی که دارای میزان نامرغوبی

متفاوتی هستند، احتمال پذیرش هر یک را به دست می آوریم تا از این طریق نقاط بیشتری را

بر روی منحنی مشخصه عملکرد طرح تعیین کرده باشیم، داریم

$P = 0/02$	$\rightarrow$	$P(A) = 0/6767$
$P = 0/03$	$\rightarrow$	$P(A) = 0/4232$
$P = 0/04$	$\rightarrow$	$P(A) = 0/2381$
$P = 0/05$	$\rightarrow$	$P(A) = 0/1247$
$P = 0/06$	$\rightarrow$	$P(A) = 0/0620$
$P = 0/07$	$\rightarrow$	$P(A) = 0/0296$

با در دست داشتن نقاط فوق، منحنی مشخصه عملکرد طرح (۲، ۱۰۰، ۱۰۰۰۰) به صورت زیر رسم می شود



نقاط روی منحنی را با استفاده از جدول (د-۱۰) نیز می توان به دست آورد. در ازای مقادیر مختلف  $P(A)$  و با توجه به این که  $n$  مشخص است، در صد های نامرغوبی توده قابل محاسبه است.

#### حد میانگین کیفیت کالای خارج شده از سیستم

با توجه به جدول زیر، حد میانگین کیفیت کالای خارج شده از سیستم (AOQL) که بزرگترین مقدار AOQ می باشد، تقریباً با ۱۳۴/۰ یا ۱/۳۴ درصد نامرغوبی برابر است. بنا بر این کالاهایی که از این طرح بازرسی می گذرند، بدون توجه به کیفیت توده هایی که



برای بازرسی می رسند، بیش از ۱/۳۴ درصد نامرغوبی نخواهند داشت.

AOQ = P x P (A)	P (A)	P
۰/۰	۱/۰	۰/۰
۰/۰۰۹۲	۰/۹۲	۰/۰۱
۰/۰۱۳۴	۰/۶۷	۰/۰۲
۰/۰۱۲۶	۰/۴۲	۰/۰۳
۰/۰۰۹۶	۰/۲۴	۰/۰۴
۰/۰۰۶۵	۰/۱۳	۰/۰۵
۰/۰۰۰۸	۰/۰۱	۰/۰۸

میانگین ارقام بازرسی شده به ازای هر توده

میانگین ارقام بازرسی شده در هر توده به کیفیت آن توده بستگی دارد. برای توده‌ای که بطور متوسط دارای ۱ درصد نامرغوبی است، میانگین ارقام بازرسی شده برابر است با

$$I = n + (N - n) \times P(R)$$

وقتی  $p = ۰/۰۱$  ،  $P(A) = ۰/۹۱۹۷$  ، و  $P(R) = ۰/۰۸۰۳$  ، آن گاه

$$I = (۱۰۰ + ۱۰۰۰۰۰ - ۱۰۰) \times ۰/۰۸۰۳ = ۱۰۰ + ۷۹۵ = ۸۹۵$$

لازم به یادآوری است که این طرح به دلیل هزینه بالای بازرسی در عمل قابل قبول نخواهد بود، چرا که در صد قابل توجهی از توده (تقریباً ۹ درصد) بازرسی می شود.

۸-۶-۲ سطح کیفیت قابل قبول، حجم توده و نقطه‌ای بر روی منحنی مشخص است در این روش نمونه برداری هدف طراحی، رسیدن به طرحی است که به ازای آن

میانگین ارقام بازرسی شده در هر توده به حداقل ممکن خود برسد. این روش در ضمن مثال زیر تشریح می شود.

مثال - یک طرح نمونه برداری تکی مورد نظر است که در ازای آن اولاً توده های ۱۵۰۰ تایی که شامل ۶ درصد نامرغوبی هستند با احتمال ۱۰ درصد پذیرفته شده، و ثانیاً میانگین ارقام بازرسی شده در طرح به حداقل ممکن برسد. ضمناً سطح کیفیت قابل قبول ۱ درصد نامرغوبی است.

در ازای معیارهای پذیرش مختلف، طرحهای نمونه برداری بسیاری را می توان ارائه کرد که دارای خصوصیات پیشگفته باشند. از میان این طرحها، طرحی انتخاب می شود که میانگین ارقام بازرسی شده به ازای آن حداقل باشد. جدول زیر چگونگی تعیین مناسبترین طرح را نشان می دهد

میانگین ارقام بازرسی شده (۱)	احتمال رد در سطح قابل قبول $P(R)$	حجم نمونه (n)	میانگین نامرغوبی در نمونه (m)	معیار پذیرش (c)
۴۹۹	۰/۳۱۶	۳۸	۲/۳	۰
۲۶۴	۰/۱۳۹	۶۵	۳/۹	۱
۱۷۱	۰/۰۶۰	۸۸	۵/۳	۲
۱۵۰	۰/۰۲۷	۱۱۲	۶/۷	۳
۱۴۹	۰/۰۱۲	۱۳۳	۸/۰	۴
۱۶۲	۰/۰۰۵	۱۵۵	۹/۳	۵
۱۷۸	۰/۰۰۲	۱۷۵	۱۰/۵	۶

مقادیر  $m$  مستقیماً از جدول توزیع پواسون استخراج شده اند. به عنوان مثال وقتی  $c = ۱$ ، احتمال مشاهده ۲ کالای نامرغوب یا بیشتر در نمونه ۰/۹۰ (احتمال رد توده) می باشد. به عبارت دیگر توده ای که دارای ۶ درصد نامرغوبی است با احتمال ۱۰ درصد پذیرفته می شود. با معلوم بودن احتمال رد توده (۰/۹) و معیار پذیرش (۲) میانگین نامرغوبی از جدول قابل استخراج است. با معلوم شدن میانگین، حجم نمونه در ازای توده ای که دارای ۶ درصد نامرغوبی است به صورت زیر به دست می آید

$$3/9 = n \times 0/06 \rightarrow n = 65$$

از آن جا که همه توده های رسیده برای بازرسی دارای ۶ درصد نامرغوبی نیستند، لذا مقایسه بین میانگین ارقام بازرسی شده در هر توده را در سطح کیفیت قابل قبول انجام می دهیم. پس داریم:

$$m = n \times P \rightarrow m = 65 \times 0/01 = 65$$

$$Pr(m = 0/65) = 0/139 \text{ (مشاهده ۲ نامرغوبی یا بیشتر وقتی } m = 0/65)$$

$$I = 65 + (1500 - 65) \times 0/139 = 264$$

همچنان که در جدول بالا دیده می شود، میانگین بازرسی در ازای توده وقتی که  $c = 4$ ، به حداقل خود می رسد. از این رو طرح نمونه برداری که منحنی مشخصه عملکرد آن از نقطه  $(0/06, 0/10)$  گذشته و میانگین بازرسی به ازای آن در حداقل ممکن باشد طرح  $(1500, 133, 4)$  می باشد.

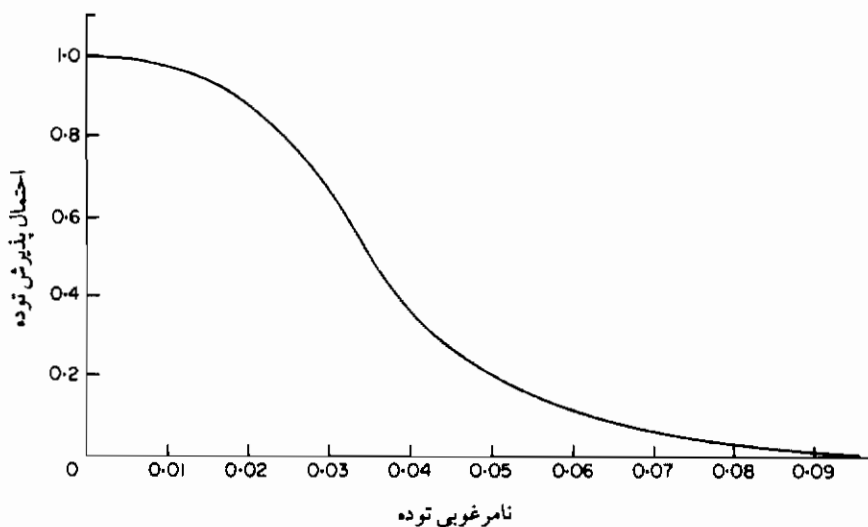
لازم به یادآوری است که طرح  $(1500, 112, 3)$  نیز با طرح فوق تقریباً برابر است. در عمل هر دو طرح پیشگفته قابل قبول است، اما چون طرح  $(1500, 133, 4)$  دارای حد میانگین کیفیت کالای خارج شده کمتری است، لذا طرح برتر خواهد بود.

#### منحنی مشخصه عملکرد و میزان AOQL طرح انتخاب شده

با استفاده از جدول (د-۱۰) چندین نقطه را بر روی منحنی مشخصه عملکرد به دست می آوریم. ضمناً مقادیر AOQ را نیز محاسبه می کنیم. این مقادیر در جدول زیر آمده اند:

$AOQ = P \times P(A)$	$P$	$n \times P$	$P(A)$
۰/۰۰۹۶	۰/۰۰۹۶	۱/۲۷۹	۰/۹۹
۰/۰۱۴۰	۰/۰۱۴۸	۱/۹۷۰	۰/۹۵
۰/۰۱۶۷	۰/۰۱۸۳	۲/۴۳۳	۰/۹۰
۰/۰۱۸۹	۰/۰۲۵۳	۳/۳۶۹	۰/۷۵
۰/۰۱۷۵	۰/۰۳۵۱	۴/۶۷۱	۰/۵۰
۰/۰۱۱۸	۰/۰۴۷۹	۶/۲۷۴	۰/۲۵
۰/۰۰۶۰	۰/۰۶۰۱	۷/۹۹۴	۰/۱۰

با توجه به ستون چهارم جدول فوق حدّ میانگین کیفیت کالای خارج شده از سیستم با توجه به ستون چهارم جدول فوق حدّ میانگین کیفیت کالای خارج شده از سیستم (  $AOQL = ۰/۰۱۸۹$  ) درصد نامرغوبی است.



منحنی مشخصه عملکرد طرح (۴، ۱۳۳، ۱۵۰۰)

## ۸ - ۶ - ۳ ریسک تولید کننده و مصرف کننده مشخص است

با تعیین دو نقطه مفروض بر روی منحنی مشخصه عملکرد یک طرح نمونه برداری، آن طرح منحصر به فرد می گردد. معمولاً این دو نقطه با سطوح قابل قبول و غیر قابل قبول و همچنین ریسکهای تولید کننده و مصرف کننده مرتبطند. اگر مصرف کننده مایل باشد تا توده های حاوی  $P_1$  درصد نامرغوبی یا بیشتر تنها با احتمال  $\beta$  پذیرفته شوند، آن گاه معادله زیر برای محاسبه احتمال پذیرش توده به کار گرفته می شود

$$P_a = \sum_{m=0}^c \frac{(nP_1)^m}{m!} e^{-nP_1} = \beta$$

از طرفی چنانچه تولید کننده بخواهد تا توده های حاوی  $P_2$  درصد نامرغوبی یا کمتر تنها با احتمالی برابر  $\alpha$  رد شوند، آن گاه احتمال پذیرش چنین توده هایی برابر است با

$$P_a = \sum_{m=0}^c \frac{(nP_2)^m}{m!} e^{-nP_2} = 1 - \alpha$$

با معلوم بودن مقادیر  $P_1$ ،  $P_2$ ،  $\alpha$ ،  $\beta$ ، می توان حجم نمونه ( $n$ ) و معیار پذیرش ( $c$ ) را با حل همزمان دو معادله فوق به دست آورد. البته به دلیل آن که مقادیر  $n$  و  $c$  الزاماً صحیح هستند، ممکن است در مواردی نتوان یک منحنی به دست آورد که دقیقاً از دو نقطه فرض شده بگذرد. برای سادگی در طراحی، بر اساس توزیع پواسون و بر حسب نسبت  $\frac{P_2}{P_1}$  جدولی برای تعیین مقادیر  $n$  و  $c$  تدوین شده است. این جدول که در تعیین مؤلفه های این نوع طرحها مورد استفاده قرار می گیرد، در پیوستار د کتاب آمده است (جدول د-۱۱).

چگونگی به دست آوردن طرحی با ریسکهای مصرف کننده و تولید کننده مشخص به کمک مثال زیر تشریح می شود.

مثال - طرح نمونه برداری مورد نظر است که بر اساس آن اولاً توده هایی که دارای ۲ درصد نامرغوبی یا کمتر هستند با احتمال ۵ درصد رد شوند. و ثانیاً توده هایی که دارای ۵ درصد نامرغوبی یا بیشتر هستند با احتمال ۵ درصد پذیرفته شوند.

داریم

ریسک تولید کننده  $\alpha = 0/05$  ، سطح کیفیت قابل قبول  $P_1 = 0/02$   
 ریسک مصرف کننده  $\beta = 0/05$  ، سطح کیفیت غیر قابل قبول  $P_2 = 0/05$

لذا

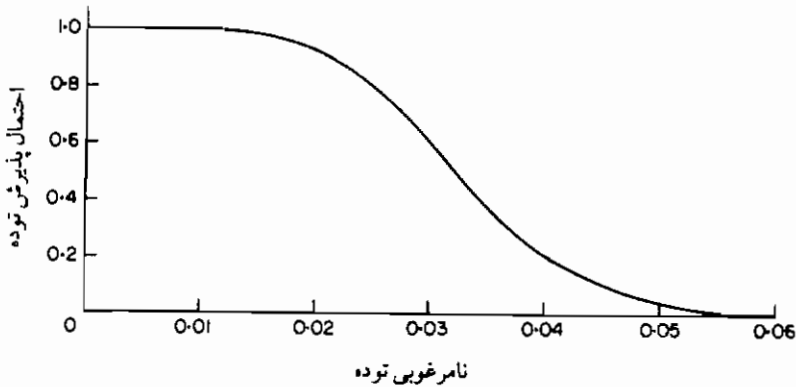
$$R = \frac{P_2}{P_1} = \frac{0/05}{0/02} = 2/5$$

حال با استفاده از جدول (د-۱۱) ،  $n \times p_1$  را استخراج می کنیم. به ازای  $\alpha = 0/05$  و  $\beta = 0/05$  و  $R = 2/528$  ( نزدیکترین مقدار به  $R = 2/5$  ) مقدار  $n \times p_1 = 7/690$  و  $c = 12$  را می خوانیم. پس داریم

$$n \times 0/02 = 7/690 \quad \rightarrow \quad n = 384/5 \approx 385$$

به این ترتیب طرح مورد نظر دارای مؤلفه های (  $N$  ،  $385$  ،  $12$  ) خواهد بود. برای رسم منحنی مشخصه عملکرد این طرح، نقاط زیر را با کمک جدول (د-۱۰) بر روی منحنی به دست می آوریم

P	$n \times P$	$P(A)$
0/015	6/099	0/990
0/017	6/922	0/975
0/019	7/690	0/950
0/026	10/422	0/750
0/032	12/668	0/500
0/038	15/217	0/250
0/048	19/442	0/050



### حد میانگین کیفیت کالای خروجی از سیستم

نخست با استفاده از منحنی مشخصه عملکرد طرح، احتمال پذیرش توده‌هایی که برای بازرسی می‌رسند را به دست می‌آوریم. سپس میانگین کیفیت کالای خارج شده از سیستم (AOQ) را محاسبه می‌کنیم. بزرگترین مقدار AOQ، حد میانگین کیفیت کالای خارج شده از سیستم را به دست می‌دهد.

AOQ = P × P(A)	P(A)	P
۰/۰۱۰	۰/۹۹۹	۰/۰۱۰
۰/۰۱۵۰	۰/۹۹۰	۰/۰۱۵
۰/۰۱۸۰	۰/۹۳۰	۰/۰۲۰
۰/۰۱۹۵	۰/۷۸۰	۰/۰۲۵
۰/۰۱۷۰	۰/۵۸۰	۰/۰۳۰
۰/۰۰۷۰	۰/۱۹۰	۰/۰۴۰
۰/۰۰۲۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰

با بررسی ستون سوم از جدول فوق ملاحظه می‌شود که AOQL برابر ۱/۹۵ درصد نامرغوبی می‌باشد.

### میانگین اقلام بازرسی شده

در عمل طرح انتخاب شده در صورتی قابل قبول خواهد بود که احتمال رد توده ها به وسیله آن ناچیز باشد. به عبارت دیگر توده های کمتری بازرسی صد درصد گردند. برای این منظور لازم است تا نامرغوبی توده های رسیده برای بازرسی ۲ درصد یا کمتر باشد، در غیر این صورت به منظور کاهش هزینه های بازرسی، استفاده از طرح دیگری توصیه می شود. بطور کلی پیشنهاد می شود تا در تدوین طرحهای نمونه برداری، هنگامی از این روش استفاده شود که میانگین کیفیت توده ها از سطح کیفیت قابل قبول کوچکتر باشد. برای مثال، چنانچه توده ها ۵۰۰۰ تایی بوده و کیفیت توده ۱/۵ درصد نامرغوبی باشد، آن گاه میانگین اقلام بازرسی شده برابر است با

$$I = 385 + (5000 - 385) \times (1 - 0/99) = 431/15 \approx 432$$

حال چنانچه فرض کنیم که کیفیت توده ۳ درصد نامرغوبی است، آن گاه میانگین اقلام بازرسی شده به سطحی خواهد رسید که از نظر هزینه، قابل قبول نخواهد بود. یعنی

$$I = 385 + (5000 - 385) \times (1 - 0/58) = 2323/3 \approx 2324$$

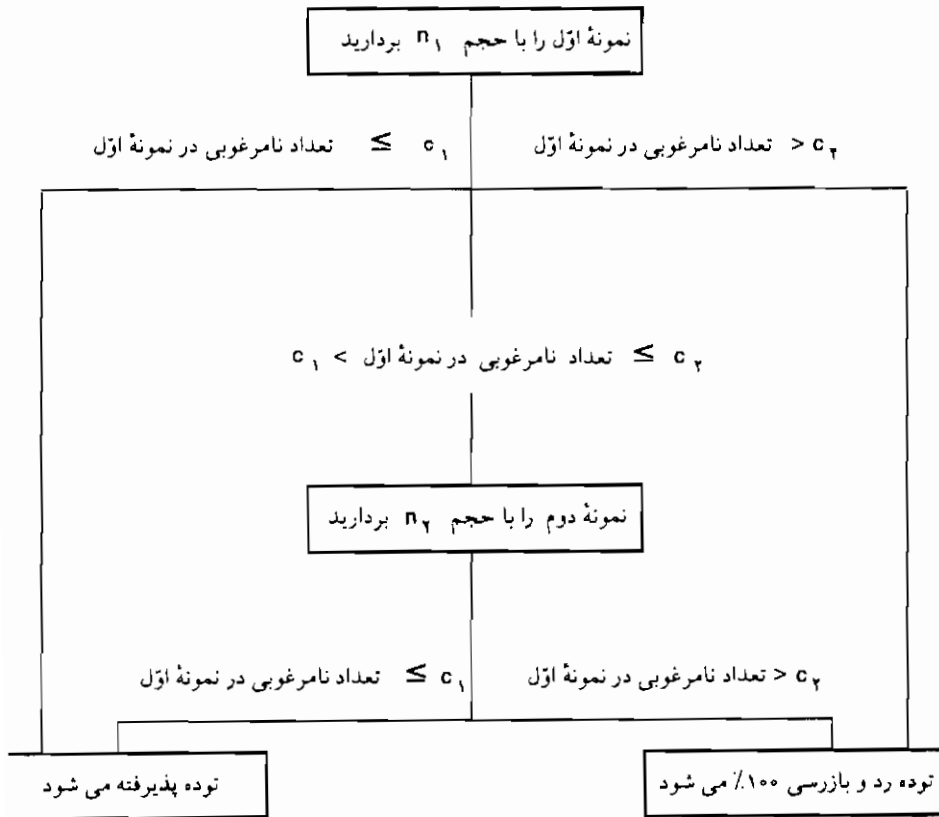
در این شرایط بطور متوسط ۴۷ درصد توده ( یعنی به طور متوسط تقریباً نیمی از هر توده ) مورد بازرسی قرار می گیرد، که قابل قبول نیست.

### ۸ - ۷ نمونه برداری مضاعف

در طرحهای تک نمونه ای، پذیرش و یا رد هر توده بر اساس نتایج حاصل از تنها یک نمونه تعیین می گردد. در طرحهای نمونه برداری مضاعف و در مواردی که نمونه اول نه چنان خوب و نه چنان بد است که چگونگی رد و یا قبول توده را بلافاصله تعیین نماید، تصمیم مربوطه تا برداشت و تحلیل نمونه دوم به تعویق می افتد. در مورد رد و یا پذیرش توده بر اساس نتایج ترکیبی به دست آمده از نمونه اول و دوم اتخاذ تصمیم می شود. بطور کلی،



در طرحهای نمونه برداری مضاعف تعداد کمتری از کالا نسبت به نمونه برداری تکی مورد بازرسی قرار می گیرند. مراحل نمونه برداری مضاعف در نمودار زیر نشان داده شده است.



### ۸-۷-۱ منحنی مشخصه عملکرد طرح نمونه برداری مضاعف

در رسم منحنی مشخصه عملکرد برای نمونه برداری مضاعف دو منحنی بایستی رسم شود. یک منحنی، احتمال پذیرش در نمونه اول را به دست می دهد، در حالی که منحنی دوم احتمال پذیرش توده بر اساس ترکیب نتایج حاصل از نمونه اول و دوم را نشان می دهد.

در شکل ۸-۷-۱ منحنی نمونه برداری مضاعف با مشخصه های زیر  
 (  $N = 2400$  ,  $n_1 = 150$  ,  $c_1 = 1$  ,  $r_1 = 4$  ,  $n_2 = 200$  ,  $c_2 = 5$  ,  $r_2 = 6$  ) آمده است

(۲۱) و (۲۲) به ترتیب تعداد نامرغوبی هستند که باعث رد توده در نمونه اول و همچنین ترکیب دو نمونه می گردند). اولین گام در رسم منحنی، تعیین معادله هاست. می دانیم که اگر در نمونه اول از دو نامرغوبی کمتر وجود داشته باشد، توده را می پذیریم. لذا معادله نمونه اول به صورت زیر است

$$(P_a)_i = (P_{\text{نامرغوبی یا کمتر}})_i$$

برای به دست آوردن معادله نمونه دوم، حالت‌های مختلفی را که باعث پذیرش توده می گردد، تعیین می کنیم. نمونه دوم در صورتی برداشت می شود که فقط دو یا سه نامرغوبی در نمونه اول مشاهده شود. چرا که اگر کمتر از دو نامرغوبی در نمونه اول وجود داشته باشد آن گاه توده پذیرفته شده، و اگر بیش از سه نامرغوبی مشاهده شود توده رد می شود. بنابراین توده در یکی از شرایط زیر پذیرفته می شود:

۱. دو نامرغوبی در نمونه اول و کمتر از چهار نامرغوبی در نمونه دوم.
۲. سه نامرغوبی در نمونه اول و کمتر از سه نامرغوبی در نمونه دوم.

پس برطبق حالت‌های فوق معادله نمونه دوم به صورت زیر خواهد بود:

$$(P_a)_{ii} = (P_p)_i (P_{\text{نامرغوبی یا کمتر}})_{ii} + (P_p)_i (P_{\text{نامرغوبی یا کمتر}})_{ii}$$

روشن است که معادله های فوق فقط در مورد همین طرح نمونه برداری مضاعف برقرارند. با تغییر مشخصه های یک طرح، معادله های مربوط به آن نیز تغییر خواهند کرد. با ترکیب دو معادله فوق، احتمال پذیرش توده بر اساس ترکیب نتایج حاصل از نمونه اول و دوم به صورت زیر به دست می آید:

$$(P_a)_{\text{ترکیبی}} = (P_a)_i (P_a)_{ii}$$

پس از تعیین معادله ها، منحنی‌ها را می توان با در نظر گرفتن مقادیر مختلف درصد نامرغوبی توده و محاسبه احتمال پذیرش آنها در نمونه اول و دوم، به دست آورد. برای مثال، به ازای  $(P = 1) (P = 100 \times P = 1)$ ، یک درصد نامرغوبی و با استفاده از جدول پواسون داریم:

$$(nP)_i = (150)(0/01) = 1/5$$

$$(P_a)_i = (P_{\text{نامرغوبی یا کمتر}})_i = 0/558$$

$$(nP)_{ii} = (200)(0/01) = 2/0$$

$$(P_a)_{ii} = (P_2)_i (P_{\text{نامرغوبی یا کمتر}})_{ii} + (P_3)_i (P_{\text{نامرغوبی یا کمتر}})_{ii}$$

$$(P_a)_{ii} = (0/251)(0/857) + (0/126)(0/677)$$

$$(P_a)_{ii} = 0/300$$

$$(P_a)_{\text{ترکیبی}} = (P_a)_i + (P_a)_{ii}$$

$$(P_a)_{\text{ترکیبی}} = 0/558 + 0/300$$

$$(P_a)_{\text{ترکیبی}} = 0/858$$

محاسبات لازم برای تعیین نقاط بیشتری بر روی منحنی، در زیر آمده است:

به ازای  $P = 0/005$ ،  $P = 0/005$ ،  $100 \times P = 0/5$ ، نیم درصد نامرغوبی) داریم

$$(nP)_i = (150)(0/01) = 1/5 ; (nP)_{ii} = (200)(0/005) = 1/00$$

$$(P_a)_i = (P_{\text{نامرغوبی یا کمتر}})_i = 0/826$$

$$(P_a)_{ii} = (0/133)(0/981) + (0/034)(0/920) = 0/162$$

$$(P_a)_{\text{ترکیبی}} = 0/988$$

به ازای  $P = 0/015$ ،  $P = 0/015$ ،  $100 \times P = 1/5$ ، یک و نیم درصد نامرغوبی) داریم

$$(nP)_i = (150)(0/015) = 2/25 ; (nP)_{ii} = (200)(0/015) = 3/00$$

$$(P_a)_i = (P_{\text{نامرغوبی یا کمتر}})_i = 0/343$$

$$(P_a)_{ii} = (0/266)(0/647) + (0/200)(0/423) = 0/257$$

$$(P_a)_{\text{ترکیبی}} = 0/600$$

به ازای  $P = 0/020$ ،  $100 \times P = 2/0$ ، دو درصد نامرغوبی) داریم

$$(nP)_i = (150)(0/02) = 3/0 \quad ; \quad (nP)_{ii} = (200)(0/02) = 4/00$$

$$(P_a)_i = (P_{\text{یا کمتر}})_i = 0/199$$

$$(P_a)_{ii} = (0/224)(0/433) + (0/224)(0/238) = 0/150$$

$$(P_a)_{\text{ترکیبی}} = 0/349$$

به ازای  $P = 0/025$ ،  $100 \times P = 2/5$ ، دو و نیم درصد نامرغوبی) داریم

$$(nP)_i = (150)(0/025) = 3/75 \quad ; \quad (nP)_{ii} = (200)(0/025) = 5/00$$

$$(P_a)_i = (P_{\text{یا کمتر}})_i = 0/112$$

$$(P_a)_{ii} = (0/165)(0/265) + (0/207)(0/125) = 0/070$$

$$(P_a)_{\text{ترکیبی}} = 0/182$$

به ازای  $P = 0/030$ ،  $100 \times P = 3/0$ ، سه درصد نامرغوبی) داریم

$$(nP)_i = (150)(0/03) = 4/5 \quad ; \quad (nP)_{ii} = (200)(0/03) = 6/00$$

$$(P_a)_i = (P_{\text{یا کمتر}})_i = 0/061$$

$$(P_a)_{ii} = (0/113)(0/151) + (0/169)(0/062) = 0/028$$

$$(P_a)_{\text{ترکیبی}} = 0/089$$

به ازای  $P = 0/04$ ،  $100 \times P = 4/0$ ، چهار درصد نامرغوبی) داریم

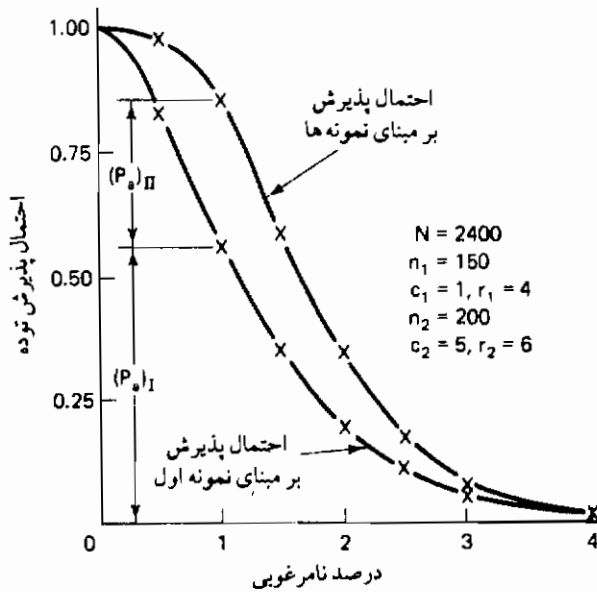
$$(nP)_i = (150)(0/04) = 6/0 \quad ; \quad (nP)_{ii} = (200)(0/04) = 8/00$$

$$(P_a)_i = (P_{\text{یا کمتر}})_i = 0/017$$

$$(P_a)_{ii} = (0/045)(0/043) + (0/089)(0/014) = 0/003$$

$$(P_a)_{\text{ترکیبی}} = 0/020$$

برای سادگی در محاسبات حتی المقدور حجم دو نمونه یکسان در نظر گرفته می شود. چنانچه مقادیر  $r_1$  و  $r_2$  تعیین نشده باشد، آنها را می توان برابر با  $1 + c_1$  قرار داد.



شکل ۸-۷-۱ منحنی طرح نمونه برداری مضاعف

### ۸-۷-۲ میانگین کیفیت کالای خروجی و متوسط کالای بازرسی شده در نمونه برداری مضاعف

در نمونه برداری مضاعف میانگین کیفیت کالای خارج شده از سیستم و متوسط کالای بازرسی شده در ازای هر توده به صورت زیر محاسبه می شوند:

$$A.O.Q = \frac{P_{a1} \cdot P \cdot (N - n_1) + P_{a2} \cdot P \cdot (N - n_1 - n_2)}{N}$$

$$I = n_1 + n_2 \cdot (1 - P_{a1}) + (N - n_1 - n_2) \cdot (1 - P_{a1} - P_{a2})$$

که در آن

$P_{a1}$  : احتمال پذیرش توده در نمونه اول

$P_{a2}$  : احتمال پذیرش توده در نمونه دوم

$P$  : درصد نامرغوبی توده

$N$  : حجم توده

$n_1$  : حجم نمونه اول

$n_2$  : حجم نمونه دوم

### ۸-۸ نمونه برداری چند مرحله‌ای

در طرح‌های نمونه برداری چند مرحله‌ای پذیرش یا رد توده ممکن است تا برداشت و ترکیب نتایج چند نمونه به تعویق بیفتد. اگر چه رسم منحنی مشخصه عملکرد طرح‌های چند نمونه‌ای نیاز به محاسبات بیشتری دارد، اما روش تعیین نقاط بر روی منحنی، با طرح‌های نمونه برداری مضاعف یکی است. به عنوان مثال طرح نمونه برداری چهار مرحله‌ای زیر را در نظر بگیرید:

$$N=3000$$

$$n_1 = 30 \quad c_1 = 0 \quad r_1 = 4$$

$$n_2 = 30 \quad c_2 = 2 \quad r_2 = 5$$

$$n_3 = 30 \quad c_3 = 3 \quad r_3 = 5$$

$$n_4 = 30 \quad c_4 = 4 \quad r_4 = 5$$

معادله‌های مربوط به حالت‌های مختلف پذیرش توده به ازای طرح نمونه برداری چهار مرحله‌ای فوق به صورت زیر است:

$$(P_a)_i = (P_{\text{صفر نامرغوبی}})_i$$

$$(P_a)_{ii} = (P_{\text{صفر نامرغوبی}})_i (P_{\text{دو نامرغوبی}})_i + (P_{\text{یک نامرغوبی یا کمتر}})_{ii} (P_{\text{یک نامرغوبی}})_i$$

$$(P_a)_{iii} = (P_{\text{صفر نامرغوبی}})_{iii} + (P_{\text{دو نامرغوبی}})_{ii} (P_{\text{یک نامرغوبی}})_i$$

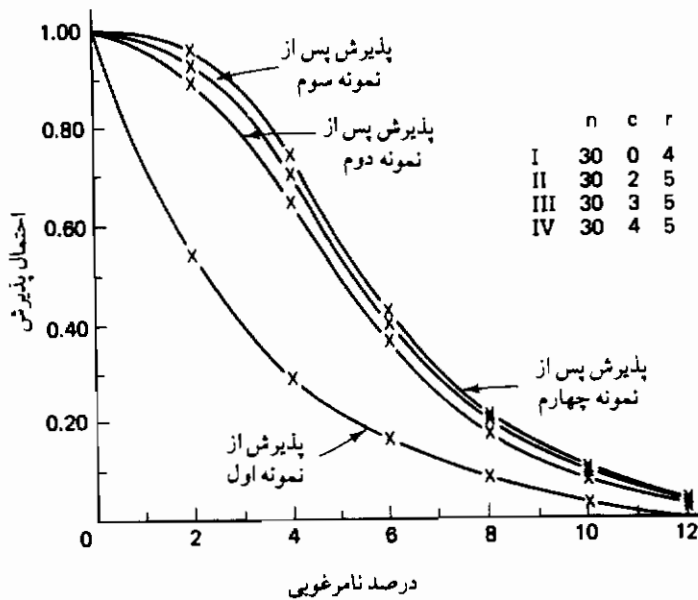
$$(P_{\text{دو نامرغوبی}})_i (P_{\text{صفر نامرغوبی}})_{iii} + (P_{\text{یک نامرغوبی}})_{ii} (P_{\text{دو نامرغوبی}})_i$$

$$(P_{\text{سه نامرغوبی}})_i (P_{\text{صفر نامرغوبی}})_{iii} + (P_{\text{دو نامرغوبی}})_{ii} (P_{\text{سه نامرغوبی}})_i$$

$$(P_a)_iv = (P_{\text{صفر نامرغوبی}})_{iv} + (P_{\text{یک نامرغوبی}})_{iii} (P_{\text{دو نامرغوبی}})_i + (P_{\text{دو نامرغوبی}})_{ii} (P_{\text{سه نامرغوبی}})_i$$

$$\begin{aligned}
 & + \text{iv) (صفر نامرغوبی) } (P) \text{ ||| (صفر نامرغوبی) } (P) \text{ || (سه نامرغوبی) } (P) \text{ | (یک نامرغوبی) } (P) \\
 & + \text{iv) (صفر نامرغوبی) } (P) \text{ ||| (یک نامرغوبی) } (P) \text{ || (یک نامرغوبی) } (P) \text{ | (دو نامرغوبی) } (P) \\
 & + \text{iv) (صفر نامرغوبی) } (P) \text{ ||| (صفر نامرغوبی) } (P) \text{ || (دو نامرغوبی) } (P) \text{ | (دو نامرغوبی) } (P) \\
 & + \text{iv) (صفر نامرغوبی) } (P) \text{ ||| (یک نامرغوبی) } (P) \text{ || (صفر نامرغوبی) } (P) \text{ | (سه نامرغوبی) } (P) \\
 & \text{iv) (صفر نامرغوبی) } (P) \text{ ||| (صفر نامرغوبی) } (P) \text{ || (یک نامرغوبی) } (P) \text{ | (سه نامرغوبی) } (P)
 \end{aligned}$$

با استفاده از معادله های فوق و با تغییر دادن  $P$ ، در صد نامرغوبی در توده، مختصات چندین نقطه بر روی منحنی مشخصه عملکرد را تعیین کرده و از این راه منحنی را رسم می کنیم. منحنی مشخصه عملکرد طرح فوق در شکل زیر نشان داده شده است.



منحنی مشخصه عملکرد طرح چهار مرحله ای

طرحهای تک نمونه‌ای ساده، مضاعف و چند مرحله‌ای را می‌توان به شیوه‌ای طراحی کرد که در بازرسی توده، نتیجه یکسانی را به دست دهند. به عبارت دیگر یک توده به ازای هر یک از این طرحها، احتمال پذیرش یکسان داشته باشد. بنابراین انتخاب یک طرح از میان این سه طرح، دیگر نمی‌تواند بر مبنای قابلیت و کارایی آنها باشد. لذا ضروری است تا این انتخاب بر مبنای معیارهای دیگری صورت پذیرد. از جمله این معیارها، می‌توان به سادگی در اجرا، هزینه‌های اجرایی، میزان داده‌های به دست آمده در مورد کیفیت توده، تعداد کالاهای بازرسی شده و تأثیرات روانی ناشی از پذیرش یا رد توده اشاره کرد. شاید سادگی در اجرا یکی از مهمترین معیارهای انتخاب باشد. بر مبنای این معیار طرح نمونه برداری تکی، مناسبترین و طرح نمونه برداری چند مرحله‌ای نامناسبترین طرح است.

هزینه‌های اجرایی مربوط به آموزش، بازرسی، نگهداری اطلاعات و ... به ازای طرح تک نمونه‌ای در پایتترین سطح و به ازای طرح نمونه برداری چند مرحله‌ای در بالاترین سطح قرار دارد.

طرح نمونه برداری تکی اطلاعات کیفیتی بیشتری را در مورد سطح کیفیت توده در مقایسه با دو طرح دیگر در اختیار بازرس قرار می‌دهد.

بطور کلی، تعداد کالاهای بازرسی شده در طرح نمونه برداری تکی نسبت به طرح نمونه برداری مضاعف به شرط این که کیفیت توده‌ها، تنها برداشت گاه به گاه نمونه دوم را ایجاد کنند، بیشتر است. در طرحهای نمونه برداری چند مرحله‌ای در مقایسه با طرحهای نمونه برداری مضاعف، تعداد کمتری از کالاها مورد بازرسی قرار می‌گیرند. البته این امر در صورتی تحقق می‌یابد که تصمیم‌گیری در مورد پذیرش یا رد توده در مراحل اولیه نمونه برداری صورت پذیرد.

معیار دیگری که می‌تواند در انتخاب یکی از سه طرح پیشگفته نقش داشته باشد، تأثیر روانی پذیرش یا رد توده بر مبنای نتایج حاصل از یک، دو و یا چند نمونه است. چنان که می‌دانیم در طرح نمونه برداری تکی، پس از برداشت نمونه اول، شانس دیگری به توده برای پذیرش داده نمی‌شود. حال آن که در طرح نمونه برداری مضاعف، به شرط آن که نمونه اول از حد تعیین شده‌ای بدتر نباشد، این شانس در اختیار توده قرار می‌گیرد. شانس دوم برای



پذیرش توده در نمونه برداری چند مرحله‌ای به دفعات در اختیار توده قرار می‌گیرد. از نظر تولیدکننده ارائه یکباره یا چند باره شانس دوم قبل از رد کامل توده بسیار مناسب می‌باشد. ارزیابی دقیق معیارهای فوق می‌تواند تولیدکننده را در انتخاب صحیح یک طرح نمونه برداری مناسب یاری کند. در بخش بعدی روشی را ارائه می‌دهیم که به کمک آن طرحهای هم قابلیت تک، دو و چند نمونه‌ای را می‌توان مقایسه کرد.

### ۸ - ۹ متوسط ارقام بازرسی شده در نمونه<sup>۱</sup>

متوسط ارقام بازرسی شده در نمونه (ASN)، وقتی ارقام موجود در هر نمونه بطور کامل بازرسی می‌شوند، معیار مناسبی است برای مقایسه ارقام بازرسی شده در ازای طرحهای هم قابلیت تک، دو و چند نمونه‌ای. در طرحهای تک نمونه‌ای ASN ثابت و مساوی n است. متوسط ارقام بازرسی شده در نمونه در طرحهای مضاعف بر طبق رابطه زیر محاسبه می‌شوند:

$$ASN = n_1 + n_2 (1 - P_1)$$

که در آن  $P_1$  احتمال تعیین تکلیف توده پس از برداشت نمونه اول است. تعیین مقدار ASN برای طرحهای نمونه برداری چند مرحله‌ای نیاز به محاسبات بیشتری دارد و بر طبق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$ASN = n_1 P_1 + (n_1 + n_2) P_2 + \dots + (n_1 + n_2 + \dots + n_k) P_k$$

در حالی که  $n_k$  حجم آخرین نمونه و  $P_k$  احتمال تعیین تکلیف توده پس از برداشت آخرین نمونه است. لازم به یادآوری است که محاسبه ASN در طرحهای تک نمونه‌ای، مضاعف و چند مرحله‌ای به این روش، در صورتی قابل قبول است که نمونه‌ها در هر مرحله بطور کامل مورد بازرسی قرار گیرند. به مثال زیر در این رابطه توجه کنید.

مثال - با رسم منحنیهای دو طرح هم قابلیت (  $n = 800, r = 2$  ) و (  $n_1 = 50, c_1 = 0, r_1 = 3, n_2 = 50, c_2 = 3, r_2 = 4$  ) مقدار ASN به ازای این دو طرح را با یکدیگر مقایسه کنید.

چنان که در شکل زیر نیز مشخص است ASN برای طرح اول ثابت و مساوی ۸۰ است. برای طرح دوم که نمونه برداری به صورت مضاعف است، داریم

$$P_1 = P_{\text{سه نامرغوبی یا بیشتر}} + P_{\text{صفر نامرغوبی}}$$

با فرض  $P = 0/01$  (  $nP = 50 \times 0/01 = 0/5$  ) و با استفاده از جدول توزیع پواسون:

$$P_{\text{صفر نامرغوبی}} = 0/607$$

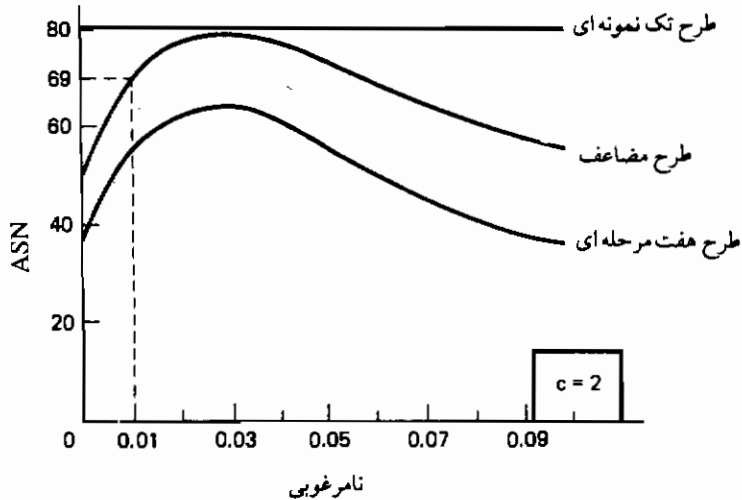
$$P_{\text{سه نامرغوبی یا بیشتر}} = 1 - P_{\text{دو نامرغوبی یا کمتر}} = 1 - 0/986 = 0/014$$

چون  $P_1 = 0/607 + 0/014 = 0/621$ ، لذا

$$ASN = 50 + 50(1 - 0/621) = 69$$

با در نظر گرفتن مقادیر دیگری برای  $P$  و تکرار محاسبات فوق، نقاط دیگری بر روی منحنی ASN طرح مضاعف، مطابق شکل زیر به دست می آید.

با بررسی منحنی ASN طرح مضاعف، ملاحظه می شود که به ازای  $P = 0/03$  هر دو طرح داده شده از نظر ASN تقریباً یکسانند. به ازای  $P < 0/03$  طرح نمونه برداری مضاعف دارای کوچکتری است، چرا که پذیرش توده در نمونه اول محتملتر است. به روش مشابه به ازای  $P > 0/03$ ، ASN طرح مضاعف کوچکتر است، چرا که رد توده در نمونه اول و لذا عدم نیاز به برداشت نمونه دوم محتملتر است.



شکل بالا منحنی یک طرح هفت مرحله ای را نیز نشان می دهد. چنان که انتظار می رفت، مقدار ASN در این طرح کوچکتر از طرحهای تک نمونه ای و مضاعف است.

### ۸ - ۱۰ طرح نمونه برداری زنجیره ای<sup>۱</sup>

طرح نمونه برداری زنجیره ای را که در بازرسیهای تخریبی و یا پر هزینه به کار می رود *داج*<sup>۲</sup> تدوین کرده است. در این طرح، نمونه ها به ضرورت عملی، کم حجم انتخاب شده و معیار پذیرش اکثراً صفر در نظر گرفته می شود. در طرحهای نمونه برداری زنجیره ای تصمیم گیری بر مبنای مجموع نتایج حاصل از چندین نمونه اخیر صورت می گیرد. روش کار به شرح زیر است:

۱. از هر توده، نمونه ای  $n$  تایی انتخاب و بازرسی صد درصد می شود.
۲. در صورتی که نمونه حاوی کالای نامرغوب نباشد، توده پذیرفته می شود. چنانچه در نمونه بیش از یک کالای نامرغوب مشاهده شود، توده رد می شود.

1- Chain Sampling Plan

2- H.F Dodge

حال چنانچه در نمونه، ۱ کالای نامرغوب وجود داشته باشد، آن گاه توده به شرط آن که در ۱ نمونه  $n$  تایی قبلی کالای نامرغوبی مشاهده نشده باشد، پذیرفته می شود.

بنابراین در طرح نمونه برداری زنجیره‌ای با مؤلفه های  $(n=5, i=3)$ ، توده تحت شرایط زیر پذیرفته می شود:

۱. نمونه کالای نامرغوب نداشته باشد. یا
  ۲. نمونه ۵ تایی دارای یک کالای نامرغوب بوده، اما در ۳ نمونه ۵ تایی اخیر کالای نامرغوبی مشاهده نشده باشد.
- تعداد نمونه های اخیر،  $a$ ، را می توان از طریق بررسی و تحلیل منحنی مشخصه عملکرد در ازای یک حجم نمونه مشخص تعیین کرد. شکل ۸-۱۰-۱ منحنی مشخصه عملکرد یک طرح تک نمونه‌ای  $(n=5, c=0)$  را به همراه منحنیهای مربوط به طرحهای زنجیره‌ای با  $a=1, 2, 3, 5$  نشان می دهد.
- مختصات نقاط مختلف بر روی منحنی مشخصه عملکرد طرحهای زنجیره‌ای با در نظر گرفتن چندین  $P$  اختیاری و محاسبه  $P_a$  متناظر با آنها که از رابطه کلی زیر به دست می آید، محاسبه می شوند:

$$P_a = P \left[ \text{سفر کالای نامرغوب} \right] + P \left[ \text{سفر کالای نامرغوب} \right] \times P$$

- در به کارگیری طرحهای نمونه برداری زنجیره‌ای باید شرایط زیر برقرار باشد:
۱. توده بخشی از یک زنجیره پیوسته تولیدی باشد که به ترتیب تولید برداشت شده است.
  ۲. توده ها ذاتاً از کیفیت یکسانی برخوردار باشند.
  ۳. عدم حضور گاه و بیگاه توده غیر معمولی که شانس پذیرش آن حتمی است.
  ۴. ماهیت کیفیت به گونه‌ای باشد که بازرسی تخریبی و یا پر هزینه را به دنبال داشته و نیاز به برداشت نمونه های کم حجم را ایجاب نماید.
- مثال - منحنی مشخصه عملکرد طرح زنجیره‌ای  $(n=5, c=0, i=2)$  را رسم کنید.

چون نمونه ها کم حجمند، برای محاسبه احتمالات پذیرش، از توزیع دو جمله‌ای استفاده می‌کنیم. برای توده‌ای با ۱۵ درصد نامرغوبی، محاسبه به صورت زیر است:

$$b(x; n, p) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$$

$$P_a = P(\text{صفر کالای نامرغوب}) + P(\text{یک کالای نامرغوب}) + P(\text{صفر کالای نامرغوب})^2$$

$$P(\text{صفر کالای نامرغوب}) = b(0, 5, 0/15) = \binom{5}{0} (0/15)^0 (1 - 0/15)^{5-0}$$

$$= \frac{5!}{0! \times 5!} \times 0/15^0 \times (0/85)^5 = 0/4437$$

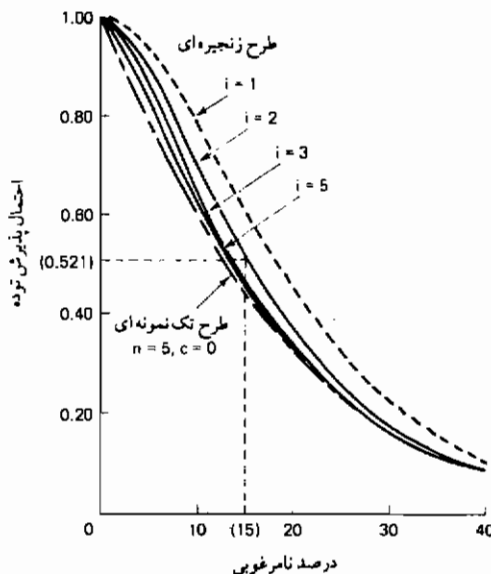
$$P(\text{یک کالای نامرغوب}) = b(1, 5, 0/15) = \binom{5}{1} (0/15)^1 (1 - 0/15)^{5-1}$$

$$= \frac{5!}{1! \times (5-1)!} \times 0/15^1 \times (0/85)^4 = 0/3915$$

$$\therefore P_a = 0/4437 + 0/3915 + (0/4437)^2 = 0/5207$$

پس از تعیین نقاط دیگری بر روی منحنی به روش فوق، منحنی این طرح به صورت

زیر به دست می‌آید.



شکل ۸-۱۰-۱ منحنی مشخصه عملکرد طرح‌های تک نمونه‌ای و زنجیره‌ای

## ۸-۱۱ طرح نمونه برداری دنباله‌ای<sup>۱</sup>

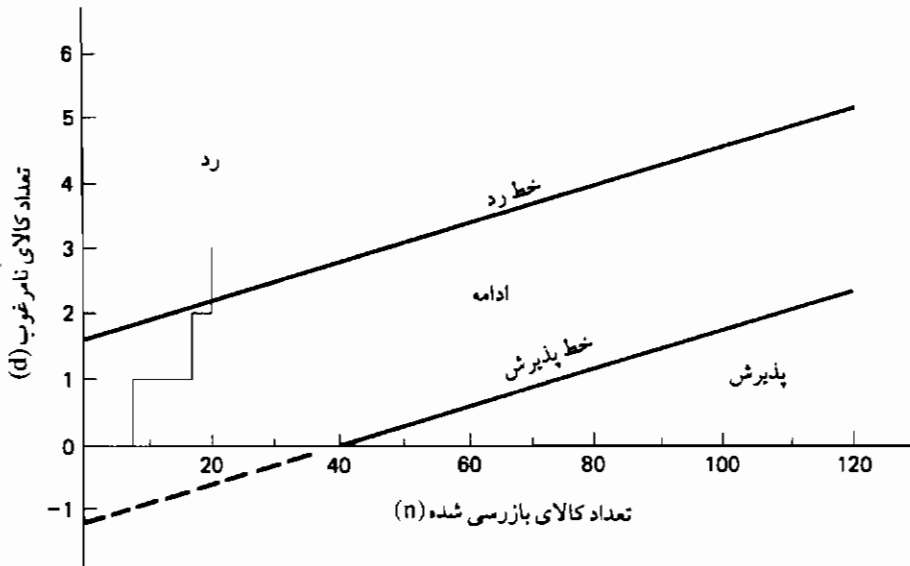
طرح نمونه برداری دنباله‌ای مشابه نمونه برداری چند مرحله‌ای است با این تفاوت که در نمونه برداری دنباله‌ای تعداد نمونه‌های برداشت شده، از نظر تئوری می‌تواند نامتناهی باشد. البته در عمل معمولاً نمونه برداری پس از آن که تعداد اقلام بازرسی شده به سه برابر اقلام بازرسی شده تحت طرح تک نمونه‌ای متناظر رسید، متوقف می‌گردد. حجم نمونه در طرحهای دنباله‌ای غالباً یک است. از طرحهای نمونه برداری دنباله‌ای، مثل طرحهای چند مرحله‌ای وقتی تعدیل بازرسیها مورد نظر باشد و نیز بازرسیها پرهزینه یا شامل آزمایشهای تخریبی باشد، استفاده می‌شود. البته متوسط اقلام بازرسی شده در این نوع طرحها نسبت به طرحهای چند مرحله‌ای کمتر است.

طرحهای نمونه برداری دنباله‌ای بر مبنای مفاهیم آزمون دنباله‌ای نسبت<sup>۲</sup> که توسط والد<sup>۳</sup> توسعه یافته، استوار است. شکل ۸-۱۱-۱ چگونگی اجرای این طرح را نشان می‌دهد. خط شکسته بیانگر تعداد نامرغوبی مشاهده شده در هر لحظه است. اگر مجموع نامرغوبیهای مشاهده شده از خط فوقانی بزرگتر شود، توده مردود شناخته می‌شود. از طرفی، چنانچه نتایج تراکمی کوچکتر یا مساوی خط پایین شود، آن گاه توده پذیرفته می‌شود. در صورتی که تعیین تکلیف توده میسر نشود، نمونه دیگری مورد بازرسی قرار می‌گیرد. بنابراین با توجه به شکل ۸-۱۱-۱ چنانچه نمونه بیستم بازرسی شده نامرغوب باشد، جمع تراکمی نامرغوبیها را به ۳ عدد می‌رساند. از آن جا که ۳ نامرغوبی، بالای خط رد به ازای ۲۰ کالای بازرسی شده قرار می‌گیرد، توده رد می‌شود.

1-Sequential Sampling

2- Sequential Probability Ratio Test - SPRT

3- A. Wald



شکل ۸-۱۱-۱ نمودار طرح نمونه برداری دنباله‌ای

یک طرح نمونه برداری دنباله‌ای با تعیین ریسکهای تولیدکننده و مصرف‌کننده، و سطوح نامرغوبی در رابطه با دو ریسک پیشگفته مشخص می‌گردد. با این اطلاعات معادله خطوط رد و قبول به صورت زیر قابل دست‌یابی است.

$$h_a = \log \left( \frac{1-\alpha}{\beta} \right) / \left[ \log \left( \frac{P_\beta}{P_\alpha} \right) + \log \left( \frac{1-P_\alpha}{1-P_\beta} \right) \right]$$

$$h_r = \log \left( \frac{1-\beta}{\alpha} \right) / \left[ \log \left( \frac{P_\beta}{P_\alpha} \right) + \log \left( \frac{1-P_\alpha}{1-P_\beta} \right) \right]$$

$$h_a = \log \left( \frac{1-\alpha}{\beta} \right) / \left[ \log \left( \frac{P_\beta}{P_\alpha} \right) + \log \left( \frac{1-P_\alpha}{1-P_\beta} \right) \right]$$

$$s = \log \left( \frac{1-P_\alpha}{1-P_\beta} \right) / \left[ \log \left( \frac{P_\beta}{P_\alpha} \right) + \log \left( \frac{1-P_\alpha}{1-P_\beta} \right) \right]$$

$$d_a = -h_a + sn$$

$$d_r = h_r + sn$$

که در آن

$s =$	شیب خطهای رد و قبول
$h_r =$	محل برخورد خط رد با محور $y$
$h_a =$	محل برخورد خط قبول با محور $y$
$P_\beta =$	در صد نامرغوبی برای ریسک مصرف کننده
$P_\alpha =$	در صد نامرغوبی برای ریسک تولید کننده
$\beta =$	ریسک مصرف کننده
$\alpha =$	ریسک تولید کننده
$d_a =$	تعداد قابل قبول نامرغوبی
$d_r =$	تعداد غیر قابل قبول نامرغوبی
$n =$	تعداد کالای بازرسی شده

به این ترتیب معادله های لازم برای پیاده سازی طرح نمونه برداری دنباله ای که دارای مشخصه های  $(\alpha = 0/05, P_\alpha = 0/01, \beta = 0/10, P_\beta = 0/06)$  باشد، با انجام محاسبات زیر به دست می آید

$$h_a = \log \left( \frac{1-\alpha}{\beta} \right) / \left[ \log \left( \frac{P_\beta}{P_\alpha} \right) + \log \left( \frac{1-P_\alpha}{1-P_\beta} \right) \right]$$

$$= \left( \log \frac{1-0/05}{0/10} \right) / \left[ \log \left( \frac{0/06}{0/01} \right) + \log \left( \frac{0/99}{0/94} \right) \right] = 1/22$$

$$h_r = \log \left( \frac{1-\beta}{\alpha} \right) / \left[ \log \left( \frac{P_\beta}{P_\alpha} \right) + \log \left( \frac{1-P_\alpha}{1-P_\beta} \right) \right]$$

$$h_r = \left( \log \frac{1-0/10}{0/05} \right) / \left[ \log \left( \frac{0/06}{0/01} \right) + \log \left( \frac{0/99}{0/94} \right) \right] = 1/57$$

$$s = \log \left( \frac{1-P_\alpha}{1-P_\beta} \right) / \left[ \log \left( \frac{P_\beta}{P_\alpha} \right) + \log \left( \frac{1-P_\alpha}{1-P_\beta} \right) \right]$$

$$= \log \left( \frac{1-0/01}{1-0/06} \right) / \left[ \log \left( \frac{0/06}{0/01} \right) + \log \left( \frac{0/99}{0/94} \right) \right] = 0/03$$



چنانچه مقادیر  $h_a = 1/22$ ،  $h_r = 1/57$  و  $s = 0/03$  را در رابطه های  $d_a$  و  $d_r$  قرار دهیم، معادله های زیر به دست می آید

$$d_a = -1/22 + 0/03n$$

$$d_r = 1/57 + 0/03n$$

شکل ۸-۱۱-۱ بر اساس همین معادله ها رسم شده است. در عمل استفاده از جدول مقادیر پذیرش یا رد، شاید ساده تر باشد. برای رسیدن به این مقادیر می توان  $n$  های مختلف را در معادله های خطوط رد و قبول جایگزین نمود. به عنوان مثال به ازای  $n = 17$  محاسبه به صورت زیر است

$$\begin{aligned} d_a &= -1/22 + 0/03n & d_r &= 1/57 + 0/03n \\ &= -1/22 + 0/03(17) & &= 1/57 + 0/03(17) \\ &= -0/71 & &= 2/08 \end{aligned}$$

چون مقادیر رد و قبول الزاماً اعداد صحیحی هستند، برای رسیدن به این منظور  $d_r$  را به بالا و  $d_a$  را به پایین گرد می کنیم. به این ترتیب در ازای  $n = 17$ ،  $d_a = 0$  و  $d_r = 3$ . جدول ۸-۱۱-۱ مقادیر لازم به منظور پیاده سازی طرح نمونه برداری دنباله ای برای ۱۱۳ نمونه اول را به دست می دهد.

جدول ۸-۱۱-۱

تعداد اقلام بازرسی شده $n$	$d_a$	$d_r$
۱	a	b
۲ - ۱۵	a	۲
۱۶ - ۴۰	a	۳
۴۱ - ۴۷	۰	۳
۴۸ - ۷۳	۰	۴
۷۴ - ۸۰	۱	۴
۸۱ - ۱۰۶	۱	۵
۱۰۷ - ۱۱۳	۲	۵

b: رد ممکن نیست.

a: پذیرش ممکن نیست.

## ۸-۱۲ طرحهای نمونه برداری برای پذیرش در سیستمهای تولیدی پیوسته

روشهای نمونه برداری را که تاکنون بررسی کردیم، برای سیستمهای تولیدی پیوسته مناسب نیستند. چرا که در این سیستمها بطور طبیعی اقلام به صورت توده به توده به ایستگاه بازرسی نمی رسند، بلکه با یک فرآیند پیوسته، مثل نوار نقاله تولید و به انبار هدایت می شوند. در چنین سیستمهایی روشهای نمونه برداری خاص سیستمهای تولیدی پیوسته مورد نیاز است.

طرحهای نمونه برداری در سیستمهای تولیدی پیوسته شامل یک چرخه تناوبی از بازرسی از راه نمونه برداری و بازرسی صد درصد می شوند. این طرحها معمولاً با بازرسی صد درصد شروع می شوند. اما چنانچه تعداد مشخصی از اقلام بازرسی شده خالی از نامرغوبی باشند، آن گاه بازرسی به شیوه نمونه برداری برقرار می گردد. نمونه برداری تا زمانی که تعداد نامرغوبی مشاهده شده از تعداد از قبل تعیین شده ای تجاوز نکند، ادامه می یابد. پس از آن مجدداً بازرسی به صورت صد درصد انجام می گیرد.

طرحهای نمونه برداری ویژه سیستمهای تولیدی پیوسته، برای بازرسی غیر تخریبی اقلام در حال حرکت که کیفیت آنها در مقیاس کیفی سنجیده می شود، کاربرد دارند. ماهیت این بازرسی بایستی به گونه ای باشد که با سهولت و سرعت انجام گیرد تا از بروز گلوگاهها جلوگیری شود. علاوه بر آن، ضروری است تا فرآیند تولیدی محصولات همانند و مشابه تولید نماید. معمولاً بازرسی صد درصد را پرسنل تولیدی و بازرسی به روش نمونه برداری را پرسنل کنترل کیفیت انجام می دهند.

داج برای نخستین بار در سال ۱۹۴۳ با ارائه طرح نمونه برداری CSP-1، اندیشه طرح نمونه برداری برای سیستمهای تولیدی پیوسته را مطرح کرد. این طرح و همچنین دو طرح CSP-2 و CSP-3 را به عنوان طرحهای تک سطحی می شناسند. در سال ۱۹۵۵ اندیشه طرحهای چند سطحی برای سیستمهای تولیدی پیوسته را لکرمان و سلمان<sup>۱</sup> ارائه کردند. در صورتی که سطح مرغوب کیفیت اقلام تداوم پیدا کند، طرحهای نمونه برداری چند سطحی

باعث کاهش میزان نمونه برداری می شوند. آخرین نسخه تجدید نظر شده این طرحها را به نام MIL-STD-1235B در سال ۱۹۸۱ نیروی دریایی امریکا در تولیدات خود به کار گرفت.

#### ۸-۱۲-۱ طرحهای CSP-1

این طرح با بازرسی صد درصد و پیاپی کالاهای تولید شده شروع و تا زمانی که تعداد کالای بازرسی شده سالم به حد تعیین شده ای (۲) نرسد ادامه می یابد. پس از رسیدن به آن سطح بازرسی صد درصد متوقف و بازرسی به شیوه نمونه برداری شروع می شود. نمونه درصدی از جریان متحرک محصولات (۴) است، و به طریقی برداشت می شود که اریبی را به حداقل برساند. اگر در حین نمونه برداری کالای نامرغوبی مشاهده شود، نمونه برداری متوقف و بازرسی صد در صد مجدداً برقرار می گردد. نمودار ۸-۱۲-۱ مراحل اجرایی طرح CSP-1 را نشان می دهد.

#### نمودار ۸-۱۲-۱ مراحل اجرایی طرحهای CSP-1

##### شروع

- (۱) کالاهای تولید شده را به صورت صد درصد بازرسی کنید.
  - (۲) آیا  $i =$  کالای سالم بازرسی شده در این مرحله ؟
  - (۳) اگر پاسخ مرحله (۲) منفی است، به مرحله (۱) بازگردید.
  - (۴) اگر پاسخ مرحله (۲) مثبت است، بازرسی ۱۰۰٪ را متوقف کنید و سپس به مرحله (۵) بروید.
  - (۵) بازرسی را از طریق برداشت نمونه های تصادفی با حجم (۴) انجام دهید.
  - (۶) چنانچه کالای نامرغوبی مشاهده نشد، به بازرسی از طریق نمونه برداری ادامه دهید. در غیر این صورت به مرحله (۱) بازگردید.
- ۱ نشانگر ارقام سالم بازرسی شده در حین بازرسی صد درصد، و  $f$  نسبت ارقام بازرسی شده به کل ارقامی است که در طی دوره زمانی نمونه برداری از مقابل ایستگاه بازرسی عبور کرده اند. بنابراین،  $f = \frac{1}{n}$  یعنی به ازای هر ۲۰ قلم کالایی که از مقابل ایستگاه بازرسی عبور می کنند، یک قلم کالا مورد بازرسی قرار می گیرد.

مبنای طرحهای CSP-1 میانگین کیفیت کالای خارج شده از سیستم (AOQL) است. به ازای مقدار مشخص AOQL، ترکیبات مختلفی از  $f$  و  $i$  وجود دارند که در جدول (د-۱۲ پیوستار کتاب) آمده‌اند. بنابراین، یک طرح برای  $AOQL = 0/79$  عبارت است از  $i = 59$  و  $f = 1$ . بر طبق این طرح، بازرسی بر اساس نمونه برداری پس از آن که بطور پیوسته ۵۹ قلم کالای سالم از مقابل جایگاه بازرسی عبور کرد، آغاز گردیده، و از هر ۳ قلم کالا یکی بازرسی می‌شود. بازرسی از طریق نمونه برداری تا مشاهده یک کالای نامرغوب ادامه می‌یابد. از آن پس مجدداً بازرسی به صورت صد درصد انجام می‌گیرد. طرحهای دیگر برای  $AOQL = 0/79$  عبارتند از:

$$i = 113 \quad f = \frac{1}{7}$$

$$i = 270 \quad f = \frac{1}{50}$$

بررسی دقیق جدول نشان می‌دهد که با کاهش  $f$ ،  $i$  افزایش می‌یابد. در عمل انتخاب مقادیر  $f$  و  $i$  در ازای مقدار داده شده AOQL، بر اساس ملاحظات کاربردی صورت می‌گیرد. با کوچک شدن  $f$ ، از دقت طرح جهت کشف اقلام نامرغوب بویژه برای  $f < \frac{1}{50}$  کاسته می‌شود. نکته عملی دیگر میزان تولید در هر شیفت است، با افزایش این میزان مقدار  $f$  را می‌توان کاهش داد. نهایتاً میزان  $f$  می‌تواند تحت تأثیر بار کاری بازرسی کم و زیاد شود.

### ۸-۱۲-۲ طرحهای CSP-2

طرحهای نمونه برداری در سیستمهای تولیدی پیوسته تحت نام CSP-2، در حقیقت نسخه تغییر یافته طرحهای CSP-1 اند. در طرحهای CSP-1 لازم است تا به محض مشاهده یک کالای نامرغوب در حین نمونه برداری، اقلام را به صورت صد درصد بازرسی کنیم. در طرحهای CSP-2 بازگشت بلافاصله به بازرسی صد درصد مورد نیاز نیست. این بازگشت در صورتی انجام می‌گیرد که کالای نامرغوب دوم در  $f$  قلم یا کمتر از  $f$  قلم کالای بعدی

مشاهده گردد. نمودار ۸-۱۲-۲ مراحل اجرایی طرحهای CSP-2 را نشان می دهد.

### نمودار ۸-۱۲-۲ مراحل اجرایی طرحهای CSP-2

#### شروع

- (۱) اقلام تولید شده را به صورت ۱۰۰٪ بازرسی کنید.
- (۲) آیا (۱ = اقلام سالم بازرسی شده در این مرحله) ؟
- (۳) اگر پاسخ مرحله (۲) منفی است، به مرحله (۱) بازگردید.
- (۴) اگر پاسخ مرحله (۲) مثبت است، بازرسی ۱۰۰٪ را متوقف و به مرحله (۵) بروید.
- (۵) بازرسی را از طریق برداشت نمونه های تصادفی با حجم (۴) انجام دهید.
- (۶) چنانچه کالای نامرغوبی مشاهده نشد، به مرحله (۵) بازگردید، در غیر این صورت به مرحله (۷) بروید.
- (۷) آیا (۱ = اقلام سالم بازرسی شده پس از مشاهده نامرغوبی اول) ؟
- (۸) اگر پاسخ مرحله (۷) منفی است، به مرحله (۱۰) بروید.
- (۹) اگر پاسخ مرحله (۷) مثبت است، با در نظر گرفتن چرخه جدید به مرحله (۵) بروید.
- (۱۰) آیا (۲ = اقلام نامرغوب مشاهده شده در چرخه جاری) ؟
- (۱۱) اگر پاسخ مرحله (۱۰) منفی است، به مرحله (۵) بازگردید.
- (۱۲) اگر پاسخ مرحله (۱۰) مثبت است، به مرحله (۱) بازگردید.

هدف طرحهای CSP-2 ایجاد امنیت لازم در قبال وجود یک نامرغوبی نادر است که باعث از سرگیری بازرسی ۱۰۰٪ می گردد.

طرحها بر مبنای AOQL بوده و ترکیبهای مختلفی از  $i$  و  $f$  را مطابق جدول ۸-۱۲-۲ میسر می سازند. بنابراین،  $i=35, f=1$  و  $i=59, f=1$  دو طرح از میان طرحهای بسیاری هستند که AOQL به ازای همگی آنها  $\frac{2}{90}$  می باشد.

در طرح ۵۹ =  $i$  و  $f = \frac{1}{15}$ ، بازرسی یک قلم کالا از هر ۱۵ کالایی که عبور می کنند پس از مشاهده یک نامرغوبی<sup>۱۵</sup> ادامه می یابد. چنانچه در ۵۹ قلم بعدی کالای نامرغوب دیگری مشاهده شود، آن گاه مجدداً بازرسی صد درصد آغاز می گردد. در صورت عدم مشاهده نامرغوبی دوم، نمونه برداری ادامه می یابد.

جدول ۸-۱۲-۲

AOQL (%)								
۱	۰/۵۳	۰/۷۹	۱/۲۲	۱/۹۰	۲/۹۰	۴/۹۴	۷/۱۲	۱۱/۴۶
$\frac{1}{2}$	۸۰	۵۴	۳۵	۲۳	۱۵	۹	۷	۴
$\frac{1}{3}$	۱۲۸	۸۶	۵۵	۳۶	۲۴	۱۴	۱۰	۷
$\frac{1}{4}$	۱۶۲	۱۰۹	۷۰	۴۵	۳۰	۱۸	۱۲	۸
$\frac{1}{5}$	۱۹۰	۱۲۷	۸۱	۵۲	۳۵	۲۰	۱۴	۹
$\frac{1}{7}$	۲۳۰	۱۵۵	۹۹	۶۴	۴۲	۲۵	۱۷	۱۱
$\frac{1}{10}$	۲۷۵	۱۸۵	۱۱۸	۷۶	۵۰	۲۹	۲۰	۱۳
$\frac{1}{15}$	۳۳۰	۲۲۰	۱۴۰	۹۰	۵۹	۳۵	۲۴	۱۵
$\frac{1}{25}$	۳۹۵	۲۶۵	۱۷۰	۱۰۹	۷۱	۴۲	۲۹	۱۸
$\frac{1}{50}$	۴۹۰	۳۳۰	۲۱۰	۱۳۴	۸۸	۵۲	۳۶	۲۲

## ۸-۱۲-۳ طرحهای استاندارد نظامی 1235B

این استاندارد دارای ۵ طرح نمونه برداری پیوسته است که مبنای هر یک از آنها حد متوسط کیفیت کالای خارج شده از سیستم (AOQL) می باشد. کیفیت در مقیاس کیفی ارزیابی گردیده و عیبها به سه دسته بحرانی، اصلی و جزئی تقسیم می شوند.

دو طرح CSP-1 و CSP-F این استاندارد، ویژه بازرسی کالاهایی هستند که دارای عیبهای بحرانی می باشند.

در هر ۵ طرح این استاندارد امکان توقف بازرسی وجود دارد. مصرف کننده می تواند در مواردی که به واسطه پایین بودن سطح کیفیت، بیش از ۵ قلم کالای متوالی به صورت صد درصد بازرسی گردید، پذیرش اقلام محصول را متوقف سازد.

طرحهای نمونه برداری با کدهای حرفی شناخته می شوند. مبنای این کدهای حرفی حجم تولید در فاصله زمانی تولیدی (معمولاً یک شیفت ۸ ساعته) می باشد. جدول ۸-۱۲-۳-۱ این کدها را نشان می دهد. عواملی که در انتخاب کد حرفی دخالت دارند، عبارتند از زمان لازم برای بازرسی یک قلم کالا، میزان تولید، و نزدیکی یا دوری به ایستگاههای بازرسی دیگر.

از ۵ طرح این استاندارد دو طرح CSP-1 و CSP-2 با اندکی تفاوت مشابه طرحهای داج هستند. بنابراین در این جا فقط سه طرح CSP-F، CSP-T و CSP-V مورد بررسی قرار می گیرند.

جدول ۸-۱۲-۳-۱ کدهای حرفی

کدهای حرفی مجاز	حجم تولید در یک فاصله زمانی
A, B	۲ - ۸
A - C	۹ - ۲۵
A - D	۲۶ - ۹۰
A - E	۹۱ - ۵۰۰
A - F	۵۰۱ - ۱۲۰۰
A - G	۱۲۰۱ - ۳۲۰۰
A - H	۳۲۰۱ - ۱۰۰۰۰
A - I	۱۰۰۰۱ - ۳۵۰۰۰
A - J	۳۵۰۰۱ - ۱۵۰۰۰۰
A - K	۱۵۰۰۰۱ و بیشتر

## ۸-۱۲-۳-۱ طرحهای CSP-F

طرحهای CSP-F تک سطحی هستند و بازرسی تناوبی صد در صد و به طریق نمونه برداری را میسر می سازند. روش اجرایی مثل طرحهای CSP-1 است. طرحهای CSP-F بر مبنای AOQL و همچنین میزان کالای تولید شده در یک بازه زمانی می باشند. و لذا این طرحها امکان انتخاب مقادیر کوچکتر برای  $i$  را میسر می سازند. از این رو این طرحها برای چرخه های کوتاه تولیدی و مواردی که بازرسی وقت گیر است مناسبند.

طرحهای CSP-F دارای ۱۲ جدول مختلف هستند که هر یک به ازای مقدار مشخصی از AOQL تدوین شده است. جدول ۸-۱۲-۳-۱ نمونه ای از این جداول و به ازای  $0/33$  AOQL = % باشد. دیگر جداول مربوط به این طرح در این کتاب نیامده است. مقادیر  $i$  در ردیف آخر جدول همان مقادیری هستند که در طرح CSP-1 و به ازای  $0/33$  AOQL = % آمده است.

چگونگی استفاده از جدول ۸-۱۲-۳-۱ با مثالی مشخص می گردد. چنانچه داشته باشیم  $0/33$  AOQL = %،  $f = \frac{1}{4}$  و  $N = 7500$ ، آن گاه می توانیم  $i = 177$  را از این جدول استخراج کنیم.



جدول ۸-۱۲-۳-۱ مقادیر  $i$  برای طرحهای CSP-F ( $\text{AOQL} = \frac{0}{33}\%$ )

G	D	E	F	B	C	A	کد حرفی
$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	f
							N
۱۴۶	۱۴۰	۱۳۳	۱۲۳	۱۱۴	۹۹	۷۰	۱ - ۵۰۰
۲۰۰	۱۸۸	۱۷۴	۱۵۵	۱۴۰	۱۱۶	۷۷	۵۰۱ - ۱۰۰۰
۲۵۸	۲۳۶	۲۱۱	۱۸۱	۱۵۸	۱۲۷	۸۱	۱۰۰۱ - ۲۰۰۰
۲۹۱	۲۶۱	۲۲۸	۱۹۲	۱۶۶	۱۳۲	۸۲	۲۰۰۱ - ۳۰۰۰
۳۱۲	۲۷۶	۲۳۷	۱۹۸	۱۷۰	۱۳۴	۸۳	۳۰۰۱ - ۴۰۰۰
۳۲۷	۲۸۶	۲۴۴	۲۰۱	۱۷۳	۱۳۵	۸۳	۴۰۰۱ - ۵۰۰۰
۳۳۸	۲۹۳	۲۴۸	۲۰۴	۱۷۴	۱۳۶	۸۴	۵۰۰۱ - ۶۰۰۰
۳۴۶	۲۹۸	۲۵۱	۲۰۶	۱۷۶	۱۳۷	۸۴	۶۰۰۱ - ۷۰۰۰
۳۵۳	۳۰۲	۲۵۴	۲۰۷	۱۷۷	۱۳۷	۸۴	۷۰۰۱ - ۸۰۰۰
۳۵۸	۳۰۵	۲۵۶	۲۰۹	۱۷۷	۱۳۸	۸۴	۸۰۰۱ - ۹۰۰۰
۳۶۲	۳۰۸	۲۵۷	۲۰۹	۱۷۸	۱۳۸	۸۴	۹۰۰۱ - ۱۰۰۰۰
۳۶۶	۳۱۰	۲۵۹	۲۱۰	۱۷۸	۱۳۸	۸۴	۱۰۰۰۱ - ۱۱۰۰۰
۳۶۹	۳۱۲	۲۶۰	۲۱۱	۱۷۹	۱۳۹	۸۴	۱۱۰۰۱ - ۱۲۰۰۰
۳۷۶	۳۱۶	۲۶۲	۲۱۱	۱۸۰	۱۳۹	۸۴	۱۲۰۰۱ - ۱۵۰۰۰
۳۸۴	۳۲۰	۲۶۵	۲۱۴	۱۸۱	۱۴۰	۸۴	۱۵۰۰۱ - ۲۰۰۰۰
۴۱۰	۳۳۵	۲۷۰	۲۱۷	۱۸۲	۱۴۰	۸۴	۲۰۰۰۱ و بیشتر

۸ - ۱۲ - ۳ - ۲ طرحهای CSP-T

طرحهای CSP-T چند سطحی هستند و بازرسی تناوبی صد در صد و از طریق نمونه برداری را میسر می سازند. تفاوت عمده این طرحها با طرحهای قبلی در آن است که

امکان کاهش نمونه برداری را متعاقب مشاهده کیفیت بالای کالا فراهم می آورند. نمودار ۸-۱۲-۳-۲-۱ مراحل اجرایی این طرح را نشان می دهد. جدول د - ۱۴ پیوستار کتاب نیز مقادیر  $i$  و  $f$  را به ازای مقادیر مختلف AOQL به دست می دهد.

اگرچه طرحهای CSP-T در صورت بالا بودن سطح کیفیت باعث کاهش بازرسی می گردند، اما در مورد تخصیص پرسنل مشکلاتی را به وجود می آورند. برای مثال، وقتی  $f = 1$ ، برای بازرسی صد درصد به ۱۶ نفر، در مرحله اول به ۴ نفر، در مرحله دوم به ۲ نفر و در مرحله آخر به ۱ نفر نیاز می باشد.

نمودار ۸-۱۲-۳-۲-۱ مراحل اجرایی طرحهای CSP-T

### شروع

- (۱) اقلام تولید شده را به صورت صد در صد بازرسی کنید.
- (۲) آیا  $i = 1$  (اقلام سالم بازرسی شده در این مرحله) ؟
- (۳) اگر پاسخ مرحله (۲) منفی است، به مرحله (۱) بازگردید.
- (۴) اگر پاسخ مرحله (۲) مثبت است، بازرسی ۱۰۰٪ را متوقف و به مرحله (۵) بروید.
- (۵) بازرسی را از طریق برداشت نمونه های تصادفی با حجم  $f$  انجام دهید.
- (۶) چنانچه کالای نامرغوبی مشاهده نشد، به مرحله (۷) بروید، در غیر این صورت به مرحله (۱) بازگردید.
- (۷) آیا  $i = 1$  (اقلام سالم بازرسی شده در این مرحله) ؟
- (۸) اگر پاسخ مرحله (۷) منفی است، به مرحله (۵) بازگردید.
- (۹) اگر پاسخ مرحله (۷) مثبت است، به مرحله (۱۰) بروید.
- (۱۰) بازرسی را از طریق برداشت نمونه های تصادفی با حجم  $f$  انجام دهید.
- (۱۱) چنانچه کالای نامرغوبی مشاهده نشد، به مرحله (۱۲) بروید، در غیر این صورت به مرحله (۱) بازگردید.
- (۱۲) آیا  $i = 1$  (اقلام سالم بازرسی شده در این مرحله) ؟
- (۱۳) اگر پاسخ مرحله (۱۲) منفی است، به مرحله (۱۰) بازگردید.

- (۱۴) اگر پاسخ مرحله (۱۲) مثبت است، به مرحله (۱۵) بروید.
- (۱۵) بازرسی را از طریق برداشت نمونه های تصادفی با حجم  $(\frac{f}{4})$  انجام دهید.
- (۱۶) چنانچه کالای نامرغوبی مشاهده نشد، به مرحله (۱۵) بروید، در غیر این صورت به مرحله (۱) بازگردید.

چنانچه فرض کنیم میزان AOQL مطلوب  $\frac{2}{9}$  درصد است و همچنین  $f = \frac{1}{\sqrt{p}}$ ، آن گاه با استفاده از جدول د - ۱۴ مقدار  $i$  برابر ۳۵ به دست می آید. بازرسی صد درصد تا زمانی که ۳۵ قلم متوالی بازرسی شده سالم باشند، ادامه می یابد. سپس بازرسی از طریق نمونه برداری با فراوانی  $\frac{1}{4}$  شروع می شود. اگر در ۳۵ قلم بعدی کالای نامرغوبی مشاهده نشد، آن گاه  $f = \frac{1}{4}$  تا مشاهده ۳۵ کالای مرغوب دیگر نمونه برداری با  $f = \frac{1}{4}$  ادامه می یابد. از آن پس و تا پایان تولید محصول مورد نظر،  $f$  به  $\frac{1}{4}$  کاهش می یابد. البته در هر مرحله با مشاهده کالای نامرغوب، مجدداً بازرسی به صورت صد درصد انجام شده و مراحل فوق تکرار می گردند.

#### ۸ - ۱۲ - ۳ - ۳ طرحهای CSP-V

پنجمین طرح استاندارد نظامی 1235B طرحی تک سطحی و پیوسته است. بازگشت به بازرسی صد درصد بلافاصله پس از مشاهده یک نامرغوبی در اولین  $i$  قلم بازرسی شده، صورت می گیرد. چنانچه پس از بازرسی  $i$  قلم از کالا یک نامرغوبی مشاهده شود، ارقام به صورت صد درصد بازرسی می شوند اما به میزان  $\frac{1}{4}$  کاهش می یابد. لذا چنانچه مقدار اولیه  $i$  برابر ۳۹ باشد، مقدار کاهش یافته آن ۱۳ خواهد بود. این طرحها در مواردی که کاهش  $f$  مفید فایده نیست، مثلاً در وضعیتی که امکان به کارگیری پرسنل بازرسی برای کارهای دیگر وجود ندارد، کاربرد دارند. این طرح مشکل تخصیص پرسنل را ساده نموده، و همچنین میزان بازرسی را در صورت و به هنگام بروز نامرغوبی به حداقل ممکن می رساند.

#### ۸ - ۱۳ طرحهای نمونه برداری برای مقیاسهای کمی کیفیت

در حالی که طرحهای نمونه برداری برای مقیاسهای کیفی متداولترین نوع طرحها می باشند، ممکن است در وضعیتهایی، نمونه برداری برای مقیاسهای کمی مورد نیاز باشد.

این طرحهای نمونه برداری بر اساس آماره‌های نمونه، از جمله میانگین و انحراف معیار و همچنین توزیع فراوانی هستند.

یکی از محاسن عمده طرحهای کمتی آن است که حجم نمونه در مقایسه با طرحهای کیفی کوچک است. به علاوه، طرحهای کمتی مبنای بهتری برای ارتقای کیفیت ایجاد نموده و اطلاعات بیشتری را برای تصمیم‌گیری به دست می‌دهند. یکی از معایب طرحهای کمتی آن است که تنها یک مشخصه کالا مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و برای هر مشخصه کالا، یک طرح جدا مورد نیاز است. ضمناً این طرحها هزینه اجرایی بالاتری را ایجاد می‌کنند. علاوه بر این لازم است تا توزیع جامعه معلوم و یا برآورد گردد.

طرحهای نمونه برداری برای مقیاسهای کمتی به دو دسته درصد نامرغوبی<sup>۱</sup> و پارامتر فرآیند<sup>۲</sup> تقسیم می‌شوند. طرحهای کمتی درصد نامرغوبی، کسری از محصول را که خارج از حدود تعیین شده قرار می‌گیرد، تعیین می‌کنند. از این نوع طرحها، طرح نمودار توده شاینین<sup>۳</sup> را در بخش بعدی مورد بررسی قرار می‌دهیم. طرحهای پارامتر فرآیند برای کنترل میانگین و انحراف معیار محصول در قبال حدود تعیین شده مورد استفاده قرار می‌گیرند. نمودار کنترل پذیرش، نمونه برداری دنباله‌ای برای کمتی‌ها، و آزمون فرض از جمله این نوع طرحها می‌باشند. به دلیل محدود بودن کاربرد این طرحها، آنها را باختصار در پایان فصل معرفی می‌کنیم.

### ۸- ۱۳- ۱ طرح نمودار توده شاینین

این طرح در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این طرح با استفاده از نمودار توزیع فراوانی وضعیت کیفیتی نمونه ارزیابی شده و سپس در مورد رد و یا قبول توده تصمیم‌گیری می‌شود. نکته مهم این طرح امکان به کارگیری آن برای توزیعهای نرمال و غیرنرمال است. نکته قابل توجه دیگر سادگی طرح است، که آن را مناسب بازرسی تولیدات

1- Percent Nonconforming

2- Process Parameter

3- Shalnin lot Plot

داخلی و اقلام وارداتی می کند.

روش اجرایی این طرح در ضمن مثال زیر تشریح می شود. این مثال در مورد تولید ورقه های برنجی در یک کارگاه ریخته گری است:

۱. ۱۰ نمونه ۵ تایی بطور تصادفی از توده برداشته ایم. جدول ۸-۱۳-۱-۱

عرض این ورقه ها را بر حسب میلی متر نشان می دهد.

۲. میانگین  $\bar{x}$  و دامنه  $R$  هر یک از نمونه ها را محاسبه کرده ایم (جدول ۸-۱۳-۱-۱).

۳. هیستوگرامی از مقادیر اندازه گیری شده را رسم کرده ایم. در طرح شاینین تعداد

فاصله ها باید بین ۷ تا ۱۶ باشد. شکل ۸-۱۳-۱-۱ این هیستوگرام را با ۹

فاصله هر یک به عرض ۰/۳ نشان می دهد.

۴. میانگین میانگینها و میانگین دامنه ها به صورت زیر محاسبه شده است

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{m} = \frac{976/8}{10} = 97/7, \quad \bar{R} = \frac{\sum R}{m} = \frac{13/7}{10} = 1/4$$

۵. با استفاده از این مقادیر حدود فوقانی و تحتانی توده به صورت زیر محاسبه

شده است

$$ULL = \bar{\bar{x}} + \frac{3R}{d_2}$$

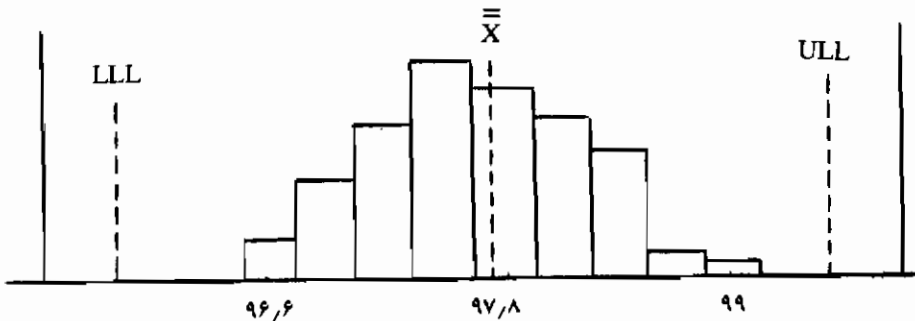
$$LLL = \bar{\bar{x}} - \frac{3R}{d_2}$$

$$= 97/7 + \frac{(3)(1/4)}{2/326} = 99/5$$

$$= 97/7 + \frac{(3)(1/4)}{2/326} = 95/8$$

جدول ۸-۱۳-۱-۱۰ نمونه ۵ تایی (عرض ورقهای برنجی)

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	۹۶/۷	۹۷	۹۸	۹۷/۸	۹۷/۵	۹۸/۵	۹۸/۳	۹۸/۲	۹۷/۹	۹۷/۴
	۹۷/۷	۹۸/۳	۹۹	۹۷/۲	۹۶/۷	۹۷/۱	۹۷/۷	۹۷/۹	۹۷/۷	۹۶/۵
	۹۸/۴	۹۷/۲	۹۸/۳	۹۷/۶	۹۸/۱	۹۶/۸	۹۷/۶	۹۷/۸	۹۷/۸	۹۶/۹
	۹۷/۴	۹۷/۲	۹۷/۵	۹۸/۰	۹۷/۱	۹۷/۶	۹۸/۸	۹۸/۱	۹۷/۱	۹۷/۳
	۹۷/۰	۹۷/۸	۹۷/۷	۹۷/۴	۹۶/۹	۹۸/۲	۹۸/۰	۹۸/۸	۹۸/۳	۹۸/۴
میانگین	۹۷/۴	۹۷/۵	۹۸/۱	۹۷/۶	۹۷/۳	۹۷/۶	۹۸/۱	۹۸/۲	۹۷/۸	۹۷/۳
دامنه	۱/۷	۱/۳	۰/۸	۱/۴	۱/۷	۱/۲	۱/۰	۱/۲	۱/۲	۱/۹



شکل ۸-۱۳-۱-۱۰ مشخصه ها و حدود توده ها

ارزیابی نمودار توده - پس از محاسبه حدود و رسم نمودار، در مورد پذیرش و یا رد توده تصمیم گیری می شود. این تصمیم گیری بر مبنای مقایسه نمودار توده با ۱۱ نوع نموداری که در شکل د-۱ در پیوستار کتاب رسم شده، صورت می گیرد.

چهار نمودار اول در مورد نمودارهایی که توزیع تقریبی آنها نرمال است کاربرد دارند. در

نمودار ۱ شکل د-۱ نمودار توده کاملاً در داخل حدود تعیین شده قرار گرفته و لذا توده بدون محاسبه حدود آن، پذیرفته می شود. اگر مثل نمودار ۲ حدود توده در داخل محدوده تعیین شده قرار بگیرد، توده پذیرفته می شود. حال چنانچه حدود توده خارج از محدوده تعیین شده قرار گرفت (نمودار های ۳ و ۴)، آن گاه درصد اقلام خارج از محدوده محاسبه شده و سرنوشت توده به نظر مجمع بازننگری واگذار می شود.

دیگر نمودارهای شکل د-۱ برای توزیعهای غیر نرمال به کار می روند. برای مثال نمودار ۵ مورّب است. نمودار ۶ و ۹ بیانگر این واقعیتند که یا توده مورد بازرسی صد درصد قرار گرفته و یا اقلام آن دسته بندی گردیده اند. نمودارهای ۷ و ۱۰ وضعیت دو نمایی را نشان می دهند و نمودار ۱۱ برای مقادیر پراکنده است. مثال مورد نظر چنان که از هیستوگرام شکل ۸-۱۳-۱-۱ بر می آید، بیانگر وضعیت نمودار ۵ است و توده پذیرفته می شود. روشهای خاصی برای تحلیل نمودارهای توده غیر نرمال تعیین شده اند.

#### ۸-۱۳-۲ طرحهای دیگر نمونه برداری برای مقیاسهای کمی

سه نوع دیگر از طرحهای نمونه برداری کمی وجود دارند که گاه گاهی مورد استفاده قرار می گیرند. این طرحها با میانگین کیفیت و یا پراکندگی کیفیت کالا سر و کار دارند. این طرحها را می توان برای نمونه برداری از مواد حجیم که در کیسه، بشکه، تانک و چیزهایی از این قبیل حمل می شوند مورد استفاده قرار داد. توضیح مختصری برای هر یک در این بخش ارائه می شود.

نمودارهای کنترل پذیرش روشی است که بر اساس آن با استفاده از میانگین نمونه یک توده رد یا پذیرفته می شود. حدود کنترل و حجم نمونه بر اساس انحراف معیار معلوم، سطح کیفیت قابل قبول، AOQL و ریسکهای تولید کننده و مصرف کننده محاسبه می شوند. استفاده از نمودار، امکان مشاهده وجود روند در داده ها را میسر می سازد.

نمونه برداری دنباله ای برای کمی ها را وقتی که پراکندگی کیفیت تابع توزیع نرمال و انحراف معیار نیز معلوم باشد، به کار می گیریم. این روش مشابه روش نمونه برداری دنباله ای برای کیفی هاست که در بخش ۸-۱۱ بررسی شد. بر خلاف طرح نمونه برداری دنباله ای برای کیفی ها که در آن تعداد اقلام نامرغوب،  $d$  بر روی منحنی رسم می شود، در

طرح نمونه برداری دنباله‌ای برای کمتی‌ها جمع تراکمی،  $\Sigma X$  رسم می‌گردد. نمونه برداری دنباله‌ای می‌تواند موجب کاهش بازرسی گردد.

سومین نوع نمونه برداری برای کمتی‌ها آزمون فرض نام دارد. آزمونهای مختلفی برای ارزیابی میانگین یا انحراف معیار نمونه در مورد پذیرش و یا رد توده وجود دارد. خوانندگان علاقه مند را به مرجع [۱۳] ارجاع می‌دهیم.

## تمرینها

۱. طرح نمونه برداری تکی طراحی کنید که با احتمال ۵ درصد توده‌هایی را که  $2/4$  درصد یا کمتر نامرغوبی دارند، رد نموده و توده‌هایی را که دارای ۶ درصد یا بیشتر نامرغوبی هستند با احتمال ۱۰ درصد بپذیرد. میزان AOQL این طرح چقدر است؟ چنانچه توده‌ای ۵۰۰۰ تایی که متوسط نامرغوبی آن  $3/7$  درصد است برای بازرسی برسد، بطور متوسط چه درصدی از این توده بازرسی می‌گردد؟

۲. در طرح نمونه بسرداری مضاعف با مؤلفه‌های  $(c_1=1, n_1=41, c_2=4, n_2=65, N=1000)$  اولاً احتمال نیاز به برداشت نمونه دوم در قبال توده‌ای را که دارای  $2/5$  درصد نامرغوبی است محاسبه کنید. ثانیاً مشخصات یک نقطه را بر روی منحنی مشخصه عملکرد طرح، تعیین کنید.

۳. طرح نمونه برداری با مشخصات  $(3, 100, 8000)$  در اختیار است. از توده‌هایی که برای بازرسی می‌رسند، ۳۵ درصد دارای ۱ درصد نامرغوبی‌اند، ۲۰ درصد آنها کاملاً مرغوبند و بقیه ۵ درصد نامرغوبی دارند. اگر بدانیم هزینه بازرسی به ازای هر قلم محصول ۱۵ ریال و هزینه پذیرش کالای نامرغوب ۶۰۰ ریال است، عدم بازرسی هزینه کمتری دارد یا استفاده از طرح نمونه برداری فوق؟

۴. به ازای معیارهای پذیرش ۴، ۵ و ۱۰ سه طرح نمونه برداری تکی طراحی کنید که در آن ریسک تولید کننده برای توده‌هایی که دارای ۲ درصد نامرغوبی هستند برابر با ۵ درصد باشد.



۵. سه طرح نمونه برداری  $(n = 120, c = 1)$ ،  $(n = 180, c = 2)$  و  $(n = 250, c = 3)$  در اختیار داریم. با استفاده از ۸۵ توده ۵۰۰۰ تایی که میانگین نامرغوبی هر یک  $0/75$  درصد می باشد، چگونگی وابستگی هزینه بازرسی به احتمال پذیرش و سطح کیفیت توده را بررسی نمایید.

۶. سطح کیفیت قابل قبول و غیر قابل قبول در یک طرح نمونه برداری به ترتیب ۲ و ۸ درصد است. مشخصات طرحی را تعیین کنید که با حجم توده ۳۰۰۰ تایی و ریسک مصرف کننده ۸ درصد، میانگین کالای بازرسی شده را به حداقل ممکن برساند. ثانیاً بر اساس معیاری که در نظر می گیرید از بین دو طرحی که کمترین هزینه را در بر دارد، یکی را انتخاب کنید.

۷. با توجه به طرح نمونه برداری  $(n = 100, c = 2)$  و  $(n = 500, c = 1)$  و به ازای توده ای که دارای ۱٪ نامرغوبی است، مطلوبست محاسبه موارد زیر:

(الف) احتمال پذیرش توده، (ب) میانگین کیفیت کالای خارج شده، (ج) میانگین بازرسی، (د) ریسک تولید کننده.

۸. برای طرح نمونه برداری دنباله ای که دارای مؤلفه های  $\alpha = 0/08$ ،  $P_{\alpha} = 0/05$  و  $\beta = 0/15$ ،  $P_{\beta} = 0/12$  است، معادله های خطوط پذیرش و رد را تعیین کنید. با استفاده از این معادله ها جدولی شامل تعداد قابل قبول و غیر قابل قبول نامرغوبی و تعداد کالای بازرسی شده تشکیل دهید. پایان جدول وقتی است که تعداد نامرغوبی غیر قابل قبول ۶ باشد.

۹. از یک طرح زنجیره ای برای بازرسی توده هایی با حجم ۲۵۰ استفاده می شود. ۶ نمونه مورد بازرسی قرار می گیرند. چنانچه در این نمونه ها کالای نامرغوبی یافت نشود، توده پذیرفته می شود. اگر یک کالای نامرغوب در نمونه ها مشاهده شود، چنانچه ۳ نمونه قبلی خالی از نامرغوبی باشند، باز هم توده پذیرفته می شود. مطلوبست محاسبه احتمال پذیرش توده ای بر اساس طرح زنجیره ای فوق، که دارای ۳٪ نامرغوبی است.

۱۰. مطلوب است رسم منحنی طرح زنجیره ای که دارای مؤلفه های  $i = 3$ ،  $c = 0$  و  $n = 4$  است.



## فصل نهم

### قابلیت اطمینان

#### ۹ - ۱ مقدمه

اگر بخواهیم تعریف ساده‌ای از قابلیت اطمینان ارائه کنیم باید بگوییم قابلیت اطمینان یعنی کیفیت در درازمدت. کیفیت وضعیت محصول را در حین تولید و یا بلافاصله پس از آن بیان می‌دارد در حالی که قابلیت اطمینان بر توانایی یک محصول در تأمین اهداف از قبل تعیین شده‌اش در طول یک بازه زمانی دلالت دارد. از آن جا که قطعات مختلف یک کالا، در زمانهای مختلف و ظاهراً به صورت تصادفی خراب می‌شوند، قابلیت اطمینان محصول کمیته احتمالی است. تعریف دقیقتر قابلیت اطمینان چنین است: "قابلیت اطمینان عبارت است از احتمال آن که کالایی بتواند در طول عمر تعیین شده‌اش تحت شرایط محیطی از قبل مشخص شده، اهداف تعیین شده از ساخت خود را تأمین نماید." از این تعریف چنین بر می‌آید که چهار عامل مختلف با قابلیت اطمینان در ارتباط هستند: (۱) یک کمیت عددی، (۲) اهداف تعیین شده از ساخت، (۳) عمر محصول، و (۴) شرایط محیطی.

کمیت عددی، بیانگر احتمال عدم خرابی یک کالا در دوره زمانی خاص است. بنابراین، کمیت ۹۳٪ به این معناست که ۹۳ عدد از ۱۰۰ عدد کالا پس از انقضای دوره زمانی درست عمل می‌کنند، در حالی که ۷ تا آن قبل از پایان دوره خراب می‌شوند. توزیعهای احتمال خاص را می‌توان برای بیان میزان خرابی کالا به کار گرفت.

اهداف تعیین شده از ساخت کالا دومین عامل است. کالاهای را برای کاربردهای خاص طراحی کرده و می سازند. لذا کالای ساخته شده باید قادر به انجام آن کاربردها باشد. برای مثال یک بالابر الکتریکی با ظرفیت مشخص باید قادر باشد تا محموله هایی را که وزن آنها کمتر یا مساوی ظرفیت آن است، جابه جا کند. از این بالابر انتظار حمل بارهای سنگین تر نمی رود. عامل سوم عمر مفید کالا است. به عبارت دیگر کالای مورد نظر برای چه دوره زمانی، باقی و برقرار است. عمر محصول را به عنوان تابعی از کارکرد یا زمان و یا هر دو می توان بیان نمود. آخرین عامل دخیل در قابلیت اطمینان شرایط محیطی است. از محصولی مثلاً مبلمان که برای استفاده در داخل ساختمان طراحی و تولید شده نمی توان انتظار داشت تا در محیط خارج از ساختمان و زیر تابش آفتاب و یاریش برف و باران عملکرد قابل اطمینانی از خود نشان دهد. شرایط محیطی جنبه های حمل و نقل و نگهداری محصول را نیز در بر می گیرند.

## ۹-۲ رسیدن به قابلیت اطمینان

اخیراً تأکید بسیاری بر روی قابلیت اطمینان محصولات می شود. یکی از دلایل این تأکید پیچیده تر شدن محصولات به لحاظ تکنولوژی ساخت، مواد مورد استفاده و طراحی محصول می باشد. مثلاً در زمان گذشته ماشین لباس شویی وسیله ای ساده بود که لباسها را در محلول گرم چرک زدا به چرخش در می آورد. ولی امروزه ماشینهای لباس شویی دارای قابلیت های متفاوتی هستند که از آن جمله اند: سرعت های چرخشی مختلف، سرعت های مختلف آب کشی، برنامه های مختلف زمانی جهت نیازهای متفاوت ششو، درجات گوناگون حرارتی و سطوح مختلف آب و پذیرش محلول های مختلف مثل نرم کننده ها در زمانهای مشخص.

## ۹-۲-۱ قابلیت اطمینان سیستم (محصول) و محاسبه آن

با پیچیده تر شدن محصولات (سیستم) احتمال خرابی آنها نیز افزایش می یابد. چگونگی قرار دادن قطعات در محصول بر قابلیت اطمینان کل سیستم (محصول) تأثیر می گذارد. قطعات را می توان به صورت سری، موازی و یا ترکیبی از این دو در سیستم قرار داد. شکل ۹-۱ ترتیب های مختلف چیدن قطعات را نشان می دهد.

وقتی قطعات به صورت سری چیده می شوند، قابلیت اطمینان سیستم برابر با حاصل

ضرب قابلیت‌های اطمینان تک تک قطعات است. بنابراین، برای ترتیب شکل ۹-۱-الف نظریه ضرب احتمالات برقرار بوده و قابلیت اطمینان سیستم،  $R_s$  به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\begin{aligned} R_s &= (R_A) (R_B) (R_C) \\ &= (0/95) (0/75) (0/99) \\ &= 0/71 \end{aligned}$$

با اضافه کردن قطعات بیشتر به این سری، قابلیت اطمینان کل سیستم کاهش می‌یابد. شایان ذکر است که در این حالت قابلیت اطمینان سیستم همیشه کوچکتر از کمترین قابلیت اطمینان قطعات می‌باشد.

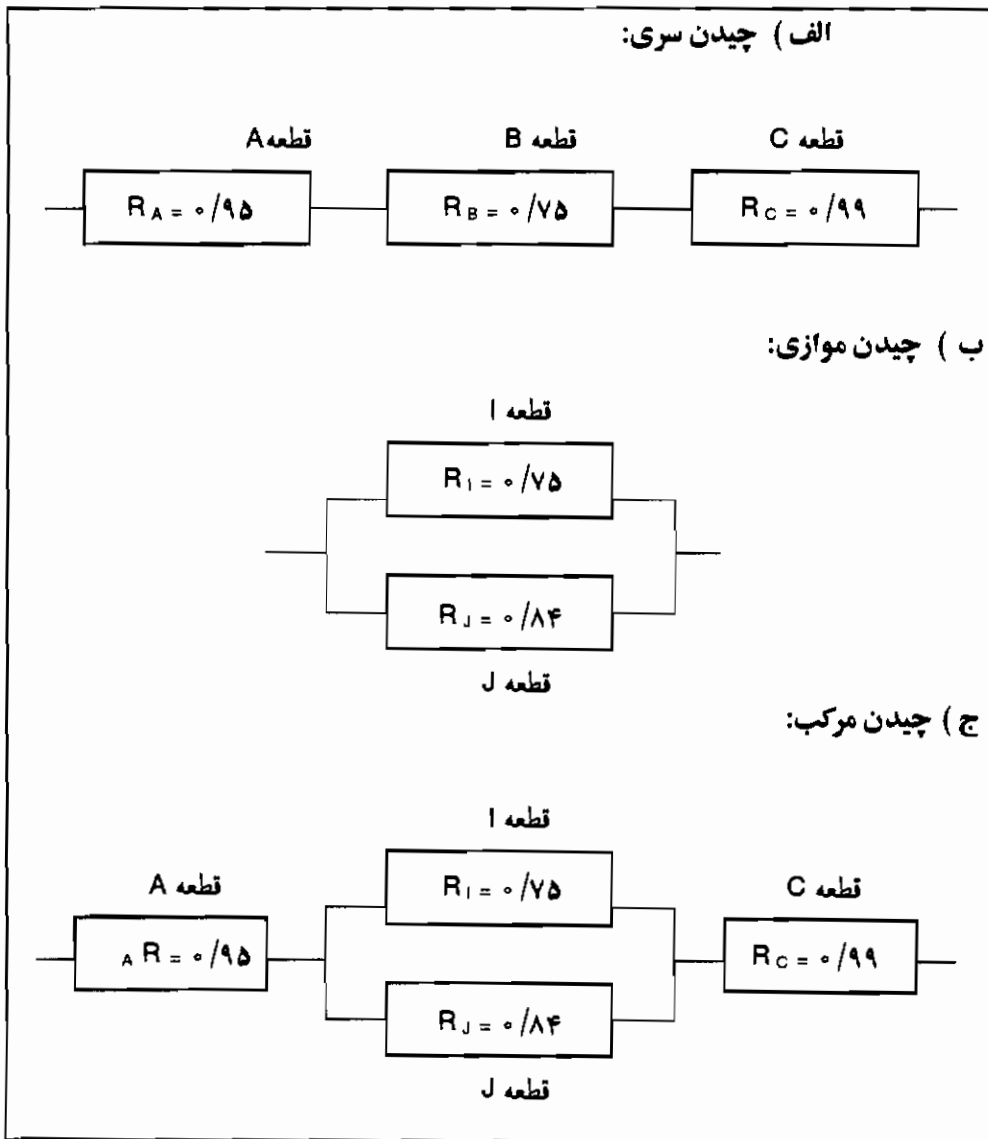
وقتی قطعات به صورت سری چیده می‌شوند، خرابی هر یک از قطعات باعث از کار افتادن کل سیستم می‌شود. این وضعیت وقتی قطعات به صورت موازی چیده شده باشند، صادق نیست. چرا که وقتی قطعه‌ای خراب شد، سیستم با استفاده از قطعه دیگری که به صورت موازی با قطعه خراب چیده شده، به کار خود ادامه می‌دهد. بنابراین، قابلیت اطمینان سیستم از شکل ۹-۱-ب به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\begin{aligned} R_p &= 1 - (1 - R_I)(1 - R_J) \\ &= 1 - (1 - 0/75)(1 - 0/84) \\ &= 0/96 \end{aligned}$$

با افزایش تعداد قطعات موازی، قابلیت اطمینان سیستم افزایش می‌یابد. قابلیت اطمینان سیستمی که قطعات آن به صورت موازی چیده شده‌اند، از ماکزیمم قابلیت اطمینان تک تک قطعات آن بیشتر است.

قطعات در بیشتر سیستم‌های پیچیده به صورت ترکیبی از چیدن سری و موازی قرار می‌گیرند. این ترتیب در شکل ۹-۱-ج که در آن قطعات ۱ و ۲ جایگزین قطعه B شده‌اند، نشان داده شده است. قابلیت اطمینان ترکیب حاصل به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\begin{aligned} R_c &= (R_A) (R_{1,2}) (R_C) \\ &= (0/95) (0/96) (0/99) \\ &= 0/90 \end{aligned}$$



شکل ۹-۱ روشهای چینن قطعات

قابلیت اطمینان هر محصول تابعی از طراحی، ساخت، حمل و نقل و نگهداری آن می‌باشد.

### ۹-۲-۱-۱ طراحی

طراحی مهمترین جنبه قابلیت اطمینان است. طراحی باید حتی المقدور ساده باشد. چنان که قبلاً اشاره شد، هر چه تعداد قطعات در محصول بیشتر باشد، احتمال خرابی آن نیز افزایش می‌یابد. فرض کنید سیستمی دارای ۵۰ قطعه چیده شده به صورت سری باشد که قابلیت اطمینان هر یک از قطعات آن ۰/۹۵ است، آنگاه قابلیت اطمینان سیستم برابر است با:

$$R_s = R^n = 0.95^{50} = 0.08$$

این مثال بخوبی نشان می‌دهد که هر چه تعداد قطعات سری چین در سیستم بیشتر باشد، احتمال خرابی سیستم بیشتر و قابلیت اطمینان آن کمتر خواهد بود. یک راه برای افزایش قابلیت اطمینان، طراحی قطعاتی به عنوان قطعات یدک در سیستم است. وقتی قطعه اولیه خراب می‌شود، قطعه یدک شروع به کار می‌کند. این وضعیت را در قالب موازی چیدن قطعات بررسی کردیم. شایان توجه است که غالباً برای حصول قابلیت اطمینان تعیین شده‌ای برای یک محصول، قرار دادن چند قطعه ارزان به صورت یدک در سیستم، مقرون به صرفه تر از قرار دادن یک قطعه گران ولی مرغوبتر است. قابلیت اطمینان را می‌توانیم از طریق دخالت دادن عاملهای ایمنی بیشتر در طراحی به دست آوریم. برای مثال در سیستمی که با مفتول ۵/۰ اینچی نیز هدف از ساخت خود را تأمین می‌کند، با قرار دادن مفتولی به قطر ۱ اینچ به جای مفتولی با قطر ۵/۰ اینچ باعث افزایش قابلیت اطمینان محصول می‌گردیم. مراقبت و نگهداری سیستم، عامل عمده‌ای در قابلیت اطمینان سیستم است. محصولاتی که براحتی قابل نگهداری و تعمیرند، بخوبی نیز حفاظت و نگهداری می‌شوند. در بعضی موارد شاید حذف تعمیر و مراقبت‌های دوره‌ای عملی تر باشد. برای مثال بلبرینگهای آغشته به روغن نیازی به روغن کاری در دوره عمر مفیدشان ندارند.

شرایط محیطی از قبیل گرد و خاک، حرارت، رطوبت و لرزش می تواند عاملی برای خرابی سیستم باشد. طراح باید دور نگهداشتن محصول از این عوامل را در طرح خود لحاظ نماید. گاردهای حرارتی، پایه های لاستیکی و لرزش گیر و فیلترهای مختلف، جزو ابزارهای هستند که برای افزایش قابلیت اطمینان در شرایط نامناسب محیطی به کار می روند.

بین حجم سرمایه گذاری در قابلیت اطمینان و میزان قابلیت اطمینان رابطه مستقیمی وجود دارد. البته پس از رسیدن به سطح مشخصی از قابلیت اطمینان، سرمایه گذاری بیشتر اثرات ناچیزی در بهسازی قابلیت اطمینان خواهد داشت. برای مثال فرض کنید قطعه ای با هزینه ۵۰ واحد پول (وپ) دارای قابلیت اطمینان ۷۵٪ است. چنانچه هزینه به ۱۰۰ (وپ) افزایش یابد قابلیت اطمینان نیز به سطح ۹۰٪ می رسد. اما اگر هزینه به ۱۵۰ (وپ) افزایش یابد قابلیت اطمینان به سطح ۹۴٪ خواهد رسید. و این در حالی است که افزایش هزینه تا ۲۰۰ (وپ) باعث افزایش قابلیت اطمینان به سطح ۹۶٪ می گردد. چنان که از این مسأله فرضی برمی آید با افزایش سرمایه گذاری نسبت افزایش قابلیت اطمینان کاهش می یابد.

#### ۹-۲-۱-۲ ساخت

فرآیند ساخت محصول دومین جنبه مهم قابلیت اطمینان است. پیاده سازی تکنیکهای اساسی کنترل کیفیت که در فصول قبلی مورد بررسی قرار گرفتند، می تواند از احتمال خرابی محصول بکاهد. در این باره باید تأکید بیشتر را بر روی قطعاتی بگذاریم که از قابلیت اطمینان کمتری برخوردارند.

دست اندر کاران تولید باید از مناسبت ماشین آلات برای کاری که انجام می دهند مطمئن بوده و از ابزار و ماشین آلات جدیدی که در ارتباط با کار آنها به بازار عرضه می شود، آگاهی لازم را داشته باشند. علاوه بر آن، آنها می توانند شرایط مختلف فرآیند تولیدی را مورد آزمایش قرار دهند تا شرایط مطلوبی را که زمینه ساز ساخت محصولاتی با قابلیت اطمینان بیشتر است، شناسایی کنند.

#### ۹-۲-۱-۳ حمل و نقل

سومین جنبه قابلیت اطمینان حمل و انتقال محصول و رساندن آن به مشتری است. از



نظر مشتری، خوب عمل کردن محصول به هنگام استفاده آن، ارزیابی نهایی قابلیت اطمینان محصول است. اگر محصولی با دقت فراوان طراحی شده و در مراحل ساخت نیز از هیچ کوششی برای افزایش قابلیت اطمینان آن فروگذار نشده باشد، اما به هنگام استفاده به وسیله مشتری خوب عمل نکند، محصولی نامطمئن ارزیابی خواهد شد. قابلیت اطمینان محصول در مکان استفاده، تابعی از نحوه جابه جایی محصول در حمل و نقل بین کارخانه و محل استفاده از آن است. ارزیابی روشهای مختلف بسته بندی و حمل و نقل در این خصوص مفید فایده است.

### ۹-۲-۱-۴ نگهداری و مراقبتهای دوره ای

اگرچه طراحان سعی دارند تا نیاز به مراقبتهای دوره ای از جانب مشتری را از بین ببرند، اما در مواردی این کار عملی یا ممکن نیست. برای این موارد، طراح باید ترتیبی اتخاذ کند تا استفاده کننده در مواقع ضروری، از نیاز محصول به این گونه مراقبتها آگاه شود. به عنوان مثال، به هنگام نیاز یک دستگاه به روغن کاری، یا زنگ خطری به صدا در آید و یا چراغ خطری روشن شود. این گونه مراقبتها باید بسادگی انجام پذیر باشند.

### ۹-۳ جنبه های آماری قابلیت اطمینان

توزیعهای نمایی، نرمال، و ویبال از جمله توزیعهای پیوسته آماری هستند که در مطالعات قابلیت اطمینان به کار می روند. توزیع فراوانی آنها نسبت به زمان در شکل ۹-۲ الف آمده است.

منحنیهای قابلیت اطمینان برای توزیعهای نمایی نرمال و ویبال نسبت به زمان در شکل ۹-۲ ب آمده است. رابطه های مربوطه نیز در شکل نوشته شده اند. برای منحنیهای نمایی و ویبال روابط به ترتیب عبارتند از  $R_t = e^{-t/\theta}$  و  $R_t = e^{-at}$ . رابطه قابلیت اطمینان برای توزیع نرمال عبارت است از

$$R = 1/0 - \int_0^t f(t) dt$$

که نیازمند انتگرال گیری است. البته از جدول د-۲ در پیوستار کتاب برای به دست آوردن مساحت زیر منحنی یعنی  $\int f(t) dt$  می توان استفاده کرد.

نرخ شکست (خرابی) مفهوم مهمی در تعریف منحنی تاریخ عمر هر محصول است. منحنیهای نرخ شکست برای توزیعیهای نمایی، نرمال، و ویبال نسبت به زمان در شکل ۹-۲-ج آمده است. نرخ شکست را از داده های آزمایش محصول با استفاده از رابطه زیر می توان برآورد کرد.

$$\hat{\lambda} = \frac{\text{تعداد خرابیهای محصول}}{\text{مجموع زمانها یا دورههای آزمایش}}$$

مثلاً فرض کنید نتیجه آزمایش ۹ کالا در پایان بیست و دومین ساعت آزمایش به شرح زیر باشد. چهار کالا به ترتیب پس از ۴، ۱۲، ۱۵ و ۲۱ ساعت خراب شدند. در پایان ساعت ۲۲، ۲۴، ۲۵ کالای دیگر هنوز کار می کردند.

$$\hat{\lambda} = \frac{4}{4 + 12 + 15 + 21 + 5(22)} = 0.025$$

برای توزیع نمایی و توزیع ویبال با شرط  $\beta = 1$  نرخ شکست ثابت است. وقتی نرخ شکست ثابت است، رابطه بین متوسط عمر محصول و نرخ شکست به قرار زیر است:

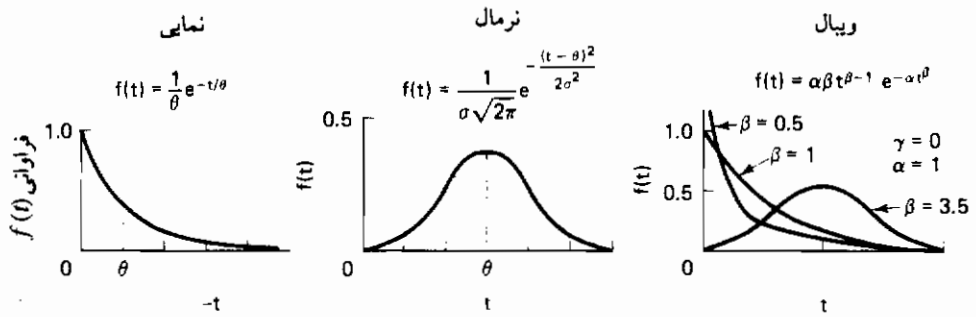
$$\lambda = \frac{1}{\theta}$$

که در آن:

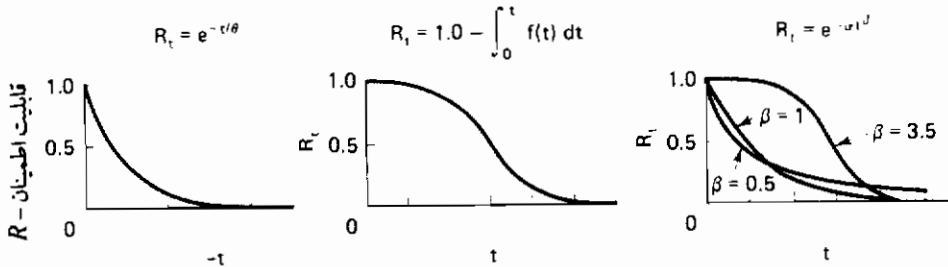
$\lambda$  = نرخ شکست، که عبارت است از احتمال خرابی محصول =  $\lambda$   
در فاصله زمانی یا یک دوره مشخص.  
 $\theta$  = متوسط عمر مفید کالا یا میانگین زمان تا خرابی محصول =  $\theta$

در مثال فوق متوسط طول عمر محصول به صورت زیر تعیین می شود:

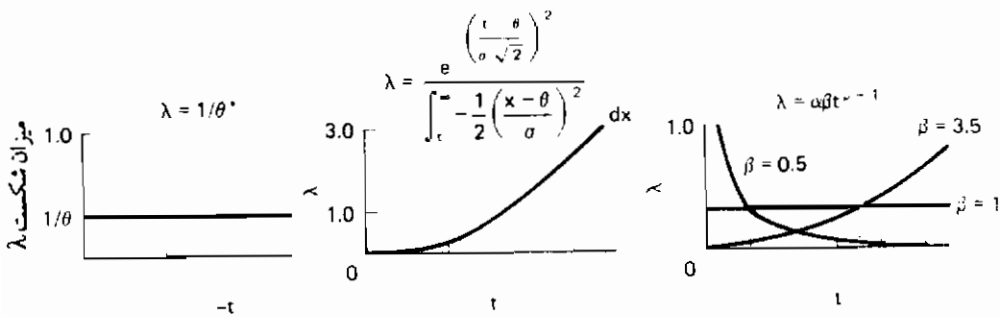
$$\theta = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.025} = 40 \text{ ساعت}$$



الف - توزیع فراوانی به عنوان تابعی از زمان



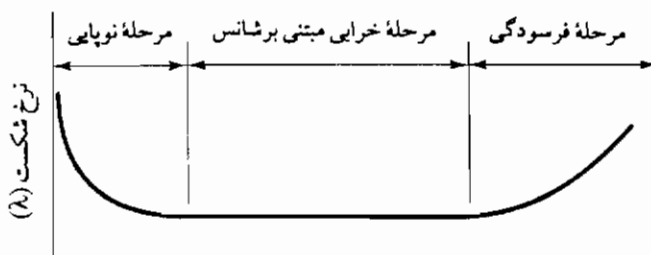
ب - قابلیت اطمینان به عنوان تابعی از زمان



ج - میزان شکست به عنوان تابعی از زمان

### ۹-۳-۱ منحنی تاریخچه عمر محصول

شکل ۹-۳ منحنی تاریخچه عمر تعداد نامتناهی از یک محصول را نشان می دهد. این منحنی بیانگر تغییرات نرخ شکست نسبت به زمان است. این منحنی دارای سه مرحله یا بخش متمایز است: مرحله نوپایی<sup>۱</sup>، مرحله خرابی مبتنی بر شانس<sup>۲</sup>، و مرحله فرسودگی<sup>۳</sup>. توزیعهای احتمال که در شکل ۹-۲-ج آمده اند، برای تشریح این سه مرحله به کار می روند.



شکل ۹-۳ منحنی تاریخچه عمر

مرحله نوپایی - این مرحله بیانگر دوره ای از عمر یک محصول است که در آن برخی از قطعات به کار رفته در محصول به دلیل کوتاهی عمر، نرخ شکست محصول را افزایش داده اما با گذشت زمان و عبور از این مرحله، نرخ شکست سرعت کاهش می یابد. اگرچه شکل منحنی تا حدودی به نوع محصول بستگی دارد، اما توزیع ویبال با پارامتر شکلی کوچکتر از ۱ یعنی  $\beta < 1$ ، برای تشریح وقوع شکستها در این مرحله به کار می رود. این مرحله، در چرخه عمر برخی از محصولات ممکن است قسمتی از عملیات بازرسی و آزمایش محصول قبل از توزیع آن باشد. برای دیگر محصولات این مرحله معمولاً توسط

1- Debugging phase

2- Chance failure phase

3- Wear-out phase

ضمانت تولیدکننده پوشش داده می شود. در هر دو صورت، این مرحله از نظر هزینه کیفیت، شایان توجه است.

**مرحله شکست مبتنی بر شانس** - این مرحله در شکل ۹-۳ به صورت یک خط موازی با محور نشان داده شده که بر ثابت بودن نرخ شکست در این مرحله دلالت دارد. شکستها به دلیل نرخ ثابت شکست به شیوه ای کاملاً تصادفی رخ می دهند. فرض ثابت ماندن نرخ شکست در این مرحله برای اغلب محصولات برقرار است، با این وجود ممکن است برای برخی از محصولات با گذشت زمان افزایش یابد. در حقیقت، در بعضی از محصولات نرخ شکست با گذشت زمان کاهش یافته و نشان می دهد که گذشت زمان باعث بهتر شدن محصول می گردد. برای نشان دادن این مرحله از عمر یک محصول می توان از توزیع نمایی و نیز توزیع ویبال با پارامتر شکلی برابر با ۱ استفاده کرد. در صورت افزایش یا کاهش منحنی در این مرحله، از توزیع ویبال با پارامتر شکلی بزرگتر و کوچکتر از ۱ می توان استفاده کرد. مطالعات مربوط به قابلیت اطمینان محصول و همچنین طرحهای نمونه برداری، بیشتر وقتها با مرحله دوم یعنی مرحله شکست مبتنی بر شانس محصول سروکار دارند. هرچه نرخ شکست کمتر باشد محصول با دوامتر است.

**مرحله فرسودگی** - سومین مرحله از عمر یک محصول، مرحله فرسودگی است که در شکل ۹-۳ با شیب تند افزایشی منحنی نشان داده شده است. معمولاً توزیع نرمال برای تشریح این مرحله مورد استفاده قرار می گیرد. البته بنا به نوع فرسودگی از توزیع ویبال با پارامتر شکلی بزرگتر یا کوچکتر از ۳/۵ نیز می توانیم برای این منظور استفاده کنیم.

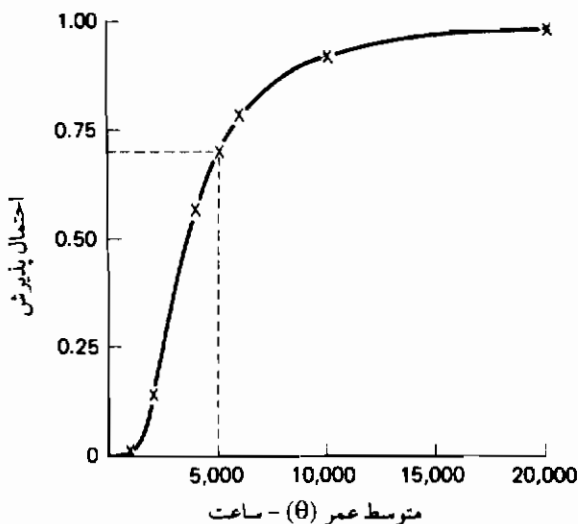
منحنی طول عمر اکثر محصولات مثل منحنی شکل ۹-۳ است. با این وجود محصولاتی را می توان یافت که منحنی طول عمر آنها متفاوت است. برای استفاده از توزیعهای آماری شناخته شده جهت تحلیل و پیش بینی قابلیت اطمینان محصولات، لازم است تا چگونگی و شیوه شکست محصول بدرستی تعیین گردد. نتایج حاصل از نمونه های آزمایشی برای تعیین توزیع مناسب به کار می روند.

#### ۹-۴ رسم منحنی مشخصه عملکرد

منحنی مشخصه عملکرد را به روشی مشابه آنچه در فصل ۸ در مورد طرحهای نمونه

برداری برای پذیرش گفتیم، می توان رسم کرد. با این تفاوت که به جای درصد نامرغوبی در نمونه یعنی،  $P$  از متوسط عمر محصول یعنی  $\theta$ ، استفاده می کنیم. چنانچه توده ها با متوسط عمر ۵۰۰۰ ساعت تحویل شوند، آن گاه احتمال پذیرش توده بر اساس طرح نمونه برداری با منحنی مشخصه عملکرد مطابق شکل ۹-۴،  $0/697$  خواهد بود.

برای تشریح چگونگی رسم منحنی مشخصه عملکرد از مثالی با نرخ شکست ثابت، استفاده می کنیم. طرح نمونه برداری با جایگزینی، به صورت زیر اجرا می شود. نمونه ای ۱۶ تایی از هر توده برداشت شده و هریک از آنها برای مدت ۶۰۰ ساعت آزمایش می شود. در صورت خراب شدن کمتر از ۳ محصول، توده پذیرفته و در غیر این صورت رد می شود. این طرح به صورت نمادی عبارت است از  $(n=16, T=600, c=2, r=3)$ . کلیه محصولات که در حین آزمایش خراب شده اند با محصول دیگری از توده جایگزین می شوند. اولین گام برای رسم منحنی مشخصه عملکرد در نظر گرفتن مقادیر مختلف برای متوسط طول عمر محصول است. این مقادیر را همچنان که در ستون دوم جدول ۹-۱ نشان داده شده، به نرخ شکست تبدیل می کنیم. امید ریاضی تعداد شکستها از ضرب  $nT$  در نرخ شکست به دست می آید (ستون سوم). مقدار  $nT$  در این طرح خاص برابر  $nT = (16) \times (600)$  است.



شکل ۹-۴ منحنی مشخصه عملکرد

متوسط طول عمر	نرخ شکست	تعداد شکست	امید ریاضی میانگین	احتمال پذیرش
۲۰۰۰	۰/۰۰۰۰۵	۰/۴۸	۰/۹۸۳	۰/۹۸۳
۱۰۰۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۶	۰/۹۲۷	۰/۹۲۷
۵۰۰	۰/۰۰۰۲	۱/۹۲	۰/۶۹۸	۰/۶۹۸
۲۰۰	۰/۰۰۰۵	۴/۸۰	۰/۱۴۲	۰/۱۴۲
۱۰۰	۰/۰۰۱۰	۹/۶۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴
۴۰۰	۰/۰۰۰۲۵	۲/۴۰	۰/۵۷۰	۰/۵۷۰
۶۰۰	۰/۰۰۰۱۷	۱/۶۰	۰/۷۸۳	۰/۷۸۳

### جدول ۹-۱ محاسبات مربوط به منحنی مشخصه عملکرد

مقدار  $nT\lambda$  همان نقشی را بر عهده دارد که  $nP$  در رسم منحنی طرحهای نمونه برداری فصل ۸ داشت. با فرض  $\theta = ۲۰۰۰$ ، محاسبات لازم برای تعیین احتمال پذیرش توده با استفاده از جدول د-۱ (پیوستار کتاب) به شرح زیر است:

$$\lambda = \frac{1}{\theta} = \frac{1}{۲۰۰۰} = ۰/۰۰۰۰۵$$

$$nT\lambda = (۱۶)(۶۰۰)(۰/۰۰۰۰۵) = ۴/۸۰$$

از جدول پواسون برای  $nT\lambda = ۴/۸۰$ ، و  $c = ۲$ ، احتمال پذیرش توده یعنی  $P_a = ۰/۱۴۲$  را استخراج می‌کنیم. محاسبات بیشتر برای تعیین احتمال پذیرش توده با  $\theta$  های متفاوت در جدول ۹-۱ آمده است.

چون نرخ شکست در رسم این منحنی مشخصه عملکرد، ثابت فرض شده است، از توزیع نمایی برای تعیین احتمال پذیرش توده‌ها می‌توان استفاده کرد.

به دلیل ثابت فرض شدن نرخ شکست، طرحهای نمونه برداری دیگری نیز وجود دارند که دارای منحنی مشخصه عملکرد یکسانی هستند. برخی از این طرحها عبارتند از:

$$n = ۴, T = ۲۴۰۰, c = ۲$$

$$n = ۸, T = ۱۲۰۰, c = ۲$$

$$n = ۲۴, T = ۴۵۰, c = ۲$$

هر ترکیبی از  $n$  و  $T$  که به  $۹۶۰۰$  ساعت برسد با  $c = ۲$  دارای منحنی مشخصه عملکرد یکسانی است.

منحنی مشخصه عملکرد طرحهای نمونه برداری قابلیت اطمینان را می توان نسبت به  $\frac{\theta}{\theta_0}$  که در آن  $\theta$  میانگین واقعی طول عمر و  $\theta_0$  متوسط طول عمر قابل قبول است، نیز رسم کرد. چنانچه منحنیها بر این اساس رسم شوند آن گاه بدون توجه به جایگزینی یا عدم جایگزینی محصولات خراب شده، کلیه منحنیهای مشخصه عملکرد دارای یک نقطه مشترک هستند. این نقطه مشترک به ازای ریسک تولیدکننده،  $\alpha$  و  $\frac{\theta}{\theta_0} = ۱/۱۰$  به دست می آید.

## ۹-۵ طرح آزمون قابلیت اطمینان و طول عمر

از آن جا که برای انجام آزمونهای قابلیت اطمینان ضروری است تا محصول مورد استفاده قرار بگیرد و در مواردی نیز فروپاشی یا تخریب آن اجتناب ناپذیر است، تعیین نوع و گستردگی آزمونها، تصمیمی اقتصادی است. معمولاً آزمونها بر روی محصول نهایی و در آزمایشگاه به انجام می رسند، از این رو لازم می آید تا حتی المقدور شرایط واقعی در آزمایشگاه شبیه سازی شود.

آزمونهای طول عمر بر سه نوعند که عبارتند از:

پایان مبتنی بر تعداد خرابی<sup>۱</sup> - در این نوع آزمونها، وقتی تعداد محصولات خراب شده در حین آزمایش از حد تعیین شده ای بیشتر شود، آزمون متوقف می گردد. معیار پذیرش توده بر مجموع تراکمی زمانهای آزمایش تا لحظه توقف مبتنی است.

پایان مبتنی بر زمان<sup>۲</sup> - در این نوع آزمونها، وقتی مجموع زمان آزمایش از حد تعیین شده ای بیشتر شد، آزمون متوقف می گردد. معیار پذیرش توده در این نوع آزمون



به مجموع تعداد محصولاتی که در حین آزمایش خراب شده اند، بستگی دارد. دنباله‌ای<sup>۱</sup> - در این نوع آزمونها، نه تعداد و نه زمان توقف آزمایش از قبل تعیین می شوند. بلکه تصمیم گیری مبتنی بر مجموع نتایج حاصل از آزمونهای دنباله‌ای است. خوبی این نوع آزمایش در آن است که متوسط تعداد خرابی و یا زمان آزمایش لازم برای تعیین تکلیف یک توده نسبت به دوروش قبلی کمتر است.

آزمونها را می توان هم با جایگزینی محصولات خراب و هم بدون جایگزینی به انجام رساند. در روش جایگزینی، مجموع زمان، زمان آزمایش محصول جایگزین شده را نیز شامل می شود. این وضعیت در صورتی امکان پذیر است که نرخ شکست ثابت باشد و محصول جایگزین شده احتمال یکسانی برای خراب شدن داشته باشد.

معیار آزمونها یک یا چندین مشخصه از مشخصه های زیر است:

۱. متوسط طول عمر - میانگین طول عمر یک محصول.
۲. نرخ شکست - درصد خرابیها در واحد زمان یا تعداد دوره ها.
۳. نرخ شکست آنی - نرخ آنی شکست در یک زمان مشخص. نرخ شکست آنی به استثناء وضعیتی که نرخ شکست ثابت است و این دو با هم برابرند، با عمر محصول تغییر می کند. از توزیع ویبال برای بیان چگونگی نرخ شکست آنی می توان استفاده کرد. چنانچه پارامتر شکلی  $\beta$ ، از ۱ بزرگتر باشد، نرخ شکست آنی با افزایش عمر محصول افزایش می یابد، در حالی که اگر  $\beta < 1$ ، با افزایش عمر کاهش پیدا می کند.
۴. عمر شایان اعتماد - طول عمری است که اگر محصول تحت آزمون، بیش از آن عمر کرد، بخش تعیین شده‌ای از اقلام توده پذیرفته می شوند. توزیع ویبال و توزیع نرمال را می توان در این مورد به کار گرفت.

جدول ۹-۲ خلاصه‌ای از برخی آزمونهای عمر و طرحهای قابلیت اطمینان را ارائه می دهد. معمول ترین آزمونها، آزمونهایی است که مبتنی بر متوسط طول عمر بوده و چگونگی خاتمه آنها توسط زمان تعیین می گردد.

## جدول ۹-۲ بعضی آزمونهای طول عمر و طرحهای قابلیت اطمینان

نوع آزمایش	طرحها بر مبنای مشخصه:				
کد	توزیع اساسی	متوسط	نرخ شکست	عمر مطمئن	نرخ شکست
	و نوع طرح	طول عمر آبی			پایان مبتنی بر
					تعداد زمان دنباله‌ای
H ۱۰۸	نمایی و	x		x	x
	توده به توده				
MIL-STD-690B	نمایی و			x	x
	توده به توده				
MIL-STD-781C	نمایی و	x			xx
	نمونه‌ای				
TR-3	ویبال و	x			x
	توده به توده				
TR-4	ویبال و		x		x
	توده به توده				
TR-6	ویبال و			x	x
	توده به توده				
TR-7	ویبال و	x	x	x	x
	توده به توده				

## ۹-۶ کتاب راهنمای H ۱۰۸

کتاب راهنمای کنترل کیفیت و قابلیت اطمینان H ۱۰۸ محتوی طرحهای نمونه برداری و جدولهای آزمون قابلیت اطمینان و طول عمر است. طرحهای کتاب راهنما که در آن امکان انجام هر سه نوع آزمون پایان مبتنی بر تعداد خرابیها، پایان مبتنی بر زمان آزمایش و دنباله‌ای میسر گردیده، بر اساس توزیع نمایی تنظیم شده‌اند. این آزمونها برای دو وضعیت با جایگزینی و بدون جایگزینی قابل اجرا هستند. بطور کلی، طرحها بر مبنای مشخصه معیار میانگین طول عمر است، اگرچه نرخ شکست نیز در بخشی از کتاب به عنوان مبنا مورد

استفاده قرار گرفته است.

به دلیل گستردگی طرحهای مختلف کتاب، در این جا تنها یکی از طرحها را شرح می دهیم. این طرح که معمولترین طرحها نیز هست، طرحی است با پایان مبتنی بر زمان و با جایگزینی که معیار مورد استفاده در آن میانگین طول عمر است. سه روش برای حصول این طرح وجود دارد. این روشها را با استفاده از مثال توضیح می دهیم.

۱. ریسک تولید کننده و مصرف کننده و حجم نمونه مشخص است

یک طرح نمونه برداری با جایگزینی و با مشخصه متوسط طول عمر را که در آن پایان آزمون مبتنی بر زمان است، تعیین کنید وقتی ریسک تولید کننده  $\alpha$ ، برای رد توده‌هایی با میانگین طول عمر ۹۰۰ ساعت ( $\theta_0 = 900$ ) ۵٪ و ریسک مصرف کننده  $\beta$  برای قبول توده‌هایی با میانگین طول عمر ۳۰۰ ساعت ( $\theta_1 = 300$ ) ۱۰٪ باشد. نسبت  $\frac{\theta_0}{\theta_1}$  عبارت است از:

$$\frac{\theta_0}{\theta_1} = \frac{300}{900} = 0/333$$

از جدول ۳-۹ به ازای  $\alpha = 0/05$ ،  $\beta = 0/10$  و  $\frac{\theta_0}{\theta_1} = 0/333$ ، کد B-۸ استخراج می شود. از آن جا که نسبت محاسبه شده بندرت با مقدار داده شده در جدول برابر است، معمولاً بزرگترین مقدار بعدی انتخاب می شود.

به ازای هر کد، A، B، C، D و E جدولی وجود دارد که از آن می توان تعداد نامرغوبی که باعث رد توده می گردد ( $r$ )، و نسبت  $T/\theta_0$  را که در آن T زمان آزمون است استخراج کرد. جدول د - ۱۳ در پیوستار کتاب جدول مربوط به کد B است. به این ترتیب به ازای کد B-۸،  $r$  برابر ۸ است. ارزش نسبت  $T/\theta_0$  تابعی از حجم نمونه است.

جدول ۳-۹ تعیین کد طرحهای نمونه برداری آزمونهای طول عمر

$\alpha = 0/50$ $\beta = 0/10$ کد $\theta_0 / \theta_1$	$\alpha = 0/25$ $\beta = 0/10$ کد $\theta_1 / \theta_0$	$\alpha = 0/10$ $\beta = 0/10$ کد $\theta_1 / \theta_0$	$\alpha = 0/05$ $\beta = 0/10$ کد $\theta_1 / \theta_0$	$\alpha = 0/01$ $\beta = 0/01$ کد $\theta_1 / \theta_0$
0/301 E-1	0/125 D-1	0/046 C-1	0/022 B-1	0/004 A-1
0/432 E-2	0/247 D-2	0/137 C-2	0/091 B-2	0/038 A-2
0/502 E-3	0/325 D-3	0/207 C-3	0/154 B-3	0/082 A-3
0/550 E-4	0/379 D-4	0/261 C-4	0/205 B-4	0/123 A-4
0/584 E-5	0/421 D-5	0/304 C-5	0/246 B-5	0/160 A-5
0/611 E-6	0/455 D-6	0/340 C-6	0/282 B-6	0/193 A-6
0/633 E-7	0/483 D-7	0/370 C-7	0/312 B-7	0/221 A-7
0/652 E-8	0/506 D-8	0/396 C-8	0/338 B-8	0/247 A-8
0/667 E-9	0/526 D-9	0/418 C-9	0/361 B-9	0/270 A-9
0/681 E-10	0/544 D-10	0/438 C-10	0/382 B-10	0/291 A-10
0/729 E-11	0/608 D-11	0/512 C-11	0/459 B-11	0/371 A-11
0/759 E-12	0/650 D-12	0/561 C-12	0/512 B-12	0/428 A-12
0/781 E-13	0/680 D-13	0/597 C-13	0/550 B-13	0/470 A-13
0/798 E-14	0/703 D-14	0/624 C-14	0/581 B-14	0/504 A-14
0/821 E-15	0/737 D-15	0/666 C-15	0/625 B-15	0/554 A-15
0/838 E-16	0/761 D-16	0/695 C-16	0/658 B-16	0/591 A-16
0/865 E-17	0/800 D-17	0/743 C-17	0/711 B-17	0/653 A-17
0/882 E-18	0/824 D-18	0/774 C-18	0/745 B-18	0/692 A-18

حجم نمونه یکی از مضربهای  $r$  یعنی  $2r, 3r, 4r, 5r, 6r, 7r, 8r, 9r, 10r$  و  $20r$  انتخاب می‌شود. برای طرحهای آزمون عمر، حجم نمونه به هزینه نسبی آزمایش کردن اقلام

متعددی از محصول و هزینه حاصل از امید ریاضی طول زمان آزمایش برای حصول پذیرش توده، بستگی دارد. افزایش حجم نمونه، از یک طرف زمان لازم برای حصول پذیرش توده را کاهش می دهد، ولی از طرف دیگر به دلیل آزمون کردن اقلام بیشتر هزینه را افزایش می دهد. برای مثال حاضر، مضرب ۳۲ را انتخاب می کنیم. بنابراین حجم نمونه برابر با  $n = 3(8) = 12$  است. مقدار متناظر برای  $T/\theta$  برابر است با  $0.166$  که زمان آزمایش  $T$  را بر حسب ساعت به صورت زیر به دست می دهد:

$$\begin{aligned} T &= 0.166(\theta) \\ &= 0.166(900) \\ &= 149 \text{ یا } 149.4 \end{aligned}$$

نمونه‌ای با حجم ۲۴ انتخاب می شود و اقلام آن مورد آزمایش قرار می گیرند. اگر هشتمین خرابی قبل از انقضای ۱۴۹ ساعت رخ دهد، توده رد می شود. اما چنانچه در پایان ۱۴۹ ساعت زمان آزمایش، هنوز خرابی هشتم رخ نداده باشد، آن گاه توده پذیرفته می شود.

۲. ریسک تولید کننده،  $\alpha$  و حجم نمونه مشخص است:

یک طرح نمونه برداری با جایگزینی و با مشخصه متوسط طول عمر که در آن ختم آزمون مبتنی بر زمان است تعیین کنید، با این فرض که وقتی ریسک تولید کننده برای رد توده هایی با متوسط عمر ۱۲۰۰ ساعت ( $\theta_0 = 1200$ ) ۵٪ بوده، و در آن  $r = 5$  و  $n = 2 \times r = 10$ . در این جا نیز همان جدولهای مورد استفاده در مثال قبلی را به کار می گیریم. جدول د - ۱۳ به ازای طرحهای مربوط به کد B و  $\alpha = 0.05$  است. بنابراین با استفاده از این جدول داریم:

$$\begin{aligned} \frac{T}{\theta_0} &= 0.197 \\ T &= 0.197(1200) \\ &= 236 \text{ یا } 236.4 \end{aligned}$$

نمونه‌ای با حجم ۱۰ انتخاب و اقلام آن بطور متوالی مورد آزمایش قرار می‌گیرند. اگر پنجمین خرابی قبل از انقضای ۲۳۶ ساعت رخ دهد، توده رد می‌شود. اما چنانچه در پایان ۲۳۶ ساعت زمان آزمایش، هنوز خرابی پنجم رخ نداده باشد، توده پذیرفته می‌شود.

۳. ریسک تولید کننده و مصرف کننده و زمان آزمایش مشخص است:

یک طرح نمونه برداری با جایگزینی و با مشخصه طول عمر را به قسمی طراحی کنید که زمان آزمایش از ۵۰۰ ساعت تجاوز نکند. این طرح باید توده‌هایی را با متوسط عمر ۱۰۰۰۰ ساعت ( $\theta_0$ ) حداقل در ۹۰ درصد ( $\alpha = 0/10$ ) موارد پذیرفته ولی توده‌های با متوسط ۲۰۰۰ ساعت عمر ( $\theta_1$ ) را در ۹۵٪ ( $\beta = 0/05$ ) موارد رد کند. اولین گام در تعیین طرحی با خصوصیات فوق محاسبه دو نسبت زیر است:

$$\frac{\theta_1}{\theta_0} = \frac{2000}{10000} = 0/2$$

$$\frac{T}{\theta_0} = \frac{500}{10000} = 0/05$$

جدول ۹-۴ طرحهای نمونه برداری وقتی  $\alpha, \beta, \theta_1/\theta_0$  و  $T/\theta_0$  مشخصند

$T/\theta_0$					$T/\theta_0$					$\theta_1/\theta_0$
۱/۲۰	۱/۱۰	۱/۵	۱/۳	r	۱/۲۰	۱/۱۰	۱/۵	۱/۳	r	
$\beta=0/02$					$\beta=0/01$					
$\alpha=0/05$					$\alpha=0/01$					
۱۵۹۱	۷۹۵	۳۹۷	۲۳۸	۹۵	۲۲۰۷	۱۱۰۳	۵۵۱	۳۳۱	۱۳۶	۲/۳
۴۸۳	۲۴۱	۱۲۰	۷۲	۳۳	۶۳۴	۳۱۷	۱۵۸	۹۵	۴۶	۱/۲
۱۵۳	۷۶	۳۸	۲۵	۱۳	۲۰۶	۱۰۳	۵۱	۳۱	۱۹	۱/۳
۶۵	۳۲	۱۶	۹	۷	۷۰	۳۵	۱۷	۱۰	۹	۱/۵
		۲۷	۱۳	۶	۴	۲۵	۱۲	۶	۴	۵
$\beta=0/05$					$\beta=0/05$					
$\alpha=0/05$					$\alpha=0/01$					
۱۰۸۲	۵۴۱	۲۷۰	۱۶۲	۶۷	۱۵۸۱	۷۹۰	۳۹۵	۲۳۷	۱۰۱	۲/۳
۳۱۴	۱۵۷	۷۸	۴۷	۲۳	۴۵۴	۲۲۷	۱۱۳	۶۸	۳۵	۱/۲
۱۰۸	۵۴	۲۷	۱۶	۱۰	۱۴۹	۷۴	۳۷	۲۲	۱۵	۱/۳
	۳۹	۱۹	۱۰	۶	۵	۵۸	۲۹	۱۴	۸	۸
			۱۶	۸	۴	۳	۱۶	۸	۴	۳

## ادامه جدول ۹-۴

$\beta=0/10$					$\alpha=0/05$					$\beta=0/10$					$\alpha=0/01$																									
۸۶۷	۴۳۳	۲۱۶	۱۳۰	۵۵	۱۲۶۵	۶۳۲	۳۱۶	۱۸۹	۸۳	۲/۳	۱۲۶۵	۶۳۲	۳۱۶	۱۸۹	۸۳	۲/۳	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰
۲۴۸	۱۲۴	۶۲	۳۷	۱۹	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۷۹	۳۹	۱۹	۱۱	۸	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۲۷	۱۳	۷	۴	۴	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۱۶	۸	۴	۳	۳	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
$\beta=0/25$					$\alpha=0/05$					$\beta=0/25$					$\alpha=0/01$																									
۵۱۷	۲۵۸	۱۲۹	۷۷	۳۵	۱۲۶۵	۶۳۲	۳۱۶	۱۸۹	۸۳	۲/۳	۱۲۶۵	۶۳۲	۳۱۶	۱۸۹	۸۳	۲/۳	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰
۱۵۳	۷۶	۳۸	۲۳	۱۳	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۵۲	۲۶	۱۳	۷	۶	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۱۶	۸	۴	۳	۳	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۷	۳	۲	۱	۲	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
$\beta=0/01$					$\alpha=0/25$					$\beta=0/01$					$\alpha=0/10$																									
۹۳۹	۴۶۹	۲۳۴	۱۴۰	۵۲	۱۲۶۵	۶۳۲	۳۱۶	۱۸۹	۸۳	۲/۳	۱۲۶۵	۶۳۲	۳۱۶	۱۸۹	۸۳	۲/۳	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰
۲۸۱	۱۴۰	۷۰	۴۲	۱۷	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۱۰۱	۵۰	۲۵	۱۵	۷	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۳۴	۱۷	۸	۵	۳	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۱۹	۹	۴	۲	۲	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
$\beta=0/05$					$\alpha=0/25$					$\beta=0/05$					$\alpha=0/10$																									
۵۶۰	۲۸۰	۱۴۰	۸۴	۳۲	۱۲۶۵	۶۳۲	۳۱۶	۱۸۹	۸۳	۲/۳	۱۲۶۵	۶۳۲	۳۱۶	۱۸۹	۸۳	۲/۳	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰
۱۷۲	۸۶	۴۳	۲۵	۱۱	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۶۷	۳۳	۱۶	۱۰	۵	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۱۹	۱۰	۵	۳	۲	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۱۹	۹	۴	۲	۲	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
$\beta=0/10$					$\alpha=0/25$					$\beta=0/10$					$\alpha=0/10$																									
۳۹۲	۱۹۶	۹۸	۵۸	۲۳	۱۲۶۵	۶۳۲	۳۱۶	۱۸۹	۸۳	۲/۳	۱۲۶۵	۶۳۲	۳۱۶	۱۸۹	۸۳	۲/۳	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰
۱۱۹	۵۹	۲۹	۱۷	۸	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۵۰	۲۵	۱۲	۷	۴	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۱۹	۹	۴	۳	۲	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۵	۳	۲	۱	۱	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
$\beta=0/25$					$\alpha=0/25$					$\beta=0/25$					$\alpha=0/01$																									
۱۹۰	۹۵	۴۷	۲۸	۱۲	۱۲۶۵	۶۳۲	۳۱۶	۱۸۹	۸۳	۲/۳	۱۲۶۵	۶۳۲	۳۱۶	۱۸۹	۸۳	۲/۳	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰
۶۷	۳۳	۱۶	۱۰	۵	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۱۹	۹	۴	۲	۲	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۶	۳	۲	۱	۱	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												
۵	۲	۱	۱	۱	۳۷۴	۱۸۷	۹۳	۵۶	۳۰	۱/۲	۱۲۱	۶۰	۳۰	۱۸	۱۳	۱/۳	۴۶	۲۳	۱۱	۷	۷	۱/۵	۱۶	۸	۴	۲	۲	۱/۱۰												

با استفاده از مقادیر  $\alpha$ ،  $\tau/\theta$ ،  $\theta_1/\theta$  و  $\beta$  مقادیر  $n=34$  و  $r=4$  را از جدول ۹-۴ استخراج می‌کنیم. لذا در طرح تعیین شده نمونه‌ای ۳۴ تایی از توده برداشته و اقلام آن را آزمایش می‌کنیم. اگر چهارمین خرابی قبل از انقضای ۵۰۰ ساعت رخ دهد، توده را رد می‌کنیم. اما چنانچه در پایان ۵۰۰ ساعت زمان آزمایش، هنوز خرابی چهارم رخ نداده باشد، توده را می‌پذیریم.

### ۹-۷ بهسازی قابلیت اطمینان

قابلیت اطمینان یک محصول را در چه سطحی باید قرار دهیم؟ پاسخ به این سؤال با توجه به منافع حاصل از بهسازی قابلیت اطمینان و هزینه حصول آن امکان پذیر است. بطور کلی قابلیت اطمینان را می‌توان به راههای زیر بهبود بخشید:

الف) بهسازی طراحی قطعات (چراکه قابلیت اطمینان محصول تابعی از قابلیت اطمینان تک تک قطعات است).

ب) بهسازی روشهای مونتاژ و ساخت.

ج) بهسازی روشهای کنترل کیفیت.

د) استفاده از قطعات یدکی و چیدن موازی قطعات.

ه) بهسازی روشهای تعمیر و نگهداری.

و) ارائه اطلاعات و راهنماییهای لازم و کافی به استفاده کنندگان محصول.

ز) بهسازی طراحی سیستم تولید.

## تمرینها

۱. سیستمی از چهار قطعه A، B، C و D با قابلیت‌های اطمینان ۰/۹۸، ۰/۸۹، ۰/۹۴ و ۰/۹۵ تشکیل شده است. اگر قطعات به صورت سری چیده شوند، مطلوبست محاسبه قابلیت اطمینان سیستم.



۲. فرض کنید به جای قطعه B در تمرین ۱ سه قطعه با قابلیت‌های اطمینان یکسان را که بطور موازی چیده شده‌اند، قرار داده‌ایم، قابلیت اطمینان سیستم جدید چقدر است؟
۳. سیستمی از پنج قطعه هر یک با قابلیت اطمینان  $0/96$  که بطور سری چیده شده‌اند، تشکیل شده است. اگر بتوان قطعات را به سه عدد کاهش داد، قابلیت اطمینان سیستم چه تغییری می‌کند؟
۴. نرخ شکست برای آزمایش  $150$  ساعته‌ای از  $9$  قلم کالا که در آن  $3$  قلم در ساعتهای  $5$ ،  $76$  و  $135$  خراب شده‌اند، چیست؟ متوسط طول عمر کالا چقدر است؟
۵. اگر متوسط طول عمر  $52$  ساعت باشد، نرخ شکست چه مقدار است؟
۶. منحنی مشخصه عملکرد طرح  $n=24$ ،  $T=149$  و  $r=8$  را رسم کنید.
۷. مطلوب است رسم منحنی مشخصه عملکرد طرح  $n=10$ ،  $T=236$  و  $r=5$ .
۸. یک طرح نمونه برداری با جایگزینی و با مشخصه متوسط طول عمر را که در آن پایان آزمون مبتنی بر زمان است، تعیین کنید با فرض این که ریسک تولید کننده، برای رد توده‌هایی با میانگین طول عمر  $800$  ساعت  $5\%$  بوده و ریسک مصرف کننده، برای قبول توده‌هایی با میانگین طول عمر  $220$  ساعت  $10\%$  باشد. ضمناً نمونه‌ها  $30$  تایی‌اند.
۹. یک طرح نمونه برداری با جایگزینی طراحی کنید که در آن پایان آزمون مبتنی بر زمان و با مشخصه‌های  $T=160$ ،  $\theta_1=400$ ،  $\theta_2=100$ ،  $\beta=0/10$ ،  $\theta_0=800$  و  $\alpha=0/05$  باشد.
۱۰. یک طرح نمونه برداری با جایگزینی و با مشخصه متوسط طول عمر را که در آن پایان آزمون مبتنی بر زمان است، تعیین کنید با این فرض که ریسک تولید کننده برای رد توده‌هایی با میانگین طول عمر  $900$  ساعت  $5\%$  و  $r=3$  و  $n=9$  باشد.
۱۱. سیستمی از سه قطعه مشابه تشکیل شده است. برای آن که این سیستم درست عمل کند، عملکرد صحیح هر سه قطعه الزامی است. هر سه قطعه دارای قابلیت اطمینان یکسان هستند. اگر بخواهیم سیستم از قابلیت اطمینان  $0/92$  برخوردار باشد، حداقل قابلیت اطمینان هر قطعه را در چه سطحی قرار دهیم؟
۱۲. تولید کننده‌ای رابطه  $c = (10 \times p)^2$ ، را که در آن  $c$  هزینه و  $p$  قابلیت اطمینان قطعه است، به دست آورده است. در صورتی که یک کالا از دو قطعه با قابلیت اطمینان مساوی تشکیل شده و طراح فقط  $173$  واحد پول برای خرید قطعات داشته باشد،

بزرگترین قابلیت اطمینان قطعه‌ها را به دست آورید.

۱۳. طراح محصولی می‌خواهد مقرون به صرفه بودن استفاده از یک قطعه یدکی را ارزیابی کند. این کالا یک قطعه اصلی دارد که قابلیت اطمینان آن ۰/۹۸ است. در صورتی که کالا در حین استفاده دچار نقص شود ۲۰۰۰۰ واحد پول خسارت وارد می‌آورد. با هزینه ۱۰۰ واحد پول می‌توان یک قطعه یدکی با قابلیت اطمینان ۰/۹۸ به سیستم اضافه کرد. آیا طراح این قطعه را به سیستم اضافه کند؟

۱۴. یک روبات از ۴ قطعه اصلی با قابلیت‌های اطمینان ۰/۹۵، ۰/۹۴، ۰/۹۰ و ۰/۹۰ تشکیل شده است. برای عملکرد صحیح روبات، عملکرد درست هر چهار قطعه الزامی است.

الف) قابلیت اطمینان روبات را به دست آورید.

ب) طراحان روبات قصد دارند با افزودن قطعات یدکی قابلیت اطمینان آن را افزایش دهند، اما به دلیل محدودیت جا، فقط امکان به کارگیری یک قطعه یدک وجود دارد. برای به دست آوردن بالاترین سطح قابلیت اطمینان روبات، طراح برای کدام قطعه از قطعات اصلی، یدک در نظر بگیرد.

ج) اگر قطعه یدک با قابلیت اطمینان ۰/۹۲ موجود باشد، این قطعه را یدک کدام قطعه اصلی قرار دهیم تا قابلیت اطمینان روبات به بالاترین میزان ممکن خود برسد؟

۱۵. سیستم راهنمای یک کشتی توسط کامپیوتری که از سه واحد عمده تشکیل یافته، هدایت می‌شود. برای عملکرد صحیح کامپیوتر، عملکرد صحیح هر سه واحد ضروری است. قابلیت اطمینان دو واحد از سه واحد کامپیوتر ۰/۹۷ و قابلیت اطمینان واحد سوم ۰/۹۹ است.

الف) قابلیت اطمینان کامپیوتر را حساب کنید.

ب) در صورت وجود یک کامپیوتر مشابه به عنوان یدک، میزان قابلیت اطمینان سیستم هدایت کشتی تا چه میزان بهبود می‌یابد؟

ج) اگر به کار افتادن کامپیوتر دوم خودکار نباشد و به وسیله یک سویچ با قابلیت اطمینان ۰/۹۸ به کار بیفتد، آن‌گاه قابلیت اطمینان سیستم چه مقدار خواهد بود؟

۱۶. یک خط تولید از سه ماشین با قابلیت‌های اطمینان ۰/۹۶، ۰/۹۳ و ۰/۹۳ تشکیل

شده است. ماشینها به گونه‌ای مستقر شده‌اند که خرابی یکی از آنها موجب توقف کامل خط می‌گردد. طراحان دو گزینه زیر را جهت افزایش کارایی ارزیابی می‌کنند:

۱. اضافه کردن یک خط تولیدی دیگر به عنوان خط یدک.

۲. اضافه کردن یک ماشین یدک به ازای هر ماشین.

در هر دو صورت، سه ماشین یدک با قابلیت‌های اطمینان برابر با ماشینهای اصلی استفاده خواهند شد.

الف) کدام گزینه بالاترین قابلیت اطمینان را به دست می‌دهد؟

ب) در مورد آن که چرا قابلیت‌های اطمینان دو گزینه با یکدیگر برابر نیستند، توضیح

دهید.



## فصل دهم

### مدیریت بهسازی کیفیت

#### ۱۰-۱ مقدمه

در تدوین خط مشیهای تولیدی برای تولید کالای جدید و یا بهسازی کالاهای موجود نقش کیفیت و مدیریت کیفیت را نمی توان نادیده گرفت. از این رو سعی می شود تا در این فصل چهارچوبی برای مدیریت اثربخش کیفیت ارائه گردد.

#### ۱۰-۲ آگاهی مدیریت

مدیریت باید آگاه باشد که کیفیت محصولات تولید شده نیازمند بهسازی مستمر است. این آگاهی غالباً هنگامی حاصل می شود که کارخانه یا بازار فروش را از دست داده و یا به این واقعیت می رسد که بهره وری و کیفیت دست در دست هم ارتقا می یابند. اتوماسیون و دیگر روشهای افزایش بهره وری برای مؤسسه ای که بخاطر کیفیت نداشتن محصولاتش سهم چندانی از بازار فروش را در اختیار ندارد، فایده چندانی نخواهند داشت. ژاپنها به این واقعیت از طریق تجربه عملی دست پیدا کردند. قبل از جنگ جهانی دوم، ژاپنها تنها با حربه قیمتهای بسیار نازل قادر به فروش محصولات خود بودند. و حتی با وجود این قیمتهای ناچیز خریداران محصولات آنها غالباً مشتریان یک نوبته بودند. واحدهای تولیدی تا چندی قبل به اهمیت کیفیت، چنان که باید پی نبرده بودند. اما اخیراً ذهنیت جدیدی شکل گرفته که بیانگر

درک بیشتر صنعتگران از اهمیت کیفیت است.

کیفیت و بهره وری دو مقوله مانعةالجمع نیستند. ارتقای کیفیت مستقیماً افزایش بهره وری را به دنبال دارد. جدول ۱۰-۱ این واقعیت را نشان می دهد. چنان که ملاحظه می شود، نتیجه بهسازی کیفیت ۵/۶ درصد افزایش در بهره وری، ظرفیت و سود می باشد. پروژه های ارتقای کیفیت بسیاری وجود دارند که بدون افزایش نیروی کار یا هزینه های سربار و یانیز به سرمایه گذارهای جدید در ماشین آلات، قابل پیاده سازی هستند.

شواهد اخیر همه حکایت از این دارد که مؤسسات تولیدی یکی پس از دیگری به نقش کیفیت به عنوان ابزاری توانمند در رقابت بین المللی پی برده اند. بهسازی کیفیت فقط به تأمین استانداردهای فنی محصول خلاصه نمی شود، بلکه کیفیت طراحی و فرآیند تولیدی محصول را نیز در بر می گیرد. خط مشی پیشگیری از بروز مشکلات مربوط به محصول و فرآیند تولیدی آن، هدف والاتری نسبت به طراحی روشهای رفع مشکلات پس از بروز آنهاست. باید پذیرفت که بهسازی کیفیت، پروژه ای مقطعی و کوتاه مدت نیست و اصولاً راه حلهای سریع وجود ندارند. ایجاد ذهنیت و فضای مناسب و تدوین روشهای مؤثر به زمان طولانی نیازمند است. تأکید بر به دست آوردن نتایج و سودآوری در کوتاه مدت، باید جای خود را به برنامه ریزیهای درازمدت و ثبات در عقیده بدهد.

جدول ۱۰-۱

عنوان	قبل از بهسازی کیفیت ۱۰٪ نامرغوبی	بعد از بهسازی کیفیت ۵٪ نامرغوبی
کل هزینه نسبی (۲۰ واحد)	۱/۰۰	۱/۰۰
تعداد کالای طبق استاندارد	۱۸	۱۹
هزینه نسبی ارقام نامرغوب	۰/۱۰	۰/۰۵
افزایش بهره وری		$\frac{1}{18}(100) = 5.6\%$
افزایش ظرفیت		$\frac{1}{18}(100) = 5.6\%$
افزایش میزان سوددهی		$\frac{1}{18}(100) = 5.6\%$

## ۱۰-۳ تعهد مدیریت

مدیریت ارشد سازمان باید اذعان نماید که به همان اندازه‌ای که بخش مالی یک واحد تولیدی را می‌توان مسؤول سوددهی و یا ضرردهی یک کارخانه دانست، بخش کنترل کیفیت را نیز می‌توان مسؤول مستقیم کیفیت محصولات کارخانه قلمداد کرد. کیفیت نیز مثل هزینه و نحوه ارائه سرویس، مسؤولیت تک تک اعضای مؤسسه و بویژه مدیر اجرایی آن است. وقتی نسبت به کیفیت و ارتقای آن تعهدی ایجاد گردید، آن‌گاه این تعهد به بخشی از استراتژی مؤسسه تبدیل شده و به افزایش بهره‌وری و سوددهی منجر خواهد شد.

برای بهسازی بی‌پایان کیفیت، مدیر عامل باید دخالت مستقیم در سازمان دهی و اجرای فعالیتهای مربوط به ارتقای کیفیت داشته باشد. اولین گام در این زمینه، بیان خط مشی کلی سازمان در مورد آن است. به عنوان مثال "سازمان تولیدی .... محصولات را طراحی و تولید می‌کند که بیش از انتظار مشتریان را برآورده می‌سازد."

علاوه بر خط مشی کلی، هر بخش اجرایی باید در مورد بهسازی کیفیت خط مشی ویژه‌ای داشته باشد. مثلاً، "مدیر بخش بازاریابی و فروش در سال دو نوبت با تک تک مشتریان ملاقات نماید." و یا "کلیه کارکنان اجرایی جدید ۳۰ ساعت آموزش در زمینه روشهای کنترل کیفیت آماری می‌بینند."

برای ایجاد فرهنگ کیفیت در فضای مؤسسه لازم است تا کمیته‌ای بنام کمیته کیفیت متشکل از مدیر عامل مؤسسه، مدیران بخشهای مختلف اجرایی، یک هماهنگ کننده و شاید یک مشاور امور کیفی تشکیل گردد. وظایف عمده این کمیته به شرح زیر است:

۱. هزینه کیفیت را تعیین کند و آن را پیوسته تحت نظارت خویش داشته باشد.
۲. برنامه‌ای جهت آموزش و بازآموزی تدوین نماید.
۳. مقیاسهای کیفیت را برای هر بخش اجرایی تعیین و تأیید نماید.
۴. برنامه‌های سالیانه بهسازی کیفیت برای هر بخش و کل مؤسسه را تأیید نماید.
۵. مؤثرترین پروژه‌های بهسازی کیفیت را تعیین نماید.
۶. گروههای کاری برای محصولات و طرحهای جدید اختصاص داده و نتایج

حاصل را ارزیابی نماید.

کمیته های کیفیت را می توان در سطوح پایتتر مؤسسه نیز تشکیل داد. این کمیته ها وظایف مشابه ولی در رابطه با بخش خاص خود دارند. این کمیته ها ابزار مؤثری برای بهسازی روزافزون کیفیت می باشند.

به محض تدوین برنامه بهسازی کیفیت، صورت جلسه های کمیته کیفیت می تواند شامل موارد زیر باشد:

#### ۱. فرآیند بهسازی کیفیت.

الف - چه تعداد از کارکنان آموزش دیده اند؟

ب - آیا گروهها صحیح عمل می کنند؟

ج - چه موفقیتهایی به دست آمده است؟

#### ۲. هزینه کیفیت

الف - بهترین فرصتهای بهسازی کدامند؟

ب - روند هزینه کیفیت چگونه است؟

ج - هزینه کیفیت عملیات مختلف چگونه است؟

#### ۳. انطباق

الف - آیا در مسیر اهداف تعیین شده حرکت می کنیم؟

ب - چه کارهایی باید انجام گیرند؟

در نهایت، پس از گذشت مثلاً ۳ تا ۵ سال، فعالیت کمیته های کیفیت به نحوی ریشه در فرهنگ مؤسسه می دواند که بخش همیشگی جلسات مدیران اجرایی را تشکیل می دهد. در چنین شرایطی دیگر نیازی به کمیته ای جداگانه برای بهسازی کیفیت نیست.

#### ۱۰ - ۴ ابعاد مختلف کیفیت

پیشنیاز مدیریت مؤثر در کیفیت، شناخت کیفیت و ابعاد آن است. در فصل اول کتاب کیفیت را تعریف کردیم. خاطر نشان می کنیم که کیفیت دارای ۹ بعد مختلف است. جدول ۱۰ - ۲ این ابعاد را در مورد یک پروژکتور اسلاید تشریح می کند:



## جدول ۱۰ - ۲

ابعاد کیفیت	معنی و مثال
عملکرد	خصوصیات اولیه محصول مثل روشنی تصویر
قابلیتها	خصوصیات ثانویه محصول، قابلیت‌های بیش از معمول مثل کنترل از راه دور
انطباق	تأمین مشخصه های فنی یا استانداردهای صنعتی
قابلیت اطمینان	ثبات در عملکرد طی زمان، میانگین عمر مفید
ماندگاری و دوام	عمر مفید شامل تعمیرات
تعمیر و سرویس	حل مشکلات و شکایات، سادگی تعمیر
عکس‌العمل	برخورد محترمانه با مشتری
زیبایی	خصوصیات حسی، مثل پرداخت بدنه خارجی پروژکتور
اشتهار	عملکرد قبلی مؤسسه و ذهنیت مردم نسبت به آن

این ابعاد تا اندازه‌ای مستقل از یکدیگرند. بنابراین کالایی ممکن است در یک بعد کیفیت، مرغوب و از جهت ابعاد دیگر نام‌غوب باشد. بندرت کالایی را می‌توان یافت که در همه ابعاد از کیفیت عالی برخوردار باشد. برای مثال، در دهه ۷۰ میلادی اتومبیل‌های ساخت ژاپن از نظر کیفیت زیانزد همگان بود. این سطح کیفیت از توجه به سه بعد کیفیت یعنی قابلیت اطمینان، انطباق و زیبایی حاصل آمده بود.

بخش بازاریابی وظیفه دارد تا مهمترین ابعاد کیفیت هر محصول را شناسایی نماید. ابعاد شناسایی شده محصول، به شناخت و تعیین مشخصه‌های کیفیتی محصولات جدید کمک نموده و کمبودهای کیفیتی محصولات جاری را مشخص می‌نماید.

## ۵-۱۰ اندازه‌گیری کیفیت

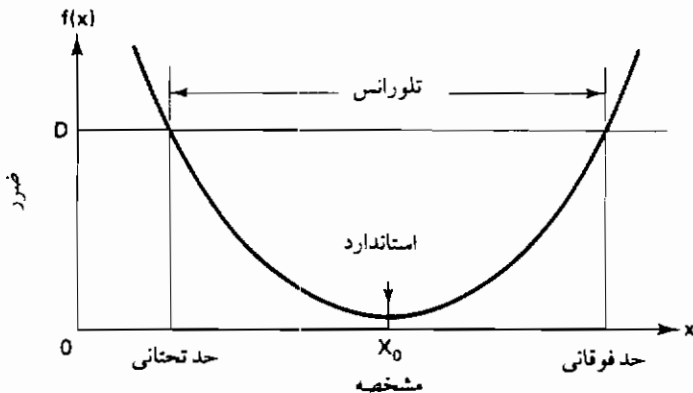
لازمه مدیریت اثربخش کیفیت، تعیین روش مناسب برای ارزیابی کیفیت است. برای

این منظور روشهای متعددی وجود دارند که هر یک جای خود را در سازمان دارند. هیچ چیزی مثل پول و هزینه توجه مدیریت را جلب نمی کند. هزینه کیفیت، و یا بهتر از آن هزینه ناشی از عدم انجام درست کار در نوبت اول، معیار سنجش کیفیت بسیار مناسبی است. این هزینه در بسیاری از شرکتها بیش از ۲۰٪ فروش آنها برآورد شده است. با پیشگیری از ایجاد این هزینه ها فرصت بسیار مناسبی برای بهسازی کیفیت، ارتقای بهره وری، و افزایش سودآوری پدید می آید. باید توجه داشت که هزینه های کیفیت تنها ناشی از عملکرد ناصحیح بخش تولید نیست، بلکه بخشهای دیگر سازمان مثل بازاریابی و فروش، مالی و حسابداری، طراحی، تدارکات و غیره نیز در ایجاد این هزینه ها دخالت دارند.

هزینه های کیفیت را بطور معمول به هزینه های پیشگیری، ارزیابی، نقص در عملکرد کالا در داخل واحد و همچنین در خارج از واحد تقسیم می کنند (فصل ۱ را ببینید). هزینه ناشی از عدم کیفیت محصول، توانمندترین ابزار در مدیریت مؤثر کیفیت است. یکی دیگر از معیارهای سنجش کیفیت درصد یا تعداد نامرغوبی است. روشهای آماری بررسی شده در بخش دوم کتاب را می توان بطور مستقیم برای ارزیابی میزان اثربخشی بهسازیهای انجام گرفته، به کار گرفت. یک معیار سنجش کلی مثل درصد نامرغوبی، برای کل سازمان مورد نیاز است. هر بخش سازمان باید دارای نمودار سنجش کیفیت مربوط به خودش باشد که برای اطلاع کارکنان در انتظار آگهی شود. این نمودارهای ساده باعث ایجاد آگاهی در مورد کیفیت گردیده و میزان پیشرفت در ارتقای کیفیت را اندازه می گیرند. به همین طریق شرکتها می توانند سطح کیفیت کلی خود را آن قدر ارتقا دهند که برای آنها به جای نمودار تعداد نامرغوبی، نمودار تعداد نامرغوبی در یک میلیون مناسبتر شده است. کیفیت را از طریق مقایسه قابلیت فرآیند با مشخصه های تعیین شده محصول نیز می توان اندازه گرفت. معمولاً فرض بر آن است که ضرر تنها زمانی بروز می کند که خصوصیات کالای تولید شده با مشخصه های تعیین شده آن متفاوت باشند. دکتر تاگوشی<sup>۱</sup> اظهار می دارد که مشتری و جامعه به محض انحراف خصوصیات کالا از استانداردهای تعیین

شده، متضرر می شوند. شکل ۱۰-۱ این مفهوم را بخوبی نشان می دهد. مقادیر مربوط به استاندارد و حدود کنترل روی محور  $X$  و میزان ضرر بر روی محور  $Y$  نشان داده شده است. چنان که نمودار نشان می دهد، هر چقدر انحراف خصوصیات کالا از استاندارد بیشتر شود، ضرر بیشتری حاصل می گردد. اگرچه شکل دقین منحنی ضرر، بسختی قابل پیش بینی است، اما منحنی درجه دو که در شکل آمده، تقریب مناسبی برای آن است. محل برخورد منحنی با حدود کنترل بیانگر هزینه تعمیر و یا دور ریختن کالا است.

کلیه معیارهای سنجش کیفیت برای برنامه های بهسازی کیفیت مورد نیازند. هر یک از معیارها برای منظور خاصی مورد استفاده قرار می گیرند.



شکل ۱۰-۱ تابع خسران تاگوشی

## ۱۰-۶ آموزش

آموزش کلیه کارکنان هزینه بر و زمان بر است. ژاپنها صدها هزار مدیر و سرپرست و میلیونها نفر از کارکنان معمولی را در سطوح مختلف سازمانی آموزش دادند. این آموزش باعث گردید تا مدیران و سرپرستان ژاپنی به مطلع ترین کارکنان امور کیفیتی در دنیا تبدیل گردند. این برنامه گسترده آموزشی بیش از ده سال به طول انجامید.

آموزش غالباً محدود به کارکنان بخش کنترل کیفیت بوده است. کلیه افراد حقوق بگیر یک سازمان، باید متناسب با مسؤولیتشان، در رابطه با فلسفه کیفیت و علوم و روشهای نوین در این زمینه آموزش لازم را ببینند. برنامه های آموزشی مدیریت سطوح بالا با کارکنان اجرایی متفاوت خواهد بود. اگرچه بعضی برنامه های آموزشی می تواند همزمان برای کلیه اعضا به اجرا گذاشته شود، اما لازم است تا ابتدا مدیران سطوح بالا، سپس مدیران میانه و بالاخره سرپرستان خطوط تولید و کارکنان اجرایی آموزش ببینند.

برخی از برنامه های آموزشی مثل آموزش در راستای تغییر ذهنیت و دیدگاهها نسبت به کیفیت یا آموزش برای آشنایی با مفاهیم مقدماتی آمار یا روشهای بهسازی کیفیت و همچنین بررسی روشهای مختلف پیشگیری از تنزل کیفیت را می توان مشترکاً برای کلیه کارکنان به اجرا در آورد. در حالی که آموزشهای تخصصی، خاص هر گروه و واحد تخصصی می باشد. برای مثال واحد خرید و تدارکات باید اطلاعاتی در رابطه با تأمین کنندگان مواد و امتیازهای رقابتی هر یک، رابطه قیمت با هزینه و همچنین روشهای کنترل آماری فرآیند داشته باشد.

علاوه بر آموزش در زمینه کیفیت، برنامه ای متقن برای بازآموزی کارکنان به منظور همگامی با تغییرات مواد، روشها، طراحی محصول و ماشین آلات ضروری به نظر می رسد. این بازآموزیها بیشتر برای کارکنان متخصص سازمان تولیدی صورت می گیرد. از آن جا که آموزش کار دشواری است، کمیته کیفیت ممکن است صلاح بداند تا ستادی را برای طراحی برنامه های مختلف آموزشی در نظر بگیرد. اهداف این ستاد موارد زیر را شامل است:

۱. موضوعات مهم و کلیدی در هر کار تخصصی را شناسایی کند.
۲. افراد آموزش دهنده با تجربه و وسایل کمک آموزشی لازم را شناسایی کند.
۳. سرمایه گذارهای لازم را در مورد تجهیزات و کارکنان ارزیابی کند.
۴. برنامه های آموزشی مشتمل بر آموزش گیرنده ها، آموزش دهنده ها و برنامه زمان بندی را تبیین و پیشنهاد نماید.

### ۱۰ - ۷ برنامه های سالیانه بهسازی کیفیت

اهداف کلی برنامه های سالیانه بهسازی کیفیت عبارتند از:

۱. ایجاد حس مسؤلیت در میان مدیران، متخصصان، و کارکنان اجرایی جهت مشارکت فعالانه در امر بهسازی.
  ۲. کسب مهارت‌های لازم به وسیله مدیران، متخصصان و کارکنان اجرایی در راستای بهسازی مستمر.
  ۳. ایجاد این اعتقاد در میان مسؤولان و مجریان که عملکرد هر سائله سازمان باید نسبت به سال گذشته آن بهبود یافته باشد.
- تدوین و توسعه برنامه بهسازی از سطح واحدهای اجرایی آغاز گردیده، سپس به بخشهای دیگر سازمان گسترش می یابد. اهداف تعیین شده برای ارتقای کیفیت باید به صورت معیارهای قابل اندازه گیری بیان شوند. به عنوان مثال:
۱. کلیه کارکنان حسابداری و امور مالی به منظور پیشگیری از بروز خطا آموزش خواهند دید.
  ۲. روشهای مؤثر پیشگیری در تعمیر و نگهداری برای واحد تراشکاری تدوین و به اجرا گذاشته خواهد شد.
  ۳. واحد مونتاژ، سطح کیفیت عملکرد خود را به میزان ۳۰٪ افزایش خواهد داد. کارکنان اجرایی را باید تشویق کرد تا اهدافی قابل حصول را برای خود تعیین کنند. مدیریت باید از طریق تدارک برنامه های آموزشی و فراهم کردن تجهیزات لازم، آنها را در دستیابی به اهداف تعیین شده یاری نماید.
- به احتمال زیاد کلیه اهداف تعیین شده با توجه به امکانات موجود قابل حصول نیستند. بنابراین باید آن اهدافی را که بیشترین احتمال موفقیت را دارند انتخاب کرد. حصول تعدادی از اهداف، نیازمند فعالیت افراد واجد شرایط در قالب یک گروه کاری می باشد.

### ۱۰ - ۸ گروههای کاری

گروههای کاری هم برای طراحی و تولید محصولات جدید و هم برای بهسازی

محصولات موجود مورد استفاده قرار می گیرند.

محصولات جدید غالباً به پیشنهاد واحد تحقیق و توسعه و یا بخش بازاریابی و فروش ساخته می شوند. بدون توجه به منبع پیشنهادکننده لازم است تا از همان ابتدا کارکنان ذی ربط در جریان قرار گرفته و در قالب یک گروه به فعالیت پردازند. اعضای تشکیل دهنده این گروه از واحدهای بازاریابی و فروش، کنترل کیفیت، آنالیز مواد، امور مالی، تولید و طراحی و مهندسی خواهند بود. مدیر این گروه کاری به احتمال زیاد از واحد طراحی و مهندسی انتخاب خواهد شد.

هدف اصلی در ایجاد این گروه فراهم آوردن عوامل لازم به منظور ساخت کالای مرغوب و با کیفیت از همان مراحل ابتدایی تولید کالا است. هر یک از اعضای گروه دارای نقش مشخصی است. به عنوان مثال، بازاریاب وظیفه دارد تا گروه را با نیازهای مشتری در مورد کالا آشنا نماید. و یا نماینده واحد تولید باید گروه را در جریان قابلیت‌های خط تولید برای حصول تلورانسهای لازم قرار دهد.

در برخی از گروههای کاری بهسازی محصولات جاری، ممکن است یک اپراتور، یک سرپرست و یک نماینده از واحد کنترل کیفیت حضور داشته و در برخی گروههای دیگر نمایندگانی از واحدهای دیگر سازمان نیز شرکت داشته باشند. گاهی لازم می آید تا برای نشان دادن تعهد مدیریت ارشد به امر بهسازی کیفیت، یکی از اعضای مدیریت ارشد نیز در گروههای کاری مشارکت نماید. هر یک از گروههای کاری باید آموزش لازم را در به کارگیری ابزاری مانند مفاهیم اساسی آماری و طوفانهای ذهنی ببینند.

محصول جانبی گروههای کاری شکستن سدهایی است که معمولاً بطور ضمنی بین واحدهای تخصصی و در داخل این واحدها در هر سازمان تولیدی وجود دارد.

## ۱۰-۹ روش حل مسأله

گروههای کاری هنگامی به نتایج بهینه دست می یابند که در قالب روشهای حل مسأله فعالیت کرده باشند. در مراحل ابتدایی اجرای برنامه های بهسازی کیفیت، نتایج بسادگی حاصل می شوند، چرا که یا راه حلها بدیهی اند و یا اشخاص هنوز دارای نظرهای تازه و جالبی هستند. با این وجود در دراز مدت اجرای روشی سازمان یافته بزرگترین نتایج را به

دست خواهد داد.

پیاده سازی روش حل مسأله ( روش علمی ) در باره بهسازی کیفیت دارای شش مرحله به شرح زیر است:

۱. شناخت مسأله و مشکل.

۲. تعیین گروههای کاری.

۳. تجزیه و تحلیل مسأله.

۴. ارائه راه حل‌های ممکن.

۵. ارزیابی هر یک از راه حل‌ها.

۶. انتخاب راه حل مناسب و به اجرا گذاشتن عملیات اصلاحی.

این مراحل کاملاً از یکدیگر مستقل نبوده و در بعضی موارد با هم در ارتباطند. باید توجه داشت که بهسازی کیفیت هدف اصلی، و روش علمی بستری برای رسیدن به این هدف است. شناسایی مشکل اولین گام است. مشکلات کیفیتی را می توان از طریق بررسی داده های مختلف شناسایی کرد. این داده ها موارد زیر را شاملند:

- هزینه های کیفیت.

- تحلیل پارتو از شکایتها، کالاهای عودت داده شده و ...

- تحلیل پارتو از تعداد و نوع نامرغوبیهای مشاهده شده در حین تولید.

- پیشنهادهایی از کارکنان کلیدی داخلی ( مدیران ، سرپرستان و ... ).

- پیشنهادهای رسیده از کلیه کارکنان دست اندرکار.

- مطالعات میدانی مربوط به نیازهای مشتریان.

- عملکرد محصول کارخانه در مقایسه با محصولات مشابه سایر رقیبان.

- نظرگاههای افراد کلیدی خارج از سازمان ( مشتریان ، تأمین کنندگان مواد و ... ).

- یافته ها و نظرات مسؤولان اداره استاندارد و دیگر سازمانهای ذی ربط.

شناسایی مسأله که جزو وظایف اصلی کمیته کیفیت است، نباید موضعی و به هنگام

بروز مشکل باشد، بلکه باید فرآیندی مستمر و بدون وقفه باشد.

گام دوم روش علمی حل مسأله که تعیین گروههای کاری است نیز جزو مسؤولیتهای

کمیته کیفیت است.

در گام سوم، گروه تعیین شده کلیه امکانات سازمان را برای تحلیل مسأله به کار می‌گیرد. همه اطلاعات لازم برای گروه جمع آوری می‌شود. چنانچه این اطلاعات کافی نباشد، از منابع دیگر، اطلاعات لازم کسب می‌شود. اطلاعات مورد نیاز موارد زیر را شامل می‌شوند:

- اطلاعات طراحی شامل تلورانسها، نقشه ها، سیاهه مواد، هزینه ها، تجدید نظرها در طراحی، قابلیت تعمیر و نگهداری.

- اطلاعات فرآیند شامل مسیرها، تجهیزات، اپراتورها، مواد خام، قطعات.

- اطلاعات آماری شامل میانگین، میانه، دامنه، اسراف معیار، چولگی و توزیع فراوانی.

- اطلاعات کیفیتی شامل نمودارهای کنترل، قابلیت فرآیند، نمونه برداری برای پذیرش، نمودارهای گشت، تحلیل ماتریسی اپراتور و ماشین و نمودارهای علت و معلول.

بنا به ماهیت مسأله در مراحل بعدی روش علمی، ممکن است به اطلاعات بیشتری نظیر همبستگی، رگرسیون، طرح آزمایش و تحلیل واریانس نیاز باشد.

همین که کلیه اطلاعات لازم فراهم آمد، گروه کاری تحقیقات خود را برای یافتن راه حل‌های مختلف شروع می‌کند. در مسائل کیفیتی برای حل یک مشکل ممکن است بیش از یک راه حل مورد نیاز باشد.

اگر علت و یا علتهای اصلی بروز مشکل از راه به کارگیری نمودار علت و معلول که به میزان قابل توجهی از خلاقیت نیاز دارد، شناسایی شدند، آن گاه راه حل نیز بسادگی قابل تشخیص خواهد بود.

ارزیابی و آزمون راه حل‌ها گام پنجم است. با اجرای این گام مشخص می‌شود که کدام یک از راه حل‌ها امکان موفقیت بیشتری دارند. معیارهای ممکن در ارزیابی راه حل‌ها شامل هزینه، موجه بودن، اثرات، مقاومت در مقابل تغییرات و آموزش می‌باشد.

باید توجه داشت که یکی از کاربردهای نمودارهای کنترل در ارزیابی راه حل‌هاست. معمولاً پس از برداشت ۲۵ نمونه یا حتی کمتر، نمودار کنترل اثربخشی راه حل پیشنهادی را نمایان می‌سازد.



عملیات اصلاحی که آخرین مرحله از روش علمی است خود مشتمل بر سه فعالیت است. ابتدا لازم است تا برای عملیات اصلاحی تأییدیه گرفت. هر چند گروه تا حدودی اختیار اجرای عملیات اصلاحی را داراست، ولی در اکثر موارد تأیید کمیته کیفیت و یا دیگر مراجع ذی صلاح سازمانی الزامی است. علاوه بر این، گروه مسئولیت پیاده سازی و پی گیری آن را نیز بر عهده دارد. در صورتی که پس از پی گیری معلوم شود که راه حل انتخاب شده تأثیر لازم را نداشته است، تکرار بعضی از مراحل اجتناب ناپذیر است.

هر چند در پیاده سازی روش علمی، ضمانتی برای موفقیت وجود ندارد، اما تجربه نشان می دهد که اجرای یک روش مدون و سازمان یافته حصول موفقیت را محتمل تر می سازد. روش علمی به جای کنترل کیفیت بر بهسازی آن تأکید دارد.

### ۱۰-۱۰ کارکنان

از دیر باز اعضای یک سازمان به عنوان با ارزشترین منبع سازمانی شناخته شده اند. این منبع ارزشمند می تواند در بهسازی کیفیت نقش مؤثری را ایفا نماید. در حقیقت این تصور مدیریت که مشکلات کیفیتی ناشی از عملکرد غیر مسؤولانه کارکنان است، نادرست است. بنا بر برآورد دکتر دمنینگ<sup>۱</sup> تنها ۱۵٪ مشکلات کیفیتی از عملکرد کارگران و سرپرستان خط ناشی می شود. ۸۵٪ دیگر ناشی از سیستم (مدیریت) است.

اصل هشتم از چهارده اصل مدیریت پیشنهادی پروفیسور دمنینگ بیان می دارد که: ترس از اظهار نظر را با تشویق اعضا به ایجاد ارتباط طرفینی در سازمان تعدیل کنید. زیان اقتصادی حاصل از عدم گزارش مشکلات به دلیل ترس از اخراج، هزینه های هنگفتی را برای سازمان در پی خواهد داشت.

به عقیده پروفیسور دمنینگ نتایج مثبت حاصل از رعایت اصل ۸ در بهسازی کیفیت سرعت قابل دسترسی است. با تغییر جو حاکم بر محیط کار، اثرات قابل توجه اقتصادی در مدت ۲ یا ۳ سال تحصیل خواهد شد.

درگیر کردن کارکنان در بهسازی کیفیت، شیوه مؤثری برای ارتقای سطح کیفیت

است. تعهد مدیریت، برنامه های سالیانه بهسازی، آموزش، گروههای کاری و غیره در صورتی مؤثر خواهند بود که بتوانند منابع نیروی انسانی سازمان را بخوبی به کار گیرند. ژاپنها با استفاده از حلقه های کنترل کیفیت<sup>۱</sup> به موفقیتهای شایان توجهی دست یافتند. حلقه های کنترل کیفیت را می توان در همه سطوح سازمانی به کار گرفت. با این وجود حلقه های کنترل کیفیت جواب همه مشکلات نیست. بر طبق برآوردهای خوش بینانه تنها ۱۰٪ موفقیت ژاپنها را می توان متأثر از این روش دانست. دلیل اصلی آن است که بیشتر مشکلات کیفیتی ناشی از سیستم است. فایده ایجاد حلقه های کنترل کیفیت و برنامه های دیگری که کارکنان را درگیر می کند، فروریختن ترس از اظهار نظر و تسهیل در امر ارتباطات است.

همین که محیط مناسب به وجود آمد، سیستم پیشنهادات<sup>۲</sup> را برای بهسازی بیشتر کیفیت می توان به راه انداخت. اگر چه وجود یک سیستم پیشنهادات در یک سازمان، بار کاری مدیریت را افزایش می دهد، اما برای اثربخش بودن این سیستم لازم است تا مدیریت تک تک پیشنهادها را بررسی و در صورت لزوم به اجرا گذارد. در بعضی سازمانها مدیران هر یک از پیشنهادها را به صورت کتبی پاسخ می دهند. پاداش مادی و معنوی نیز بخش مهمی از یک سیستم پیشنهادات است.

در سیستم پیشنهادات غالباً از پیشنهادکننده می خواهند تا نه تنها مشکل را بیان کند، بلکه راه حلی نیز برای رفع آن ارائه دهد. در شیوه دیگری برای پیاده سازی این سیستم تنها بیان مشکل کفایت می کند، چرا که بخش تخصصی مربوطه خود راه حلها را پیدا خواهد کرد. همین که کارکنان بدانند که مشکلات آنها به گوش مسؤولان می رسد و پاسخ آن را دریافت می دارند، ارتباطات گسترش پیدا کرده و زمینه برای بهسازی کیفیت فراهم می گردد.

#### ۱۰-۱۱ چهارده اصل مدیریت پروفور دمینگ

بحث حاضر در مدیریت بهسازی کیفیت را با توضیح مختصری در باره چهارده اصل مدیریتی پروفور دمینگ غنی تر می سازیم. طرح و اجرای این اصول در برگزیده یک

سیتم مدیریتی است که در دهه ۵۰ میلادی به منظور اصلاح سیستم مدیریتی ژاپن طراحی و پیاده سازی شد. اصول چهارده گانه دمینگ عبارتند از:

۱ - ایجاد عزم و اراده‌ای استوار برای ارتقای کیفیت محصولات و با خدمات به گونه‌ای که اهداف درازمدت سازمان را فدای سودآوریهای کوتاه مدت ننماید.

۲ - کنار گذاشتن فلسفه سنتی قبول درصدی از نامرغوبی کالا یا محصول به ازای هزینه کمتر کیفیت.

۳ - حذف بازرسی گسترده در تولید انبوه و جایگزین نمودن روشهای آماری کنترل کیفیت در حین تولید.

۴ - ملاک قرار ندادن قیمت به عنوان تنها معیار در خرید مواد و قطعات .

۵ - بهسازی مستمر روش تولید به منظور حذف ضایعات و افزایش بهره وری .

۶ - آموزش مداوم کارکنان تا آنها پیوسته به اطلاعات بهنگام و یافته های جدید مجهز باشند.

۷ - ایجاد سرپرستیهای آشنا با روشهای آماری که آن روشها را در شناخت مشکلات کیفیتی به کار گیرند.

۸ - تعدیل ترس کارکنان از اظهار نظر از طریق تشویق آنها به ایجاد ارتباط طرفینی در سازمان.

۹ - ایجاد رابطه‌ای تنگاتنگ و مستمر بین واحدهای مختلف سازمان. ارتباط دو طرفه بین واحدهای طراحی، تحقیق، فروش و تولید به پیش بینی مشکلات احتمالی و رفع آنها کمک می نماید.

۱۰ - پرهیز از شعار و موعظه و یا انتظار کار بدون نقص، مگر به فراخور میزان آموزشی که توسط مدیریت ارائه می گردد.

۱۱ - جایگزینی شیوه رهبری به جای شیوه مدیریت بر اساس هدف گذاری و توجه صرف به آمار و ارقام و استانداردهای کمی.

۱۲ - آموزش روشهای آماری به صورت گسترده و فراگیر در سطح سازمان.

۱۳ - ایجاد نظام آموزشی و بازآموزی جدی برای کسب مهارتهای نو.

۱۴ - ایجاد ساختاری در مدیریت سطح بالا که خواستار بهسازی کیفیت روزانه باشد.

### ۱۰-۱۲ سری استانداردهای ISO 9000

یکی از ابزارهایی که می تواند مدیریت کیفیت یک سازمان را در رسیدن به اهداف کیفیتی خود کمک کند، رعایت استانداردهای بین المللی سری ۹۰۰۰ است. این استانداردها که به وسیله سازمان بین المللی استاندارد در نیمه دوم دهه ۸۰ میلادی تدوین و انتشار یافته است، امروزه بطور گسترده ای مورد پذیرش قرار گرفته و در سطح جهان مورد استفاده است. پیاده سازی یک سیستم و نظام کیفیتی بر اساس این استانداردها برای سازمانهای تولیدی در کشورهای نیمه صنعتی و در حال توسعه ضروری به نظر می رسد، چراکه پیاده سازی چنین سیستمهایی و در پی آن دریافت گواهی نامه ای که مؤید رعایت این استانداردها از طرف تولید کننده باشد، خود جواز ورود به بازارهای جهانی و ابزاری کارآمد جهت ارتقای سهم سازمان از این بازار است.

تولیدات کشورهای صنعتی و نیمه صنعتی و در حال توسعه مرزهای ملی کشورهای محل ساخت خود را در نوردیده و در بازار جهانی عرضه می گردند. پویایی و ادامه حیات ثمربخش هر سازمان تولیدی در چنین بازاری در گرو توانایی آن سازمان در تداوم رقابت با دیگر سازمانهای تولیدی حاضر در آن بازار است. یکی از عواملی که پیشی گرفتن یک سازمان را در این رقابت موجب می گردد، جلب اعتماد و اطمینان مشتری است. برای حصول اطمینان از کیفیت محصول غالباً سازمانهای خریدار، بخشهایی از سیستم کیفیت تولید کنندگان را بازرسی و ممیزی می کنند. حال چنانچه این بازرسی و ممیزی به صورت فراگیر از جانب یک سازمان کنترل کننده مستقل و معتبر و بر طبق یک سری استانداردهای جامع و مورد قبول در سطح بین المللی صورت بگیرد، دیگر هر سازمان خریداری مجبور به بازرسی و ممیزی جداگانه سازمان تولید کننده نخواهد بود. در واقع یکی از اهداف تدوین استانداردهای بین المللی سری ۹۰۰۰ همین است.

استانداردهای بین المللی سری ۹۰۰۰ مجموعه استانداردهایی را برای ایجاد یک سیستم تولیدی و یا خدماتی کیفیت گرا ارائه می نماید. مجموعه این استانداردها را می توان

مشمول بر شش زیر مجموعه دانست. زیر مجموعه اول با شماره ISO ۸۴۰۲ و عنوان "مدیریت کیفیت و اطمینان از کیفیت - واژه نامه" مربوط به استاندارد کردن مفاهیم، معانی و اصطلاحات کیفیت است. در زیر مجموعه دوم راهنماییهای لازم جهت انتخاب و استفاده از استانداردها به صورت قراردادی و یا غیر قراردادی ارائه می گردد. زیر مجموعه های سوم، چهارم و پنجم سه الگوی مختلف تضمین کیفیت در شرایط قراردادی را تحت شماره های "ISO ۹۰۰۱"، "ISO ۹۰۰۲" و "ISO ۹۰۰۳" ارائه می نمایند. از سری استانداردهای ISO ۹۰۰۱ وقتی استفاده می شود که طبق قرارداد تأمین کننده ملزم به تضمین کیفیت فرآورده با توجه به مشخصات تعیین شده در هر یک از مراحل طراحی، توسعه، تولید، عرضه و خدمات پس از فروش باشد. از سری استانداردهای ISO ۹۰۰۲ هنگامی استفاده می شود که بر طبق قرارداد تأمین کننده ملزم به تضمین انطباق کیفیت فرآورده با مشخصه های تعیین شده فقط در مرحله تولید و عرضه باشد. و بالاخره از الگوی سوم یعنی سری استانداردهای ISO ۹۰۰۳ وقتی استفاده می شود که تأمین کننده بر طبق قرارداد ملزم به تضمین انطباق کیفیت فرآورده با مشخصه های تعیین شده فقط در مرحله بازرسی نهایی باشد. انتخاب هر یک از این سه الگو به عواملی از جمله نوع فعالیت و شرایط بازار بستگی دارد. زیر مجموعه ششم خود شامل دو بخش با شماره های "ISO ۹۰۰۴" و "ISO ۹۰۰۴-۲" می باشد. بخش اول با عنوان "عناصر مدیریت کیفیت و نظام کیفیت - خطوط راهنما" روشهایی را ارائه می دهد که به وسیله آنها می توان اجزای سیستم کیفیت ذکر شده در هر یک از سه الگو را مورد ارزیابی قرار داد. بخش دوم با عنوان "عناصر مدیریت کیفیت و نظام کیفیت - راهنمایی برای واحدهای خدماتی" توصیه های لازم را جهت پیاده سازی نظامهای کیفیتی در واحدهای خدماتی ارائه می نماید.

هر چند رعایت استانداردهای بین المللی سری ۹۰۰۰ دروازه های بازار جهانی را بر روی فرآورده های یک واحد تولیدی یا خدماتی می گشاید، چنین ذهنیتی نباید ایجاد شود که تنها فایده پیاده سازی نظامهای کیفیتی بر اساس این استانداردها اخذ گواهینامه معتبر و به تبع آن راه یافتن به بازارهای جهانی است، چرا که این استانداردها فقط برای واحدهای نسبتاً بزرگی که در امر صادرات فرآورده های خود فعالیت دارند تدوین نشده است، بلکه در تدوین این استانداردها همه واحدهای تولیدی و خدماتی اعم از کوچک و بزرگ (تعداد

کارکنان برخی از شرکتهای اروپایی که موفق به اخذ گواهینامه تأییدیه استانداردهای بین المللی شده‌اند، بین ۱۰ تا ۲۰ نفر بوده است) و صادراتی و یا عرضه کننده به بازار داخلی مد نظر بوده و در پیاده سازی این استانداردها برای هر یک محاسنی را مترتب دانسته‌اند. بدون تردید، سازمان در طی پیاده سازی یک نظام کیفیتی مبتنی بر این استانداردها، با نقاط ضعف و قدرت خود بهتر آشنا شده و می تواند از وجود گلوگاههای تولیدی و علل اتلاف منابع، آگاه گردیده و از طریق رفع این مشکلات بهره وری و سودآوری در سازمان را ارتقا دهد.

بطور کلی پیاده سازی یک نظام کیفیتی مبتنی بر استانداردهای ISO ۹۰۰۰ محاسنی را برای یک سازمان به غیر از راه یابی به بازارهای جهانی به دنبال خواهد داشت که موارد زیر از آن جمله‌اند:

۱. استفاده کارآمد از منابع موجود یعنی نیروی انسانی، ماشین آلات، مواد و سرمایه.
۲. ارتقای بهره وری و سودآوری از طریق حذف ضایعات و دوباره کاریها و توجه به استفاده کارا از منابع.
۳. ارتقای سطح کیفیت تولیدات و یا خدمات.
۴. ارتقای سطح اعتماد و اطمینان مشتری نسبت به فرآورده های سازمان.
۵. ارتقای اعتبار ملی و بین المللی سازمان.

## پیوستار کتاب

- |  |              |
|--|--------------|
| مقدمه‌ای بر چند توزیع مهم آماری.           | ۱. پیوست الف |
| مقدمه‌ای بر روشهای نمونه گیری.             | ۲. پیوست ب   |
| سیستم کامپیوتری آموزشی و عملی کنترل کیفیت. | ۳. پیوست ج   |
| جدولهای آماری و نوموگرام.                  | ۴. پیوست د   |





## پیوست الف

### آشنایی با چند توزیع مهم آماری

برخی از متغیرهای تصادفی در بسیاری از زمینه‌های مختلف مسائل عملی پیش می‌آیند. در این بخش، تعدادی از این متغیرهای تصادفی را که در قسمتهای مختلف کتاب به آنها اشاره شده است، معرفی و خواص آنها را بررسی می‌کنیم.

#### ۱ - متغیر تصادفی دو جمله‌ای و متغیر تصادفی برنولی

اگر متغیر تصادفی  $X$  فقط دو مقدار مثلاً  $0$  و  $1$  را با احتمالهای  $p$  و  $1-p$  اختیار کند، آن را متغیر برنولی گوئیم. تابع چگالی این متغیر تصادفی را می‌توان به صورت زیر نوشت

$$f(x) = p^x (1-p)^{1-x} \quad x = 0, 1$$

میانگین و واریانس این توزیع به صورت زیر است

$$\mu = p, \quad \sigma^2 = p(1-p)$$

در آزمایش برنولی  $p$  را احتمال موفقیت و  $q = 1-p$  را احتمال شکست نامند.

حال چنانچه آزمایش برنولی را  $n$  بار بطور مستقل اجرا کنیم و  $X$  تعداد موفقیتها باشد، آن‌گاه توزیع  $X$  را توزیع دو جمله‌ای با پارامترهای  $n$  و  $p$  نامند. در این صورت

تابع چگالی  $X$  به قرار زیر است

$$f(x) = C_n^x p^x q^{n-x} \quad x = 0, 1, \dots, n$$

و آن را مختصراً به صورت  $X \sim B(n, p)$  می نویسند.

قضیه - اگر  $X \sim B(n, p)$ ، آن گاه

$$\mu = np \quad \sigma^2 = npq$$

مثال ۱ - فرض کنید ۱ درصد از لیوانهای تولید شده به وسیله یک ماشین معیوب باشد. اگر ۱۰ لیوان ساخت این ماشین را به تصادف انتخاب کنیم، احتمال آن که هیچ کدام از آنها معیوب نباشد، چقدر است؟ انتظار داریم چند لیوان معیوب بیابیم؟ احتمال مشاهده دو لیوان معیوب چقدر است؟

با استفاده از اطلاعات مسأله می دانیم  $p = 0/1$ ،  $q = 0/9$ ،  $n = 10$ . در نتیجه اگر  $X$  تعداد لیوانهای معیوب باشد، داریم

$$X \sim B(10, 0/1)$$

پس تابع چگالی آن به صورت زیر نوشته می شود

$$f(x) = C_{10}^x (0/1)^x (0/9)^{10-x} \quad x = 0, 1, \dots, 10$$

$$P(X=0) = f(0) = 0/9^{10} \quad \text{احتمال مشاهده صفر لیوان معیوب}$$

$$\mu = E(x) = np = 10(0/1) = 1 \quad \text{تعداد لیوان معیوب مورد انتظار}$$

احتمال مشاهده بیش از دو لیوان معیوب به صورت زیر به دست می آید

$$P(X > 2) = 1 - P(X \leq 2) = 1 - (f(0) + f(1) + f(2)).$$

مثال ۲ - یک تولید کننده قطعات کوچک، اجناس را در بسته های ۲۰ تایی برای

مصرف کننده می فرستد. فرض کنید هر قطعه یا معیوب است یا سالم، و احتمال معیوب بودن هر قطعه برابر ۵ درصد است.

الف) تعداد مورد انتظار قطعه های معیوب در هر بسته چقدر است؟

ب) احتمال این که بسته دلخواهی شامل قطعه معیوب نباشد، چقدر است؟

با توجه به داده های مسئله داریم  $p=0/05$ ،  $q=1-p=0/95$  و  $n=20$ .

تعداد قطعه های معیوب مورد انتظار در هر بسته،  $\mu = n \times p = 20 \times 0/05 = 1$

$$f(x) = C_{20}^x (0/05)^x (0/95)^{20-x} \quad x = 0, 1, \dots, 20$$

$$P(X=0) = f(0) = 0/95^{20} = 0/358$$

## ۲ - متغیر تصادفی هندسی

فرض کنید آزمایش برنولی را آن قدر تکرار کنیم تا یک موفقیت به دست آید. اگر  $X$  تعداد آزمایشهای لازم باشد، آن را متغیر تصادفی هندسی نامند.

اگر احتمال موفقیت در هر آزمایش را  $p$  و احتمال شکست را  $q = 1 - p$  در نظر بگیریم، تابع چگالی متغیر تصادفی هندسی به صورت زیر خواهد بود

$$f(x) = p q^{x-1} \quad x = 1, 2, 3, \dots$$

تابع چگالی فوق را به صورت مختصر  $X \sim G(p)$  می نویسیم.

قضیه - اگر  $X \sim G(p)$ ، آن گاه

$$\mu = \frac{1}{p}, \quad \sigma^2 = \frac{q}{p^2}$$

مثال ۱ - شرکتی که یک نوع بستنی کاکائویی می سازد، هر عدد آن را ۱۰۰ ریال می فروشد. فرض کنید از هر ۵۰ بستنی، یکی دارای علامتی است که چنانچه خریداری آن

را بیابد یک بستنی مجانی دریافت می دارد. اگر مصمم باشید تا یک بستنی مجانی دریافت کنید، انتظار دارید چه مبلغی در خرید بستنی هزینه کنید؟  
با توجه به صورت مسأله  $p = 0/02$  و  $q = 0/98$ . پس تابع چگالی هندسی به صورت زیر خواهد بود

$$f(x) = 0/02 (0/98)^{x-1} \quad x = 1, 2, \dots$$

$$\mu = \frac{1}{p} = \frac{1}{0/02} = 50$$

پس هزینه مورد انتظار در خرید بستنی برابر است با

$$50 \times 100 = 5000$$

مثال ۲ - کارخانه‌ای قطعات اولیه مورد نیاز خود را در بسته های ۱۰۰ تایی دریافت می کند که شامل ۵ قطعه نامرغوب است. کارخانه بطور منظم بسته های دریافتی را بازرسی می کند تا کیفیت آنها را ارزیابی نماید. در صورتی که کیفیت بسته ها پایین باشد، بسته برگشت داده می شود. فرض کنید کارخانه یک نمونه ۳ تایی را به تصادف از بسته دریافتی انتخاب می کند. اگر این نمونه خالی از قطعه معیوب باشد بسته پذیرفته می شود، در غیر این صورت بسته به فروشنده برگشت داده می شود. مطلوب است تعیین درصد بسته های مورد قبول و محاسبه میانگین و واریانس تعداد قطعه های معیوب.

احتمال این که هر یک از بسته ها مورد قبول واقع شود، برابر است با

$$\frac{C^3_{95}}{C^3_{100}} = 0/856$$

یعنی چنانچه فروشنده مکرراً بسته های ۱۰۰ تایی که هر یک شامل ۵ قلم کالای معیوب است، بفروشد، ۸۵/۶ درصد این بسته ها مورد قبول کارخانه خواهد بود. و ۱۴/۴ درصد بسته ها نیز به فروشنده عودت داده خواهند شد.

$$\sigma^2 = 3 \times (0/05)(0/95)$$

$$\mu = 3 \times 0/05 = 0/15$$

### ۳ - توزیع پواسون

بسیاری از پدیده‌ها مانند ورود اتومبیلها به یک پارکینگ، تعداد تلفن‌ها در یک دوره زمانی معین، تعداد ضایعاتی که در عایق کاری یک قطعه سیم رخ داده است، همه از توزیعی پیروی می‌کنند که به توزیع پواسون معروف است.

اگر  $\lambda$  متوسط تعداد رخداد پدیده مورد نظر در واحد زمان و  $X$  تعداد پیشامدها در این فاصله زمانی باشد، تابع چگالی  $X$  به صورت زیر نوشته می‌شود

$$f(x) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!} \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

و آن را به صورت مختصر  $X \sim P(\lambda)$  می‌نویسیم.

قضیه - اگر  $X \sim P(\lambda)$ ، آن‌گاه

$$\mu = \lambda, \quad \sigma^2 = \lambda$$

یعنی میانگین و واریانس توزیع پواسون با هم برابرند.

مثال ۱ - فرض کنید تعداد تلفنهایی که به یک کارخانه می‌شود، یک فرآیند پواسون با پارامتر  $\lambda = ۱۲۰$  تلفن در ساعت باشد. اگر  $X$  تعداد تلفنهایی باشد که در یک دقیقه زده می‌شود، مطلوب است تابع چگالی  $X$ ، و احتمال این که در این فاصله زمانی هیچ تلفنی زده نشود. و یا تعداد ۱ تا ۵ تلفن زده شود.

داریم

$$\lambda' = \lambda s = ۱۲۰ \times \frac{1}{60} = ۲, \quad X \sim P(\lambda')$$

در نتیجه

$$f(x) = e^{-2} \frac{2^x}{x!} \quad x = 0, 1, \dots$$

$$P(X=0) = f(0) = e^{-2} = 0/1353$$

$$P(1 \leq X \leq 5) = F(5) - F(0) = 0/98 - 0/1353 = 0/8447$$

مثال ۲- در کارخانه‌ای، حوادث صنعتی به نسبت ۱ حادثه در ۲ ماه اتفاق می افتد. اگر فرض کنیم که حوادث مستقلاً رخ می دهند، میانگین تعداد حوادث در سال چقدر است؟ احتمال آن که در ماه معینی هیچ حادثه‌ای رخ ندهد چقدر است؟

داریم

$$X \sim P(\lambda') \quad \text{پس } \lambda' = \lambda s = 12 \times \frac{1}{2} = 6$$

و در نتیجه  $\mu = 6$ 

اگر واحد زمانی ماه در نظر گرفته شود، داریم

$$X \sim P(0/5) \quad \text{و } \lambda'' = 1 \times \frac{1}{2} = 0/5$$

$$P(X=0) = f(0) = e^{-0/5} = 0/6065$$

مثال ۳- فرض کنید از هر ۱۰۰۰ لاستیک نواتومبیل ۱ لاستیک زدگی داشته باشد. همچنین فرض کنید شرکتی ۴ اتومبیل نو می خرد. احتمال پشامد: هیچ یک از اتومبیلها دارای لاستیک زده دار نیست، چقدر است؟

داریم

$$.n=4 \quad \text{و } p=0/001, \quad q=0/999$$

اگر  $X$  تعداد زدگیها باشد، تابع چگالی  $X$  عبارتست از

$$f(x) = C_p^x (0/001)^x (0/999)^{4-x}$$

در نتیجه

$$f(0) = (0/999)^4 = 0/996$$

از تقریب پواسون داریم

$$\lambda = n \times p = 0/004$$

در نتیجه  $X \sim P(0/004)$ 

و احتمال مطلوب عبارتست از

$$f(0) = P(X=0) = e^{-0/004} = 0/98$$

## ۴ - توزیع نمایی

در فرآیند پواسون با پارامتر  $\lambda$ ، اگر  $X$  زمانی باشد که باید بگذرد تا اولین پیشامد رخ دهد، آن گاه متغیر  $X$  را یک متغیر تصادفی نمایی با پارامتر  $\lambda$  نامند. تابع چگالی توزیع نمایی به صورت زیر تعریف می شود

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad x > 0$$

و آن را به صورت مختصر  $X \sim \text{Exp}(\lambda)$  می نویسیم.قضیه - اگر  $X \sim \text{Exp}(\lambda)$ ، آن گاه

$$\mu = \frac{1}{\lambda}, \quad \sigma^2 = \frac{1}{\lambda^2}$$

مثال ۱ - از کار افتادگی قطعات یک دستگاه در کارخانه‌ای تقریباً یک فرآیند پواسون با پارامتر  $\lambda = \frac{1}{4}$  در ساعت است. چنانچه ساعت ۹ صبح یک روز وارد این کارخانه

شویم، مطلوب است تعیین احتمال این که پس از ورود، حداقل یک ساعت طول بکشد تا اولین از کار افتادگی رخ دهد. اگر  $X$  فاصله زمانی تا اولین از کار افتادگی دستگاه باشد، تابع چگالی  $X$  را مشخص کنید. احتمال این که برای اولین از کار افتادگی کمتر از ۴ ساعت منتظر شویم، چقدر است؟ میانگین و واریانس زمان تا اولین از کار افتادگی را حساب کنید.

بنا به تعریف توزیع نمایی داریم

$$f(x) = \frac{1}{\lambda} e^{-x/\lambda} \quad x > 0$$

$$P(x > 1) = \int_1^{\infty} \frac{1}{\lambda} e^{-x/\lambda} dx = e^{-1/\lambda} = 0.606$$

$$P(x \leq 4) = \int_0^4 \frac{1}{\lambda} e^{-x/\lambda} dx = 1 - e^{-4/\lambda} = 0.865$$

$$\mu = \frac{1}{\lambda} = \lambda, \quad \sigma^2 = \frac{1}{\lambda^2} = \lambda$$

مثال ۲ - معمولاً از کار افتادگی انواع مختلف لامپهای الکترونی مانند پیشامدهای فرآیند پواسون رخ می دهند. به عبارتی دیگر عمر مفید این لامپها یک متغیر تصادفی نمایی با پارامتر  $\lambda$  است. فرض کنید دستگاهی شامل ۵ لامپ الکترونی است که عمر مفید آنها متغیر تصادفی نمایی با  $\lambda = 1$  است. اگر این لامپها مستقل کار کنند و از کار افتادن یکی، باعث توقف دستگاه گردد، مطلوب است محاسبه احتمال آن که دستگاه برای حداقل  $a$  ساعت کار کند.

تابع چگالی مربوط به هر لامپ عبارت است از

$$f(x) = \frac{1}{1000} e^{-x/1000} \quad x > 0$$

احتمال آن که لامپی حداقل  $a$  ساعت کار کند، به صورت زیر به دست می آید

$$\begin{aligned} P(X > a) &= \int_a^{\infty} \frac{1}{1000} e^{-x/1000} dx \\ &= e^{-a/1000} \end{aligned}$$



چون لامپها مستقل از یکدیگر کار می کنند، احتمال این که دستگاه برای حداقل  $a$  ساعت کار کند، برابر است با

$$(e^{-a/1000})^5 = e^{-a/200}$$

مثلاً احتمال آن که دستگاه ۱۰۰ ساعت کار کند برابر است با  $e^{-1/2} = 0.61$ .

### ۵ - متغیر تصادفی نرمال

در بین تمام قوانین احتمال، تابع چگالی نرمال بدون تردید بیشترین کاربرد را دارد. یکی به خاطر این که متغیر تصادفی نرمال در بسیاری از مسائل عملی ظاهر می شود، و دیگر این که بسیاری از قوانین احتمالی دیگر را می توان بخوبی با توزیع نرمال تقریب کرد.

تابع چگالی نرمال با میانگین  $\mu$  و واریانس  $\sigma^2$  به صورت زیر تعریف می شود

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad -\infty < x < \infty$$

و آن را به صورت اختصاری  $X \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$  می نویسند. حالت  $\mu = 0$  و  $\sigma^2 = 1$  را نرمال استاندارد گویند و به صورت  $X \sim \mathcal{N}(0, 1)$  می نویسند.

چون انتگرال تابع چگالی نرمال مستقیماً قابل محاسبه نیست، احتمالهای مربوط به آن به کمک جدول نرمال به دست می آید.

مثال ۱- فرض کنید وزن بسته‌ای که یک ماشین تولید می کند  $X$ ، یک متغیر تصادفی نرمال با میانگین ۲ و انحراف معیار ۰/۱ کیلو است. احتمال آن که این بسته اولاً از ۱/۹ کیلو کمتر و ثانیاً از ۲/۲ کیلو بیشتر باشد، چقدر است؟

$$\text{داریم: } X \sim \mathcal{N}(2, 0.01)$$

در نتیجه می توان نوشت :

$$P(X < 1/9) = P(Z < \frac{1/9 - 2}{0.1}) = P(Z < -1) = 0.1587$$

$$P(X > 2/2) = P(Z > \frac{2/2 - 2}{0.1}) = P(Z > 2) = 1 - 0.9773 = 0.0227$$

قضیه - اگر  $X_1, X_2, \dots, X_n$  نمونه‌ای تصادفی از جمعیتی با میانگین  $\mu$  و واریانس  $\sigma^2$  و نسبت  $p$  باشد، آنگاه متغیرهای تصادفی

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}, \quad Z = \frac{p - P}{\sqrt{PQ/n}}$$

در حد دارای توزیع نرمال استانداردند، یعنی  $Z \sim \mathcal{N}(0, 1)$ .

مثال ۲ - وزن بسته‌هایی که یک ماشین بسته‌بندی می‌کند، بطور نرمال در اطراف میانگین ۲۵۰ گرم با انحراف معیار ۲۰ گرم توزیع شده‌اند. احتمال آن که وزن متوسط ۱۶ بسته پر شده به وسیله این ماشین کمتر از ۲۴۰ گرم باشد، چقدر است؟

$$\bar{X} \sim \mathcal{N}(250, \frac{400}{16}), \quad X \sim \mathcal{N}(250, 400)$$

$$P(\bar{X}_{16} < 240) = P(Z < \frac{240 - 250}{\sqrt{400/16}}) = P(Z < -2) = 0.0227$$

۵

مثال ۳ - فرض کنید طول دانه‌های زنجیر دوچرخه حول میانگین ۰/۵ سانتی متر با انحراف معیار ۰/۰۴ سانتی متر توزیع شده باشد. بر طبق استاندارد، زنجیرها باید بین ۰/۴۹ تا ۰/۵۰ سانتی متر طول داشته باشند.

الف) اگر زنجیرها از ۱۰۰ دانه درست شده باشند، چه نسبتی از آنها مطابق استاندارد است؟

ب) اگر زنجیرها از ۹۹ دانه تشکیل شده باشند، چه نسبتی خارج از استاندارد خواهد بود؟

ج) اگر زنجیر از ۹۹ دانه ساخته شود،  $\sigma$  را چه مقدار کاهش دهیم تا ۹۰٪ زنجیرها مطابق استاندارد باشند؟

$$\bar{X} \sim \mathcal{N}\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right) \approx \mathcal{N}\left(0.5, \frac{(0.04)^2}{n}\right) \quad \text{الف) با توجه به قضیه بالا داریم}$$

پس می توان نوشت

$$P(0.492 < \bar{X} < 0.5) = P(-2/5 < Z < 0) = 0.4938$$

$$1 - P(0.492 < \bar{X} < 0.5) \approx 1 - 0.4938 = 0.5062 \quad \text{ب)}$$

$$\frac{+0.01}{\sigma/\sqrt{99}} = 1/64 \rightarrow \sigma \approx 0.06 \quad \text{ج) چون } Z_{0.90} = 1/64 \text{ در نتیجه داریم}$$

### ۶- توزیع t (استیودنت)

اگر  $s^2$  واریانس نمونه‌ای تصادفی به حجم  $n$  از یک جمعیت نرمال با میانگین  $\mu$  و واریانس  $\sigma^2$  باشد، آن گاه متغیر تصادفی

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

دارای توزیعی است که آن را توزیع  $t$  نامند. تابع چگالی این توزیع مانند توزیع نرمال نسبت به مبدأ مختصات متقارن است. احتمالهای مختلف مربوط به این توزیع را به کمک جدول  $t$  محاسبه می کنیم. در این توزیع عدد  $df = n - 1$  را درجه آزادی متغیر تصادفی  $t$  می نامند.

مثال ۱ - کارخانه‌ای ادعا می کند که سیگارهایش محتوی حداکثر ۳۰ میلی گرم نیکوتین است. برای امتحان یک نمونه ۱۵ تایی بطور تصادفی انتخاب می کنیم. اگر  $\bar{X} = 42/6$  و  $S = 3/7$ ، آیا ادعای کارخانه را در سطح  $\alpha = 0.01$  می توان پذیرفت؟

ابتدا مقدار  $t$  را محاسبه می‌کنیم

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}} = \frac{(42/6 - 40) \times \sqrt{15}}{3/\sqrt{7}} = 2/722$$

حال با توجه به جدول  $t$  و مقدار  $\alpha = 0/01$  داریم  $t = 2/625$ . با مقایسه  $t = 2/722$  با مقدار حاصله از جدول  $t$  به این نتیجه می‌رسیم که بر مبنای اطلاعات موجود در نمونه‌ها، ادعای کارخانه را نمی‌توان پذیرفت.

### ۷- توزیع مجذورکا

اگر  $X_1, X_2, \dots, X_n$  یک نمونه تصادفی از توزیع نرمال استاندارد باشد، آن‌گاه متغیر

تصادفی

$$\chi^2 = \sum X_i^2$$

را متغیر تصادفی مجذورکا با  $n$  درجه آزادی نامند. این توزیع نامتقارن بوده و منحنی آن با درجه آزادی تغییر می‌کند.

در عمل چنانچه  $O_i$  و  $E_i$  به ترتیب مقادیر تجربی و نظری باشند، آن‌گاه متغیر تصادفی

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

دارای توزیع حدی مجذورکا با  $K - 1$  درجه آزادی است.

### ۸- توزیع ویبال

متغیر تصادفی  $X$  را با تابع چگالی

$$f(x) = \frac{m y^{m-1}}{\alpha} e^{-y^m/\alpha} \quad 0 \leq y < \infty, \alpha, m > 0$$

را متغیر تصادفی و بیابال نامند. این توزیع الگوی مناسبی برای توزیع طول عمر بسیاری از دستگاههای صنعتی و اعمال بیولوژیکی است.

### ۹ - نیکویی برازش

نیکویی برازش معمولاً برای دو مجموعه از داده‌ها به کار می‌رود و منظور این است که آیا این دو مجموعه از یک جامعه به دست آمده‌اند یا خیر. همچنین هنگامی که بخواهیم تحقیق کنیم که آیا مجموعه مفروضی از داده‌ها از توزیع معینی به دست آمده‌اند، از نیکویی برازش استفاده می‌کنیم. در این حالت نیز نمونه متناظر را از توزیع معین به دست آورده و دو مجموعه را مانند حالت قبلی مقایسه می‌کنیم.

برای نیکویی برازش اگر دو مجموعه از داده‌ها را به صورت داده‌های زوج زیر نشان دهیم

$$\{ (O_1, E_1), (O_2, E_2), \dots, (O_k, E_k) \}$$

می‌توانیم از آماره  $\chi^2$  برای آزمون فرض زیر استفاده کنیم

$H_0$  : مشاهدات تجربی و نظری یکسان هستند

$H_1$  : مشاهدات تجربی و نظری یکسان نیستند

پس در این صورت اگر مقدار آماره

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}, \quad df = k - 1$$

از مقدار  $\chi_{\alpha}^2$  با  $k - 1$  درجه آزادی بیشتر شد، آنگاه فرض  $H_0$  رد می‌شود. معمولاً برای استفاده از این آماره فراوانیهای نظری باید از ۵ بزرگتر باشند. برای رفع این اشکال، لازم است تا دسته‌های با فراوانی کوچکتر از ۵ را در یکدیگر ادغام کنیم. البته در این صورت درجه آزادی باید مجدداً محاسبه شود.

مثال ۱ - دو نژاد گیاهی خالص A و B مورد مطالعه قرار می گیرند. در سال اول دو نژاد همگن هستند، ولی در سال دوم ۴ نوع گیاه، یعنی AB, Ab, aB, ab خواهیم داشت. اگر صفات طبق قانون مندل منتقل شوند، آنگاه نسبت نظری ۴ نوع پدیده گیاهی عبارتند از ۱-، ۳-، ۳-، ۹- . جدول زیر مقادیر مشاهده شده را در مورد ۱۶۰ گیاه مورد مطالعه نشان می دهد. با توجه به داده های فوق، آیامی توان تصمیم گرفت که قوانین مندل در این مورد صادق است.

نوع	Ab	Ab	aB	ab	جمع
فراوانی تجربی	۹۰	۳۰	۳۰	۱۰	۱۶۰

فرض زیر را در نظر می گیریم.

$H_0$ : صفت مورد مطالعه از قانون مندل پیروی می کند:

$H_1$ : صفت مورد مطالعه از قانون مندل پیروی نمی کند:

به ازای  $\alpha = 0.05$  و با  $k - 1 = 3 - 1 = 3$  درجه آزادی مقدار  $\chi^2$  از جدول باید کمتر از ۷/۸۱۵ باشد. از طرفی با استفاده از جدول فوق داریم

$$\chi^2 = \frac{10^2}{90} + \frac{(-12)^2}{40} + \frac{(-6)^2}{30} + \frac{8^2}{10} = 13/51$$

و چون  $\chi^2 > \chi_{\alpha}^2$  فرض  $H_0$  رد می شود. به عبارت دیگر نتیجه می شود که صفت مورد مطالعه از قانون مندل پیروی نمی کند.

مثال ۲ - فرض کنید می خواهیم درصد موفقیت های دوسری داده را که به صورت زوجهای (+) و (-) مشخص شده اند، مقایسه کنیم. تعداد این زوجها به ترتیب برابر ۷ و ۱ است. اگر درصد موفقیتها برابر باشند، آنگاه فراوانیهای نظری به ترتیب برابر ۴ و ۴ می شود. در این صورت از رابطه تصحیح شده  $\chi^2$  به صورت زیر استفاده می کنیم.

$$\chi^2 = \sum \frac{(|O_i - E_i| - 0.5)^2}{E_i}$$

که با توجه به داده های مسأله داریم

$$\chi^2 = \frac{(|7 - 4| - 0.5)^2}{4} + \frac{(|1 - 4| - 0.5)^2}{4} = 3/12$$

از مقایسه این عدد با  $\chi_{\alpha}^2$  می توان فرض مورد نظر را در سطح  $\alpha$  آزمون کرد.





## پیوست ب

### نمونه‌گیری و روشهای آن

هدف از نمونه‌گیری استفاده از اطلاعات موجود در نمونه است. دو کمیّت در اطلاعات موجود در نمونه و در نتیجه در استنباط حاصل مؤثر است. عامل اول حجم نمونه انتخاب شده از جامعه است. عامل دوم میزان پراکندگی در داده‌های حاصل از نمونه‌گیری است. عامل اخیر را می‌توان با روش انتخاب نمونه کنترل کرد. برای حجم نمونه ثابت  $n$ ، شیوه‌های مختلف نمونه‌گیری را می‌توان در نظر گرفت که مهمترین آنها عبارتند از: نمونه‌گیری تصادفی ساده، نمونه‌گیری طبقه‌ای، نمونه‌گیری سیستماتیک و نمونه‌گیری خوشه‌ای.

#### ۱ - نمونه‌گیری تصادفی

اگر نمونه‌ای با حجم  $n$  از جامعه‌ای با حجم  $N$  به گونه‌ای استخراج شود که هر نمونه ممکن، شانس مساوی برای انتخاب شدن داشته باشد، آن را نمونه‌گیری تصادفی ساده می‌نامند.

نمونه‌گیری تصادفی ساده را از جامعه‌های همگن برای به دست آوردن برآوردگرهای میانگینها، مقادیر کل، نسبتها و واریانسها به کار می‌گیرند.

### ۱ - ۱ چگونگی استخراج نمونه ها به صورت تصادفی

نمونه های تصادفی ساده را می توان با استفاده از جدول اعداد تصادفی انتخاب کرد. روشهای به کارگیری جدول اعداد تصادفی در نمونه گیری در کتابهای آمار مقدماتی آمده است ( به عنوان مثال مراجع [۷] و [۱۵] را ببینید). در این نوع نمونه گیری اگر  $\{y_1, \dots, y_n\}$  نمونه حاصل باشد، برآوردگرها به صورت زیر محاسبه می شوند

$$\hat{\mu} = \bar{y} = \frac{1}{n} \sum y_i \quad \text{برآوردگر میانگین جامعه}$$

$$V(\bar{y}) = \frac{(N-n)}{N} \times \frac{s^2}{n} \quad \text{برآوردگر واریانس جامعه}$$

$$B = 2\sqrt{V(\bar{y})} \quad \text{کران خطای برآورد}$$

$$x \pm B \quad \text{حدود اطمینان ۹۵٪ برای میانگین جامعه}$$

$$\tau = N \times \bar{y} \quad \text{برآوردگر مقدار کل جامعه}$$

$$V(\tau) = N(N-n) \frac{s^2}{n} \quad \text{برآوردگر واریانس کل}$$

$$B = 2N\sqrt{V(\bar{y})} \quad \text{کران خطای برآورد کل}$$

$$\tau \pm B \quad \text{حدود اطمینان ۹۵٪ برای کل جامعه}$$

### ۱ - ۲ انتخاب حجم نمونه در برآورد میانگین یا مقدار کل

در یکی از مراحل بازرسی تولیدات، باید در مورد حجم نمونه ای که از جامعه انتخاب می شود، تصمیم گیری کرد. نمونه گیری مستلزم هزینه و صرف وقت است. بنابراین اگر نمونه خیلی بزرگ باشد، باعث به هدر رفتن وقت و سرمایه است. برعکس چنانچه تعداد

دست آورده و به طریقی دیگر اسراف کار بوده ایم.

تعداد مشاهدات لازم برای برآورد میانگین جامعه با کران خطای  $B$  به این ترتیب به دست می آید که  $B$  را مساوی دو برابر انحراف معیار برآوردگر  $y$  قرار داده و عبارت حاصل را بر حسب  $n$  حل می کنیم. در این صورت حداقل حجم نمونه لازم با اطمینان ۹۵ درصد به دست خواهد آمد.

$$n = \frac{N\sigma^2}{(N-1)D + \sigma^2}$$

که در آن  $\sigma^2$  واریانس جامعه است و  $D = \frac{B^2}{4}$  یا  $D = \frac{B^2}{4N^2}$  بر حسب آن که میانگین یا مقدار کل برآورد می شود.

### ۱-۳ برآورد نسبت

محقق گاهی نمونه گیری را به خاطر محاسبه نسبت عناصری از جامعه که صفت خاصی را دارند، انجام می دهد.

پس اگر  $a$  تعداد اعضای واجد شرط در نمونه ای به حجم  $n$  باشد، نسبت  $p = \frac{a}{n}$  را به عنوان برآوردگر  $P$  در نظر می گیریم. میانگین و واریانس آن به صورت زیر محاسبه می شود

$$\hat{P} = p \quad \text{برآورد نسبت جامعه}$$

$$V(p) = \frac{pq}{n-1} \left( \frac{N-n}{N} \right), \quad q = 1-p \quad \text{برآورد واریانس}$$

$$B = 2\sqrt{V(p)} \quad \text{کران خطای برآورد}$$

$$p \pm B \quad \text{حدود اطمینان ۹۵٪ برای نسبت جامعه}$$

### ۱-۳-۱ حجم نمونه لازم در برآورد نسبت

اگر کران خطا و درجه اعتماد آماری مشخص باشد، می توانیم حجم نمونه لازم را از رابطه زیر محاسبه کنیم

$$n = \frac{Npq}{(N-1)D + pq}$$

$$D = \frac{B^2}{F} \quad \text{که در آن}$$

### ۲ - نمونه گیری طبقه ای

در بسیاری موارد جامعه تحت بررسی همگن نیست. در نتیجه برای به دست آوردن اطلاعات مناسبتر، ابتدا جمعیت را به چند طبقه همگن تقسیم کرده، از هر طبقه یک نمونه تصادفی ساده اختیار می کنیم.

### ۲ - ۱ روش انتخاب نمونه تصادفی طبقه ای

اولین گام در انتخاب نمونه تصادفی طبقه ای، مشخص کردن طبقات است. پس از انجام این کار، هر واحد نمونه گیری از جمعیت را در طبقه مناسب قرار می دهیم. آن گاه از هر طبقه یک نمونه تصادفی ساده انتخاب کرده، میانگین مشاهدات حاصل از طبقه  $h$  را با  $\bar{x}_h$  نشان می دهیم. و فرض می کنیم  $k$  طبقه موجود است. حال اگر حجم طبقه  $h$  برابر  $N_h$  باشد، برآوردگرهای لازم از رابطه های زیر به دست می آیند

$$\bar{x}_{st} = \frac{1}{N} \sum N_h \bar{x}_h \quad \text{برآورد میانگین جامعه } \mu$$

$$V(\bar{x}_{st}) = \frac{1}{N^2} \sum N_h^2 \left( \frac{N_h - n_h}{N_h} \right) \frac{s_h^2}{n_h} \quad \text{برآورد واریانس}$$

$$B = 2\sqrt{V(\bar{x}_{st})} \quad \text{کران خطای برآورد}$$

حدود اطمینان ۹۵٪ برای میانگین جامعه  $\bar{x}_{st} \pm B$

حدود اطمینان ۹۵٪ برای کل جامعه  $N(\bar{x}_{st} \pm B)$

## ۲ - ۲ تخصیص حجم نمونه

تصمیم‌گیری در مورد تقسیم حجم نمونه به طبقات به عهده‌کسی است که نمونه‌گیری را انجام می‌دهد. این تصمیم‌گیری مبتنی بر اصل کلی نمونه‌گیری یعنی حداکثر دقت در ازای هزینه ثابت و یا حداقل هزینه به ازای دقت معین صورت می‌گیرد.

مهمترین انواع تخصیصها به قرار زیرند:

الف) تخصیص مساوی: اگر حجم نمونه لازم  $n$  و تعداد طبقات  $k$  باشد، در این صورت از هر طبقه  $\frac{n}{k}$  نمونه‌گیری می‌شود.

ب) تخصیص متناسب: در این روش از هر طبقه به تناسب حجم طبقه، نمونه‌گیری می‌شود. یعنی

$$n_h = n \frac{N_h}{N} \quad h = 1, 2, \dots, k.$$

ج) تخصیص بهین: اگر هزینه واحد نمونه‌گیری در طبقه  $h$  برابر  $c_h$  باشد، آن‌گاه دقت برآورد وقتی حداکثر است که حجم نمونه از رابطه زیر محاسبه شود

$$n_h = \alpha \frac{N_h s_h}{\sqrt{c_h}}$$

که در آن

$$\alpha = \frac{n}{\sum N_h s_h / \sqrt{c_h}}$$

۱. از طبقه بزرگتر، نمونه حجیم تر انتخاب کنیم.
  ۲. از طبقه با واریانس بزرگتر نمونه حجیم تر انتخاب کنیم.
  ۳. از طبقه ارزانتر نمونه حجیم تر انتخاب کنیم.
- د) تخصیص نیمن: اگر هزینه واحد نمونه گیری از طبقات مختلف یکسان باشد، در آن صورت رابطه فوق به صورت زیر خلاصه می شود

$$n_h = n \frac{N_h s_h}{\sum N_h s_h}$$

که آن را تخصیص نیمن گویند. بدیهی است که اگر واریانسها نیز در طبقات یکسان باشند، این تخصیص همان تخصیص متناسب خواهد بود.

### ۲-۳ برآورد نسبت

اگر  $p_h$  نسبت حاصل از نمونه در طبقه  $h$ ام باشد، برآورد نسبت در جامعه از رابطه زیر به دست می آید:

$$p_{st} = \sum \frac{N_h}{N} p_h \quad \text{برآورد نسبت جامعه}$$

$$V(p_{st}) = \frac{1}{N^2} \sum N_h (N_h - n_h) \frac{p_h q_h}{n_h - 1} \quad \text{برآورد واریانس}$$

$$B = 2 \sqrt{V(p_{st})} \quad \text{کران خطای برآورد}$$

$$p_{st} \pm B \quad \text{فاصله اطمینان ۹۵٪}$$

## ۲-۴ تخصیص حجم نمونه به طبقات

نمونه‌ای به حجم  $n$  در تخصیص بهین به صورت زیر به طبقات تقسیم خواهد شد

$$n_h = n \frac{N_h \sqrt{p_h q_h} / c_h}{\sum N_h \sqrt{p_h q_h} / c_h}$$

و در تخصیص نینم داریم

$$n_h = n \frac{N_h \sqrt{p_h q_h}}{\sum N_h \sqrt{p_h q_h}}$$

اگر نسبتها نیز در طبقات یکسان باشند، آن گاه همان تخصیص متناسب به دست می‌آید

$$n_h = n \frac{N_h}{N} \quad h = 1, 2, \dots, k.$$

## ۳- نمونه‌گیری سیستماتیک

در این روش واحدهای جامعه را از ۱ تا  $n$  شماره‌گذاری می‌کنیم، آن گاه یکی از اولین  $k$  واحد جامعه را به تصادفی انتخاب کرده، سپس واحدهای دیگر را به فاصله  $k$  از آخرین واحد انتخاب شده بر می‌گزینیم. به عبارت روشتر فرض کنید  $N = nk$ . حال عددی بین ۱ تا  $k$  به تصادفی انتخاب می‌کنیم. اگر این عدد انتخابی  $i$  باشد، آن گاه واحدهای نمونه عبارت خواهند بود از

$$u_i, u_{i+k}, u_{i+2k}, \dots, u_{i+(n-1)k}$$

توجه کنید که سادگی این روش در این است که با انتخاب اولین واحد نمونه بقیه واحدهای نمونه خود به خود تعیین می‌شوند.

#### ۴ - نمونه‌گیری خوشه‌ای

در روشهای قبلی نمونه‌گیری، فرض کردیم که انتخاب یک نمونه از جامعه بسادگی امکان پذیر است. در صورتی که در بعضی از بررسیها چنین نیست. دلیل اصلی این اشکال نداشتن لیست معتبری از واحدهای جامعه است که بر اساس آن نمونه را انتخاب نماییم. در این صورت به جای این که واحد نمونه‌گیری فرد یا خانواده باشد یک محله یا یک منطقه به عنوان واحد نمونه‌گیری اختیار می‌شود، زیرا انتخاب یک لیست معتبر از این واحدهای بزرگتر به مراتب ساده‌تر می‌باشد. هر یک از واحدهای این لیست را یک خوشه می‌نامند. و تعدادی از آنها را به تصادفی انتخاب کرده و سپس داخل هر خوشه را سرشماری می‌کنیم. برآورد میانگین جامعه از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$y = \frac{1}{n} \sum y_i = \frac{1}{n} \sum \sum y_{ij}$$

#### ۴ - ۱ نمونه‌گیری خوشه‌ای دو مرحله‌ای

در بسیاری از موارد پس از انتخاب خوشه‌ها، از داخل هر خوشه نیز نمونه‌ای انتخاب می‌شود. این کار یعنی نمونه‌گیری مرحله دوم، اغلب هنگامی انجام می‌شود که خوشه‌ها بزرگ باشند و یا این که در داخل خوشه‌ها ناهمگنی بسیاری وجود نداشته باشد. زیرا تجانس داخل خوشه‌ها این امکان را می‌دهد که به وسیله نمونه نتایج نسبتاً دقیقی در مورد خوشه به دست آید.



## پیوست ج

### سیستم کامپیوتری آموزشی و عملی کنترل کیفیت

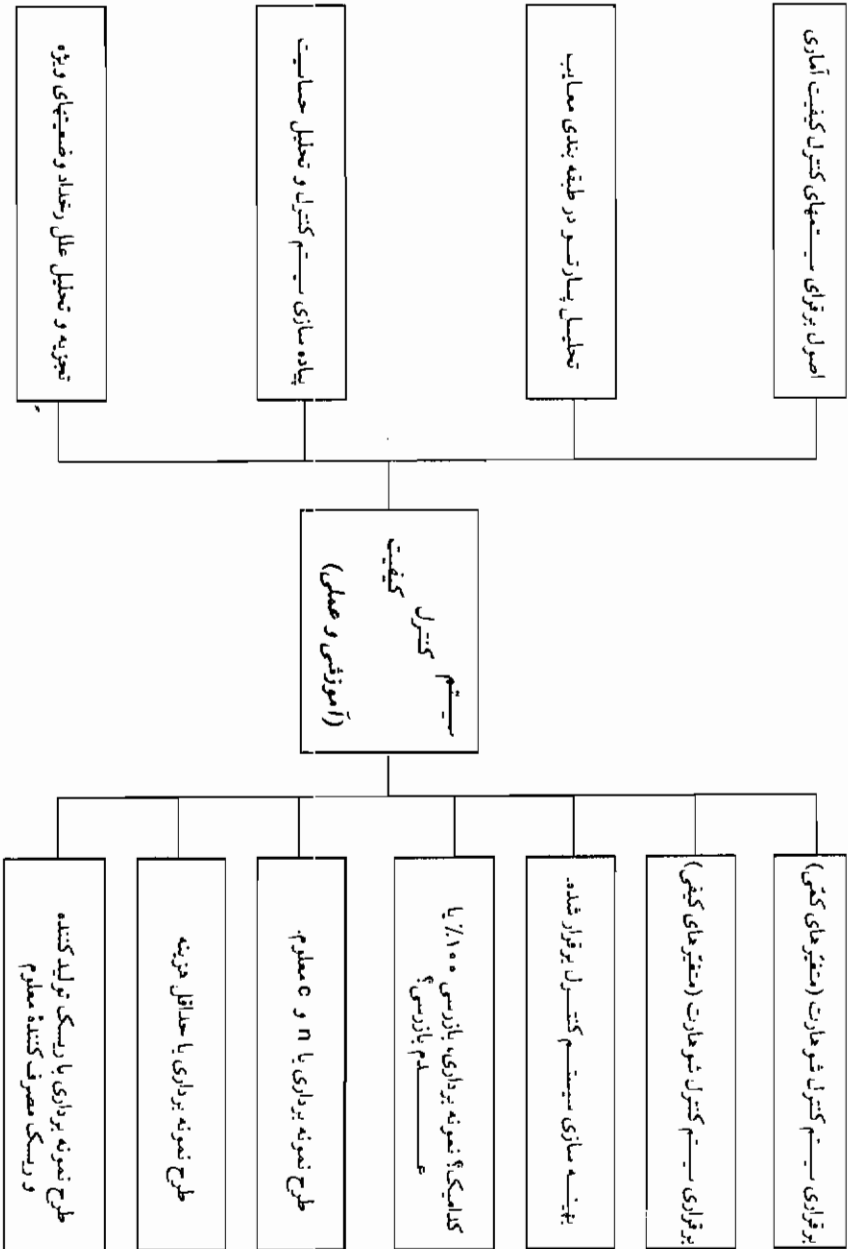
در دنیای فراصنعت امروز، صنایعی می توانند به حیات سودآور خود ادامه دهند که پیوسته حرف تازه‌ای در میدان رقابت داشته باشند. رقابت سالم تابع عوامل چندگانه‌ای است که در رأس آنها کیفیت تولیدات قرار دارد. لذا ضروری می نماید تا صنعتگران تلاش خود را به منظور تولید محصولات مرغوب و با کیفیت متمرکز نمایند. گام نخست در این راستا شناخت عوامل مؤثر در ایجاد کیفیت است. چنان که در فصل اول کتاب گفته شد، نیروی انسانی یکی از مهمترین عوامل دخیل در کیفیت تولیدات است.

یک سیستم تولیدی را در نظر بگیرید که در آن مواد اولیه از نظر کیفیت به دقت بررسی شده و تنها در صورتی که مرغوب باشند، در تولید به کار گرفته می شوند. در این سیستم تولیدی، طراحی محصول نیز بر طبق استانداردهای تعیین شده انجام گرفته و ماشین آلات و سایر ابزار کار نیز از کیفیت لازم برخوردار هستند. محیط کار در این سیستم نیز از شرایط لازم برای تولید محصولات مرغوب برخوردار است. آیا اگر همین شرایط مطلوب و مطابق استاندارد را در اختیار یک نیروی انسانی فاقد مهارت تولیدی لازم و یا بینش کافی در رابطه با کیفیت قرار دهیم، هدف تولید کالای مرغوب محقق خواهد شد؟ مسلماً خیر. شاید حذف عنصر انسان از فرآیند تولید و استقرار یک سیستم تولیدی کاملاً خودکار بتواند مشکلات کیفیتی ناشی از نیروی انسانی را از بین ببرد. اما صنایعی که در حال حاضر در

مملکت ما فعال می باشد به میزان شایان توجهی به نیروی انسانی متکی هستند و حذف نیروی انسانی از فرآیند تولید فعلاً به دلایل مختلف عملی نیست.

پس چه باید کرد؟ شاید یکی از مناسبترین راهها آموزش کارکنان در زمینه های مختلف تولیدی و بویژه در زمینه کیفیت باشد. آموزش کارکنان می تواند به صورت عملی در سطح کارگاهها و در کنار خط تولید و همزمان با تولید محصولات انجام گیرد. اما این روش هم از نظر وقت و هم از نظر هزینه مقرون به صرفه نیست. از طرفی می توان این آموزش را با استفاده از مدل یا مدلهای کامپیوتری که فرآیند تولید را شبیه سازی می کنند، انجام داد.

در این پیوستار ساختار کلی یک سیستم کامپیوتری که برخی از جنبه های مهم کنترل کیفیت آماری را در قالب یک محیط تولیدی شبیه سازی می کند، معرفی می شود. این سیستم علاوه بر شبیه سازی و ایجاد شرایط مناسب جهت آموزش کارکنان در امر کیفیت، امکان به کارگیری عملی سیستمهای کنترل کیفیت آماری مثل سیستم کنترل شوهارت و طرحهای نمونه برداری و غیر آماری مثل تحلیل پارتو را فراهم می سازد. این سیستم که به صورت مادولار و به زبان پاسکال و بر روی کامپیوترهای شخصی طراحی شده، از دو قسمت عمده تشکیل یافته است. قسمت اول دارای برنامه هایی است که می تواند در رابطه با آموزش مفاهیم کنترل کیفیت مورد استفاده قرار بگیرد. قسمت دوم امکان پیاده سازی سیستم کنترل کیفیت در حین تولید و یا پس از آن را میسر می سازد. ساختار کلی این سیستم در نمودار پ-۱ آمده است.



نمودار پ-۱ ساختار کلی سیستم کامپیوتری آموزشی و عملی کنترل کیفیت

جدول د - ۱ توزیع بواسون

The table gives the probability that  $r$  or more random events are contained in an interval when the average number of such events per interval is  $m$ , i. e.

$$\sum_{x=r}^{\infty} e^{-m} \frac{m^x}{x!}$$

Where there is no entry for a particular pair of values of  $r$  and  $m$ , this indicates that the appropriate probability is less than 0.000 05. Similarly, except for the case  $r = 0$  when the entry is exact, a tabulated value of 1.0000 represents a probability greater than 0.999 95.

$m =$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$r = 0$	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	.0952	.1813	.2592	.3297	.3935	.4512	.5034	.5507	.5934	.6321
2	.0047	.0175	.0369	.0616	.0902	.1219	.1558	.1912	.2275	.2642
3	.0002	.0011	.0036	.0079	.0144	.0231	.0341	.0474	.0629	.0803
4		.0001	.0003	.0008	.0018	.0034	.0058	.0091	.0135	.0190
5				.0001	.0002	.0004	.0008	.0014	.0023	.0037
6							.0001	.0002	.0003	.0006
7										.0001
$m =$	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
$r = 0$	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	.6671	.6988	.7275	.7534	.7769	.7981	.8173	.8347	.8504	.8647
2	.3010	.3374	.3732	.4082	.4422	.4751	.5068	.5372	.5663	.5940
3	.0996	.1205	.1429	.1665	.1912	.2166	.2428	.2694	.2963	.3233
4	.0257	.0338	.0431	.0537	.0656	.0788	.0932	.1087	.1253	.1429
5	.0054	.0077	.0107	.0143	.0186	.0237	.0296	.0364	.0441	.0527
6	.0010	.0015	.0022	.0032	.0045	.0060	.0080	.0104	.0132	.0166
7	.0001	.0003	.0004	.0006	.0009	.0013	.0019	.0026	.0034	.0045
8			.0001	.0001	.0002	.0003	.0004	.0006	.0008	.0011
9							.0001	.0001	.0002	.0002
$m =$	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
$r = 0$	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	.8775	.8892	.8997	.9093	.9179	.9257	.9328	.9392	.9450	.9502
2	.6204	.6454	.6691	.6916	.7127	.7326	.7513	.7689	.7854	.8009
3	.3504	.3773	.4040	.4303	.4562	.4816	.5064	.5305	.5540	.5768
4	.1614	.1806	.2007	.2213	.2424	.2640	.2859	.3081	.3304	.3528
5	.0621	.0725	.0838	.0959	.1088	.1226	.1371	.1523	.1682	.1847
6	.0204	.0240	.0300	.0357	.0420	.0490	.0567	.0651	.0742	.0839
7	.0059	.0075	.0094	.0116	.0142	.0172	.0206	.0244	.0287	.0335
8	.0015	.0020	.0026	.0033	.0042	.0053	.0066	.0081	.0099	.0119
9	.0003	.0005	.0006	.0009	.0011	.0015	.0019	.0024	.0031	.0038
10	.0001	.0001	.0001	.0002	.0003	.0004	.0005	.0007	.0009	.0011
11					.0001	.0001	.0001	.0002	.0002	.0003
12									.0001	.0001

m =	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0
r = 0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0030	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	.9550	.9592	.9631	.9656	.9698	.9727	.9753	.9776	.9798	.9817
2	.8153	.8288	.8414	.8532	.8641	.8743	.8838	.8926	.9008	.9084
3	.5988	.6201	.6406	.6633	.6792	.6973	.7146	.7311	.7469	.7619
4	.3752	.3975	.4197	.4416	.4634	.4848	.5058	.5265	.5468	.5665
5	.2018	.2194	.2374	.2558	.2746	.2936	.3128	.3322	.3516	.3712
6	.0943	.1054	.1171	.1295	.1424	.1559	.1699	.1844	.1994	.2149
7	.0388	.0446	.0510	.0579	.0653	.0733	.0818	.0909	.1005	.1107
8	.0142	.0168	.0198	.0231	.0267	.0308	.0352	.0401	.0454	.0511
9	.0047	.0057	.0069	.0083	.0099	.0117	.0137	.0160	.0185	.0214
10	.0014	.0018	.0022	.0027	.0033	.0040	.0048	.0058	.0069	.0081
11	.0004	.0005	.0006	.0008	.0010	.0013	.0016	.0019	.0023	.0028
12	.0001	.0001	.0002	.0002	.0003	.0004	.0005	.0006	.0007	.0009
13				.0001	.0001	.0001	.0001	.0002	.0002	.0003
14								.0001	.0001	.0001

m =	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0
r = 0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	.9834	.9850	.9864	.9877	.9889	.9899	.9909	.9918	.9926	.9933
2	.9155	.9220	.9281	.9337	.9389	.9437	.9482	.9523	.9561	.9596
3	.7762	.7898	.8026	.8149	.8264	.8374	.8477	.8575	.8667	.8753
4	.5858	.6046	.6228	.6406	.6577	.6743	.6903	.7058	.7207	.7350
5	.3907	.4102	.4296	.4488	.4679	.4868	.5054	.5237	.5418	.5595
6	.2307	.2469	.2633	.2801	.2971	.3142	.3316	.3490	.3665	.3840
7	.1214	.1325	.1442	.1564	.1689	.1820	.1954	.2092	.2233	.2378
8	.0573	.0639	.0710	.0786	.0866	.0951	.1040	.1133	.1231	.1334
9	.0245	.0279	.0317	.0358	.0403	.0451	.0503	.0558	.0618	.0681
10	.0095	.0111	.0129	.0149	.0171	.0195	.0222	.0251	.0283	.0318
11	.0034	.0041	.0048	.0057	.0067	.0078	.0090	.0104	.0120	.0137
12	.0011	.0014	.0017	.0020	.0024	.0029	.0034	.0040	.0047	.0055
13	.0003	.0004	.0005	.0007	.0008	.0010	.0012	.0014	.0017	.0020
14	.0001	.0001	.0002	.0002	.0003	.0003	.0004	.0005	.0006	.0007
15				.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0002	.0002
16									.0001	.0001

m =	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0
r = 0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	.9945	.9955	.9963	.9970	.9975	.9980	.9985	.9986	.9989	.9991
2	.9658	.9711	.9756	.9794	.9826	.9854	.9877	.9897	.9913	.9927
3	.8912	.9052	.9176	.9285	.9380	.9464	.9537	.9600	.9656	.9704
4	.7619	.7867	.8094	.8300	.8488	.8658	.8811	.8948	.9072	.9182
5	.5939	.6267	.6579	.6873	.7149	.7408	.7649	.7873	.8080	.8270
6	.4191	.4539	.4881	.5217	.5543	.5859	.6163	.6453	.6730	.6993
7	.2676	.2983	.3297	.3616	.3937	.4258	.4577	.4892	.5201	.5503
8	.1551	.1783	.2030	.2250	.2500	.2840	.3127	.3419	.3715	.4013
9	.0819	.0974	.1143	.1328	.1528	.1741	.1967	.2204	.2452	.2709
10	.0397	.0488	.0591	.0708	.0839	.0984	.1142	.1314	.1498	.1695
11	.0177	.0225	.0282	.0349	.0426	.0514	.0614	.0726	.0849	.0985
12	.0073	.0096	.0125	.0160	.0201	.0250	.0307	.0373	.0448	.0534
13	.0028	.0038	.0051	.0068	.0088	.0113	.0143	.0179	.0221	.0270
14	.0010	.0014	.0020	.0027	.0036	.0048	.0063	.0080	.0102	.0128
15	.0003	.0005	.0007	.0010	.0014	.0019	.0026	.0034	.0044	.0057
16	.0001	.0002	.0002	.0004	.0005	.0007	.0010	.0014	.0018	.0024
17		.0001	.0001	.0001	.0002	.0003	.0004	.0005	.0007	.0010
18					.0001	.0001	.0001	.0002	.0003	.0004
19								.0001	.0001	.0001











Table of  $\chi^2$  - the 100  $\alpha$  percentage point of the  $\chi^2$  distribution for  $\nu$  degrees of freedom

$\alpha$	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	$\nu$
1	0.0000	0.0001	0.0002	0.0005	0.0010	0.0020	1
2	0.0100	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1750	2
3	0.0777	0.1533	0.2167	0.3527	0.4548	1.2127	3
4	0.2048	0.3527	0.4548	0.7107	0.8538	1.9245	4
5	0.4114	0.5541	0.6757	1.0757	1.2528	2.0719	5
6	0.6757	0.8721	1.0240	1.3721	1.5454	2.2027	6
7	0.8721	1.1344	1.2938	1.6758	1.8843	2.3177	7
8	1.1344	1.4068	1.5775	1.9842	2.2398	2.4168	8
9	1.4068	1.6908	1.8745	2.2965	2.5919	2.5091	9
10	1.6908	1.9842	2.1790	2.6039	2.9433	2.5954	10
11	1.9842	2.2829	2.4869	2.9163	3.2947	2.6758	11
12	2.2829	2.5919	2.8070	3.2343	3.6451	2.7512	12
13	2.5919	2.9020	3.1171	3.5568	3.9944	2.8216	13
14	2.9020	3.2171	3.4322	3.8839	4.3427	2.8870	14
15	3.2171	3.5362	3.7603	4.1793	4.6899	2.9484	15
16	3.5362	3.8583	4.0904	4.4810	5.0359	2.9997	16
17	3.8583	4.1854	4.4155	4.7877	5.3818	3.0420	17
18	4.1854	4.5175	4.7446	5.0994	5.7277	3.0753	18
19	4.5175	4.8546	5.0777	5.4161	6.0736	3.1096	19
20	4.8546	5.1967	5.4150	5.7378	6.4195	3.1448	20
21	5.1967	5.5438	5.7613	6.0645	6.7654	3.1799	21
22	5.5438	5.8959	6.1160	6.3964	7.1113	3.2150	22
23	5.8959	6.2530	6.4717	6.7333	7.4572	3.2501	23
24	6.2530	6.6151	6.8324	7.0762	7.8031	3.2852	24
25	6.6151	6.9822	7.1985	7.4251	8.1490	3.3203	25
26	6.9822	7.3543	7.5716	7.7799	8.4949	3.3554	26
27	7.3543	7.7314	7.9467	8.1368	8.8408	3.3905	27
28	7.7314	8.1135	8.3238	8.4947	9.1867	3.4256	28
29	8.1135	8.5006	8.7029	8.8586	9.5326	3.4607	29
30	8.5006	8.8927	9.0830	9.2285	9.8785	3.4958	30
31	8.8927	9.2898	9.4641	9.6164	10.2244	3.5309	31
32	9.2898	9.6919	9.8462	9.9993	10.5703	3.5660	32
33	9.6919	10.0990	10.2293	10.3882	10.9162	3.6011	33
34	10.0990	10.5111	10.6143	10.7831	11.2621	3.6362	34
35	10.5111	10.9282	10.9914	11.1740	11.6080	3.6713	35
36	10.9282	11.3503	11.3705	11.5709	11.9539	3.7064	36
37	11.3503	11.7774	11.7516	11.9638	12.2998	3.7415	37
38	11.7774	12.2095	12.1347	12.3527	12.6457	3.7766	38
39	12.2095	12.6466	12.5098	12.7416	12.9916	3.8117	39
40	12.6466	13.0887	12.8869	13.1305	13.3375	3.8468	40
41	13.0887	13.5358	13.2660	13.5194	13.6834	3.8819	41
42	13.5358	13.9879	13.6471	13.9083	14.0293	3.9170	42
43	13.9879	14.4450	14.0302	14.2972	14.3752	3.9521	43
44	14.4450	14.9071	14.4153	14.6861	14.7211	3.9872	44
45	14.9071	15.3742	14.8024	15.0750	15.0670	4.0223	45
46	15.3742	15.8463	15.1915	15.4639	15.4129	4.0574	46
47	15.8463	16.3234	15.5826	15.8528	15.7588	4.0925	47
48	16.3234	16.8055	15.9757	16.2417	16.1047	4.1276	48
49	16.8055	17.2926	16.3708	16.6306	16.4506	4.1627	49
50	17.2926	17.7847	16.7679	17.0195	16.7965	4.1978	50
51	17.7847	18.2818	17.1670	17.4084	17.1424	4.2329	51
52	18.2818	18.7839	17.5681	17.7973	17.4883	4.2680	52
53	18.7839	19.2910	17.9712	18.1862	17.8342	4.3031	53
54	19.2910	19.8031	18.3763	18.5751	18.1801	4.3382	54
55	19.8031	20.3202	18.7834	18.9640	18.5260	4.3733	55
56	20.3202	20.8423	19.1925	19.3529	18.8719	4.4084	56
57	20.8423	21.3694	19.6036	19.7418	19.2178	4.4435	57
58	21.3694	21.9015	20.0167	20.1307	19.5637	4.4786	58
59	21.9015	22.4386	20.4318	20.5196	19.9096	4.5137	59
60	22.4386	22.9807	20.8489	20.9085	20.2555	4.5488	60
61	22.9807	23.5278	21.2680	21.2974	20.6014	4.5839	61
62	23.5278	24.0809	21.6891	21.6863	20.9473	4.6190	62
63	24.0809	24.6390	22.1122	22.0752	21.2932	4.6541	63
64	24.6390	25.2021	22.5373	22.4641	21.6391	4.6892	64
65	25.2021	25.7702	22.9644	22.8530	21.9850	4.7243	65
66	25.7702	26.3433	23.3935	23.2419	22.3309	4.7594	66
67	26.3433	26.9214	23.8246	23.6308	22.6768	4.7945	67
68	26.9214	27.5045	24.2577	24.0197	23.0227	4.8296	68
69	27.5045	28.0926	24.6928	24.4086	23.3686	4.8647	69
70	28.0926	28.6857	25.1299	24.7975	23.7145	4.8998	70
71	28.6857	29.2838	25.5690	25.1864	24.0604	4.9349	71
72	29.2838	29.8869	26.0101	25.5753	24.4063	4.9700	72
73	29.8869	30.4950	26.4532	25.9642	24.7522	5.0051	73
74	30.4950	31.1081	26.8983	26.3531	25.0981	5.0402	74
75	31.1081	31.7262	27.3454	26.7420	25.4440	5.0753	75
76	31.7262	32.3493	27.7945	27.1309	25.7899	5.1104	76
77	32.3493	32.9774	28.2456	27.5198	26.1358	5.1455	77
78	32.9774	33.6105	28.6987	27.9087	26.4817	5.1806	78
79	33.6105	34.2486	29.1538	28.2976	26.8276	5.2157	79
80	34.2486	34.8917	29.6109	28.6865	27.1735	5.2508	80
81	34.8917	35.5398	30.0700	29.0754	27.5194	5.2859	81
82	35.5398	36.1929	30.5311	29.4643	27.8653	5.3210	82
83	36.1929	36.8510	31.0942	29.8532	28.2112	5.3561	83
84	36.8510	37.5141	31.6593	30.2421	28.5571	5.3912	84
85	37.5141	38.1822	32.2264	30.6310	28.9030	5.4263	85
86	38.1822	38.8553	32.7965	31.0209	29.2489	5.4614	86
87	38.8553	39.5334	33.3696	31.4118	29.5948	5.4965	87
88	39.5334	40.2165	33.9447	31.8027	29.9407	5.5316	88
89	40.2165	40.9046	34.5218	32.1936	30.2866	5.5667	89
90	40.9046	41.5977	35.1009	32.5845	30.6325	5.6018	90
91	41.5977	42.2958	35.6820	32.9754	30.9784	5.6369	91
92	42.2958	42.9989	36.2651	33.3663	31.3243	5.6720	92
93	42.9989	43.7070	36.8502	33.7572	31.6702	5.7071	93
94	43.7070	44.4201	37.4373	34.1481	32.0161	5.7422	94
95	44.4201	45.1382	38.0264	34.5390	32.3620	5.7773	95
96	45.1382	45.8613	38.6175	34.9299	32.7079	5.8124	96
97	45.8613	46.5894	39.2106	35.3208	33.0538	5.8475	97
98	46.5894	47.3225	39.8057	35.7117	33.3997	5.8826	98
99	47.3225	48.0606	40.4028	36.1026	33.7456	5.9177	99
100	48.0606	48.8047	41.0019	36.4935	34.0915	5.9528	100



## جدول د - ۴ ضرایب کنترل برای نمودار میانگین

To obtain the limits  $\left\{ \begin{array}{l} \text{multiply } \sigma \text{ by the appropriate value of } A_{0.025} \text{ and } A_{0.001} \text{ or} \\ \text{multiply } \bar{w} \text{ by the appropriate value of } A'_{0.025} \text{ and } A'_{0.001} \end{array} \right.$   
then add to and subtract from the average value ( $\bar{x}$  or  $\mu$ ).

No. in sample n	For inner limits $A_{0.025}$	For outer limits $A_{0.001}$	For inner limits $A'_{0.025}$	For outer limits $A'_{0.001}$
2	1.386	2.185	1.229	1.937
3	1.132	1.784	0.668	1.054
4	0.980	1.545	0.476	0.750
5	0.876	1.382	0.377	0.594
6	0.800	1.262	0.316	0.498
7	0.741	1.168	0.274	0.432
8	0.693	1.092	0.244	0.384
9	0.653	1.030	0.220	0.347
10	0.620	0.977	0.202	0.317
11	0.591	0.932	0.186	0.294
12	0.566	0.892	0.174	0.274
13	0.544	0.857		
14	0.524	0.826		
15	0.506	0.798		
16	0.490	0.773		
17	0.475	0.750		
18	0.462	0.728		
19	0.450	0.709		
20	0.438	0.691		
21	0.428	0.674		
22	0.418	0.659		
23	0.409	0.644		
24	0.400	0.631		
25	0.392	0.618		
26	0.384	0.606		
27	0.377	0.595		
28	0.370	0.584		
29	0.364	0.574		
30	0.358	0.564		

Samples containing more than 12 individuals should not be used when utilising the range in the results.

These factors should only be used when it is not necessary to calculate  $s$  for the samples and when sufficient test data are available to make an accurate estimate of  $\sigma$  from  $\bar{w}$

### جدول د - ۵ ضرایب کنترل برای نمودار دامنه با استفاده از $\sigma$

To obtain the limits, multiply  $\sigma$  by the appropriate value of D.

To obtain the average value  $\bar{w}$ , multiply  $\sigma$  by the appropriate value of  $d_{11}$ .

No. in sample n	For lower limits		For upper limits		For average value of $\bar{w}$ , ( $d_{11}$ )
	Outer $D_{0.999}$	Inner $D_{0.975}$	Inner $D_{0.025}$	Outer $D_{0.001}$	
2	0.00	0.04	3.17	4.65	1.128
3	0.06	0.30	3.68	5.05	1.693
4	0.20	0.59	3.98	5.30	2.059
5	0.37	0.85	4.20	5.45	2.326
6	0.54	1.06	4.36	5.60	2.534
7	0.69	1.25	4.49	5.70	2.704
8	0.83	1.41	4.61	5.80	2.847
9	0.96	1.55	4.70	5.90	2.970
10	1.08	1.67	4.79	5.95	3.078
11	1.20	1.78	4.86	6.05	3.173
12	1.30	1.88	4.92	6.10	3.258

### جدول د - ۶ ضرایب کنترل برای نمودار میانگین

#### High Precision Class

To obtain the limits, multiply  $\bar{w}$  by the appropriate values of  $A''_{0.025}$  and  $A''_{0.001}$ , then add to the lower drawing limit and subtract from the upper drawing limit.

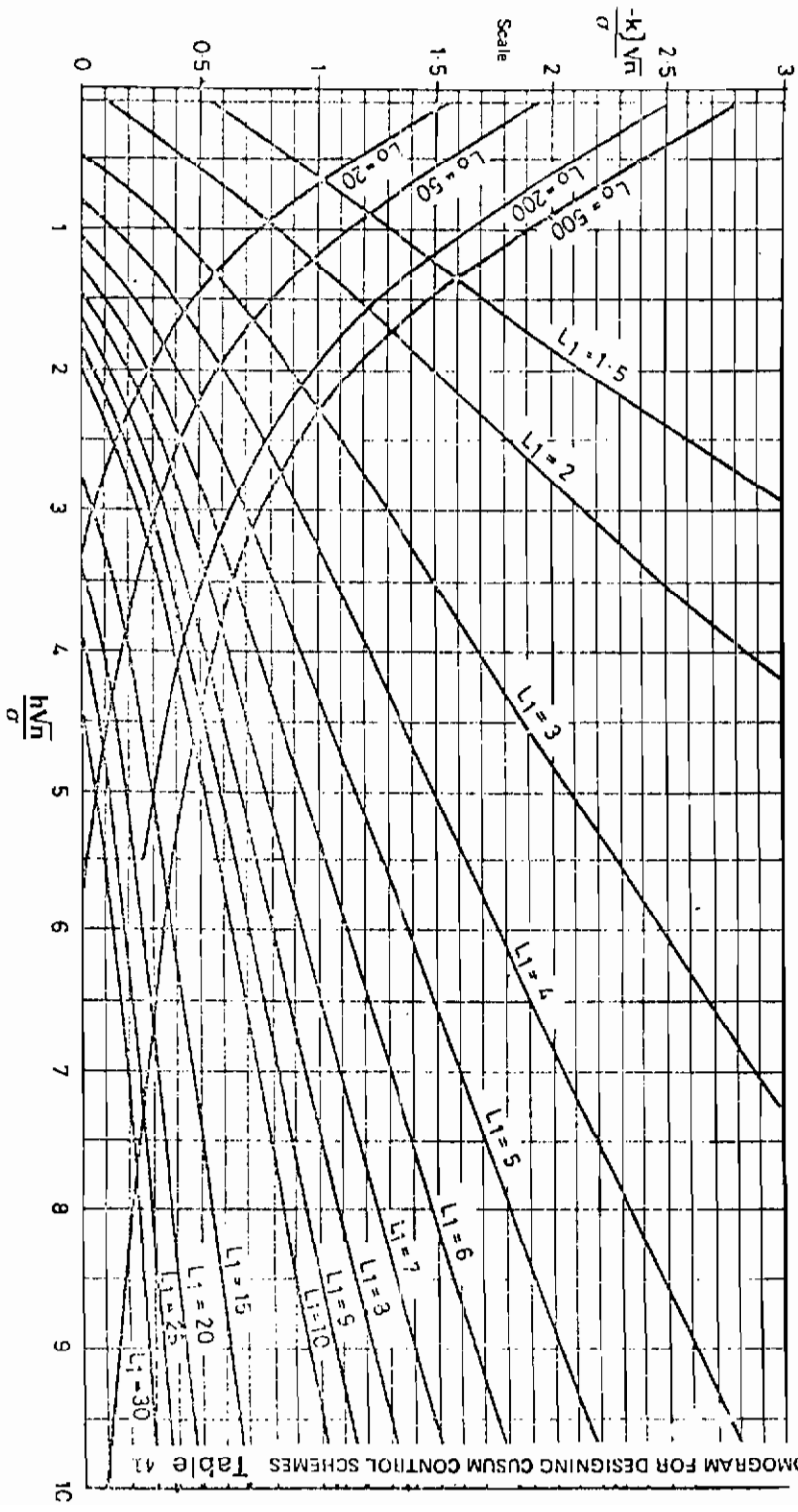
No. in sample n	For inner modified limits	For outer modified limits	For alternative modified limits	
	$A''_{0.025}$	$A''_{0.001}$	Inner $A''_{0.025}$	Outer $A''_{0.001}$
2	1.51	0.80	2.52	1.61
3	1.16	0.77	1.70	1.31
4	1.02	0.75	1.46	1.19
5	0.95	0.73	1.34	1.12
6	0.90	0.71	1.26	1.08

### جدول د - ۷ ضرایب کنترل برای نمودار دامنه با استفاده از $W$

To obtain the limits, multiply  $\bar{w}$  by the appropriate value of  $D'$ .

No. in sample n	For lower limits		For upper limits	
	$D'_{0.999}$	$D'_{0.975}$	$D'_{0.025}$	$D'_{0.001}$
2	0.00	0.04	2.81	4.12
3	0.04	0.18	2.17	2.98
4	0.10	0.29	1.95	2.57
5	0.16	0.37	1.81	2.34
6	0.21	0.42	1.72	2.21
7	0.26	0.46	1.66	2.11
8	0.29	0.50	1.62	2.04
9	0.32	0.52	1.58	1.99
10	0.35	0.54	1.56	1.93
11	0.38	0.56	1.55	1.91
12	0.40	0.58	1.51	1.87

CUSUM  
Nomogram for designing Cusum control schemes



NOMOGRAM FOR DESIGNING CUSUM CONTROL SCHEMES Table 4.1

DESIGN OF ATTRIBUTE CUSUM SCHEMES

Parameters for the design of Attribute Cusum Control Systems given  $L_0 = 500$  for range of values of  $m_1$  up to  $m_1 = 10$ .

Average Defects/Sample at AQL ( $m_1$ )	Contour Decision Interval $h$	Parameter Reference Value $k$	Average No. of Defects/Sample at RQL ( $m_2$ ) and Ratio $R = \frac{m_2}{m_1}$ for values of Average Run Length to detection $L_1$ up to 10.															
			$L_1 = 2$		$L_1 = 3$		$L_1 = 4$		$L_1 = 5$		$L_1 = 6$		$L_1 = 8$		$L_1 = 9$		$L_1 = 10$	
			$m_2$	R	$m_2$	R	$m_2$	R	$m_2$	R	$m_2$	R	$m_2$	R	$m_2$	R	$m_2$	R
0.22	2	1	2.40	10.9	1.48	6.7	1.30	5.9	1.16	5.3	1.01	4.6	0.96	4.4	0.91	4.1		
0.39	3	1	3.00	7.7	1.83	4.7	1.61	4.1	1.46	3.7	1.28	3.3	1.21	3.1	1.16	3.0		
0.51	2	2	3.40	6.7	2.30	4.5	2.10	4.1	1.94	3.8	1.74	3.4	1.66	3.3	1.60	3.1		
0.62	5	1	4.39	7.1	2.45	4.0	2.11	3.4	1.90	3.1	1.63	2.6	1.55	2.5	1.48	2.4		
0.69	6	1	5.06	7.3	2.75	4.0	2.35	3.4	2.10	3.0	1.78	2.6	1.68	2.4	1.6	2.3		
0.79	3	2	4.11	5.2	2.75	3.5	2.50	3.2	2.33	3.0	2.10	2.7	2.02	2.6	1.95	2.5		
0.86	2	3	4.40	5.1	3.17	3.7	2.91	3.4	2.72	3.2	2.47	2.9	2.38	2.8	2.31	2.7		
1.05	4	2	4.80	4.6	3.13	3.0	2.82	2.7	2.62	2.5	2.36	2.3	2.27	2.2	2.20	2.1		
1.21	3	3	5.18	4.3	3.68	3.0	3.38	2.8	3.18	2.6	2.91	2.4	2.81	2.3	2.73	2.3		
1.52	4	3	5.87	3.9	4.09	2.7	3.76	2.5	3.52	2.3	3.24	2.1	3.13	2.1	3.05	2.0		
1.96	6	3	7.11	3.6	4.74	2.4	4.33	2.2	4.05	2.1	3.69	1.9	3.58	1.8	3.47	1.8		
2.16	3	5	7.18	3.3	5.51	2.6	5.15	2.4	4.89	2.3	4.55	2.1	4.46	2.1	4.32	2.0		
2.35	5	4	7.56	3.2	5.43	2.3	5.00	2.1	4.74	2.0	4.39	1.9	4.27	1.8	4.17	1.8		
2.60	6	4	8.17	3.1	5.74	2.2	5.31	2.0	5.00	1.9	4.63	1.8	4.49	1.7	4.38	1.7		
2.95	5	5	8.56	2.9	6.40	2.2	5.94	2.0	6.58	2.2	5.28	1.8	5.15	1.8	5.04	1.7		
3.24	6	5	9.22	2.9	6.74	2.1	6.26	1.6	5.95	1.8	5.55	1.7	5.41	1.7	5.29	1.6		
3.89	6	6	10.28	2.6	7.72	2.0	7.24	1.9	6.88	1.8	6.46	1.7	6.32	1.6	6.20	1.6		
4.16	7	6	10.89	2.6	8.06	1.9	7.50	1.8	7.17	1.7	6.70	1.6	6.55	1.6	6.42	1.5		
5.32	9	7	13.28	2.5	9.68	1.8	9.03	1.7	8.60	1.6	8.06	1.5	7.87	1.5	7.72	1.5		
6.07	9	8	14.31	2.4	10.68	1.8	10.01	1.7	9.57	1.6	9.02	1.5	8.83	1.5	8.67	1.4		
7.04	10	9	16.00	2.3	11.98	1.7	11.25	1.6	10.77	1.5	10.17	1.4	9.96	1.4	9.80	1.4		
8.01	11	10	17.69	2.2	13.29	1.7	12.50	1.6	11.32	1.5	10.72	1.4	10.50	1.4	10.31	1.4		
9.00	12	11	19.37	2.2	14.59	1.6	13.74	1.5	13.18	1.5	12.47	1.4	12.23	1.4	12.03	1.3		
10.00	13	12	21.06	2.1	15.90	1.6	14.98	1.5	14.38	1.4	13.62	1.4	13.37	1.3	13.15	1.3		

Sample Size = n Average Run Length to detection at A.Q.L. =  $L_0$  (taken at 500 for this Table)

Acceptable Quality Level =  $p_1$  Average Run Length to detection at R.Q.L. =  $L_1$

Reject Quality Level =  $p_2$  Average No. of defects/sample at A.Q.L. ( $m_1$ ) =  $np_1$

Average No. of defects/sample at R.Q.L. ( $m_2$ ) =  $np_2$

## جدول د - ۱۰ تعیین نقاط روی منحنی مشخصه عملکرد

Values of  $n_p$  for which the probability of acceptance of  $c$  or fewer defectives in a sample of  $n$  is  $P(A)^*$

[To find the fraction defective  $p$ , corresponding to a probability of acceptance  $P(A)$  in a single sampling plan with sample size  $n$  and acceptance number  $c$ , divide by  $n$  the entry in the row for the given  $c$  and the column for the given  $P(A)$ ].

$P(A) =$	0.995	0.990	0.975	0.950	0.900	0.750	0.500	0.250	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005
$c=0$	0.00501	0.0101	0.0253	0.0513	0.105	0.288	0.693	1.386	2.303	2.996	3.889	4.605	5.298
1	0.103	0.149	0.242	0.355	0.532	0.961	1.678	2.893	3.890	4.744	5.572	6.638	7.430
2	0.338	0.436	0.819	0.818	1.102	1.727	2.674	3.820	5.322	6.296	7.224	8.406	9.274
3	0.672	0.823	1.090	1.366	1.745	2.535	3.672	5.109	6.681	7.754	8.768	10.045	10.978
4	1.078	1.279	1.823	1.970	2.433	3.389	4.671	6.274	7.994	9.154	10.242	11.605	12.594
5	1.537	1.785	2.202	2.813	3.152	4.219	5.670	7.423	9.275	10.513	11.668	13.108	14.150
6	2.037	2.330	2.814	3.286	3.895	5.083	6.670	8.558	10.532	11.842	13.060	14.571	15.860
7	2.571	2.906	3.454	3.981	4.856	5.956	7.589	9.884	11.771	13.148	14.422	16.000	17.134
8	3.132	3.507	4.115	4.695	5.432	6.838	8.869	10.602	12.995	14.434	15.783	17.403	18.578
9	3.717	4.130	4.795	5.426	6.221	7.726	9.669	11.914	14.206	15.705	17.085	18.783	19.988
10	4.321	4.771	5.491	6.169	7.021	8.620	10.668	13.020	15.407	16.962	18.390	20.145	21.398
11	4.843	5.428	6.201	6.924	7.829	9.519	11.668	14.121	16.588	18.208	19.682	21.490	22.779
12	5.580	6.099	6.922	7.690	8.646	10.422	12.668	15.217	17.782	19.442	20.962	22.821	24.145
13	6.231	6.782	7.654	8.464	9.470	11.329	13.668	16.310	18.956	20.688	22.230	24.139	25.496
14	6.893	7.477	8.396	9.246	10.300	12.239	14.668	17.400	20.128	21.886	23.490	25.446	26.856
15	7.566	8.181	9.144	10.035	11.135	13.152	15.668	18.486	21.292	23.098	24.741	26.743	28.186
16	8.249	8.895	9.902	10.831	11.976	14.068	16.668	19.570	22.452	24.302	25.984	28.031	29.484
17	8.942	9.616	10.666	11.633	12.822	14.986	17.688	20.652	23.606	25.500	27.220	29.310	30.792
18	9.644	10.346	11.438	12.442	13.672	15.907	18.668	21.731	24.756	26.692	28.448	30.581	32.092
19	10.353	11.082	12.216	13.254	14.525	16.830	19.668	22.808	25.902	27.879	29.671	31.845	33.383
20	11.069	11.825	12.999	14.072	15.383	17.755	20.668	23.883	27.045	29.062	30.888	33.103	34.668
21	11.791	12.574	13.787	14.894	16.244	18.682	21.668	24.956	28.184	30.241	32.102	34.355	35.947
22	12.520	13.329	14.580	15.719	17.108	19.610	22.668	26.028	29.320	31.416	33.309	35.601	37.219
23	13.255	14.088	15.377	16.548	17.975	20.540	23.668	27.098	30.453	32.586	34.512	36.841	38.485
24	13.995	14.853	16.176	17.382	18.844	21.471	24.668	28.187	31.584	33.752	35.710	38.077	39.745
25	14.740	15.623	16.984	18.218	19.717	22.404	25.667	29.234	32.711	34.916	36.905	39.308	41.000
26	15.490	16.397	17.793	19.058	20.592	23.338	26.667	30.300	33.836	36.077	38.098	40.535	42.252
27	16.245	17.175	18.606	19.900	21.469	24.273	27.667	31.365	34.959	37.234	39.284	41.757	43.497
28	17.004	17.957	19.422	20.746	22.348	25.209	28.667	32.428	36.080	38.389	40.468	42.975	44.738
29	17.767	18.742	20.241	21.594	23.228	26.147	29.667	33.491	37.198	39.541	41.649	44.190	45.976
30	18.534	19.532	21.063	22.444	24.113	27.086	30.667	34.552	38.315	40.690	42.827	45.401	47.210
31	19.305	20.324	21.888	23.298	24.998	28.025	31.667	35.613	39.430	41.838	44.002	46.609	48.440
32	20.079	21.120	22.716	24.152	25.885	28.966	32.667	36.672	40.543	42.982	45.174	47.813	49.666
33	20.856	21.919	23.546	25.010	26.774	29.907	33.667	37.731	41.654	44.125	46.344	49.015	50.888
34	21.638	22.721	24.379	25.870	27.664	30.849	34.687	38.788	42.764	45.266	47.512	50.213	52.108
35	22.422	23.525	25.214	26.731	28.558	31.792	35.667	39.845	43.872	46.404	48.676	51.409	53.324
36	23.208	24.333	26.052	27.594	29.450	32.736	36.667	40.901	44.978	47.540	49.840	52.601	54.538
37	23.998	25.143	26.891	28.460	30.345	33.681	37.667	41.957	46.083	48.675	51.000	53.791	55.748
38	24.791	25.955	27.733	29.327	31.241	34.626	38.667	43.011	47.187	49.808	52.158	54.979	56.956
39	25.586	26.770	28.576	30.196	32.139	35.572	39.667	44.085	48.289	50.940	53.314	56.164	58.160
40	26.384	27.587	29.422	31.068	33.038	36.519	40.667	45.118	49.390	52.069	54.469	57.347	59.363
41	27.184	28.406	30.270	31.938	33.938	37.488	41.667	46.171	50.490	53.197	55.622	58.528	60.563
42	27.986	29.226	31.120	32.812	34.839	38.414	42.667	47.223	51.589	54.324	56.772	59.717	61.761
43	28.791	30.051	31.970	33.686	35.742	39.363	43.667	48.274	52.686	55.449	57.921	60.884	62.956
44	29.598	30.877	32.824	34.563	36.646	40.312	44.667	49.325	53.782	56.572	59.068	62.059	64.150
45	30.408	31.704	33.678	35.441	37.550	41.262	45.667	50.375	54.876	57.695	60.214	63.231	65.340
46	31.219	32.534	34.534	36.320	38.458	42.212	46.667	51.425	55.972	58.816	61.358	64.402	66.529
47	32.032	33.365	35.392	37.200	39.363	43.163	47.667	52.474	57.085	59.936	62.500	65.571	67.716
48	32.848	34.198	36.250	38.062	40.270	44.115	48.667	53.522	58.156	61.054	63.641	66.738	68.901
49	33.664	35.032	37.111	38.985	41.179	45.087	49.667	54.571	59.249	62.171	64.780	67.903	70.084

جدول د - ۱۱ طرح نمونه برداری تکی

Values of  $np_1$  and  $c$  for constructing single sampling plans whose OC curve is required to pass through the two points  $(p_1, 1 - \alpha)$  and  $(p_2, \beta)^*$

(Here  $p_1$  is the fraction defective for which the risk of rejection is to be  $\alpha$ , and  $p_2$  is the fraction defective for which the risk of acceptance is to be  $\beta$ . To construct the plan, find the tabular value of  $p_2/p_1$  in the column for the given  $\alpha$  and  $\beta$  which is equal to or just greater than the given value of the ratio. The sample size is found by dividing the  $np_1$  corresponding to the selected ratio by  $p_1$ . The acceptance number is the value of  $c$  corresponding to the selected value of the ratio).

Values of $p_2/p_1$ for:					Values of $p_2/p_1$ for:				
c	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.05$	$np_1$	c	$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.01$	$np_1$
	$\beta = 0.10$	$\beta = 0.05$	$\beta = 0.01$			$\beta = 0.10$	$\beta = 0.05$	$\beta = 0.01$	
0	44.890	58.404	89.781	0.052	0	229.105	298.073	452.210	0.010
1	10.946	13.349	18.681	0.355	1	26.184	31.933	44.686	0.149
2	6.509	7.699	10.280	0.818	2	12.206	14.439	19.278	0.436
3	4.890	5.675	7.352	1.366	3	8.115	9.418	12.202	0.823
4	4.057	4.646	5.890	1.970	4	6.249	7.156	9.072	1.279
5	3.549	4.023	5.017	2.613	5	5.195	5.889	7.343	1.785
6	3.206	3.604	4.435	3.286	6	4.520	5.082	6.253	2.330
7	2.957	3.303	4.019	3.981	7	4.050	4.524	5.506	2.906
8	2.768	3.074	3.707	4.695	8	3.705	4.115	4.962	3.507
9	2.618	2.895	3.462	5.426	9	3.440	3.803	4.548	4.130
10	2.497	2.750	3.265	6.169	10	3.229	3.555	4.222	4.771
11	2.397	2.630	3.104	6.924	11	3.058	3.354	3.959	5.428
12	2.312	2.528	2.968	7.690	12	2.915	3.188	3.742	6.099
13	2.240	2.442	2.852	8.464	13	2.795	3.047	3.559	6.782
14	2.177	2.367	2.752	9.246	14	2.692	2.927	3.403	7.477
15	2.122	2.302	2.665	10.035	15	2.603	2.823	3.269	8.181
16	2.073	2.244	2.588	10.831	16	2.524	2.732	3.151	8.895
17	2.029	2.192	2.520	11.633	17	2.455	2.652	3.048	9.616
18	1.990	2.145	2.458	12.442	18	2.393	2.580	2.956	10.346
19	1.954	2.103	2.403	13.254	19	2.337	2.516	2.874	11.082
20	1.922	2.065	2.352	14.072	20	2.287	2.458	2.799	11.825
21	1.892	2.030	2.307	14.894	21	2.241	2.405	2.733	12.574
22	1.865	1.999	2.265	15.719	22	2.200	2.357	2.671	13.329
23	1.840	1.969	2.223	16.548	23	2.162	2.313	2.615	14.088
24	1.817	1.942	2.191	17.382	24	2.126	2.272	2.564	14.853
25	1.795	1.917	2.158	18.218	25	2.094	2.235	2.516	15.623
26	1.775	1.893	2.127	19.058	26	2.064	2.200	2.472	16.397
27	1.757	1.871	2.098	19.900	27	2.035	2.168	2.431	17.175
28	1.739	1.850	2.071	20.746	28	2.009	2.138	2.393	17.957
29	1.723	1.831	2.046	21.594	29	1.985	2.110	2.358	18.742
30	1.707	1.813	2.023	22.444	30	1.962	2.083	2.324	19.532
31	1.692	1.796	2.001	23.298	31	1.940	2.059	2.293	20.324
32	1.679	1.780	1.980	24.152	32	1.920	2.035	2.264	21.120
33	1.665	1.764	1.960	25.010	33	1.900	2.013	2.236	21.919
34	1.653	1.750	1.941	25.870	34	1.882	1.992	2.210	22.721
35	1.641	1.736	1.923	26.731	35	1.865	1.973	2.185	23.525
36	1.630	1.723	1.906	27.594	36	1.848	1.954	2.162	24.333
37	1.619	1.710	1.890	28.460	37	1.833	1.936	2.139	25.143
38	1.609	1.698	1.875	29.327	38	1.818	1.920	2.118	25.955
39	1.599	1.687	1.860	30.196	39	1.804	1.903	2.098	26.770
40	1.590	1.676	1.846	31.066	40	1.790	1.887	2.079	27.587
41	1.581	1.666	1.833	31.938	41	1.777	1.873	2.060	28.406
42	1.572	1.656	1.820	32.812	42	1.765	1.859	2.043	29.228
43	1.564	1.646	1.807	33.686	43	1.753	1.845	2.026	30.051
44	1.556	1.637	1.796	34.563	44	1.742	1.832	2.010	30.877
45	1.548	1.628	1.784	35.441	45	1.731	1.820	1.994	31.704
46	1.541	1.619	1.773	36.320	46	1.720	1.808	1.980	32.534
47	1.534	1.611	1.763	37.200	47	1.710	1.796	1.965	33.365
48	1.527	1.603	1.752	38.082	48	1.701	1.785	1.952	34.198
49	1.521	1.596	1.743	38.965	49	1.691	1.775	1.938	35.032



جدول د - ۱۲ مقادیر  $\lambda$  برای طرح های CSP-۲

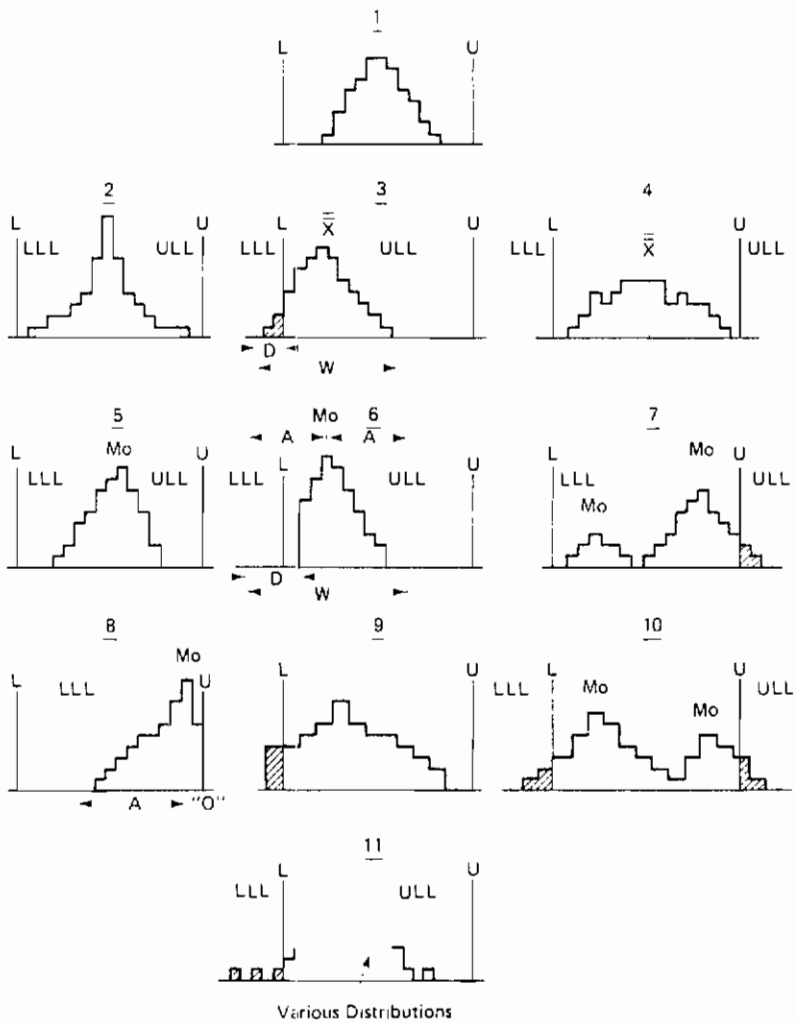
$f$	AOQL (%)							
	0.51	0.79	1.22	1.90	2.90	4.94	7.12	11.46
$\frac{1}{2}$	80	54	35	23	15	9	7	4
$\frac{1}{3}$	128	86	55	36	24	14	10	7
$\frac{1}{4}$	162	109	70	45	30	18	12	8
$\frac{1}{5}$	190	127	81	52	35	20	14	9
$\frac{1}{7}$	230	155	99	64	42	25	17	11
$\frac{1}{10}$	275	185	118	76	50	29	20	13
$\frac{1}{15}$	330	220	140	90	59	35	24	15
$\frac{1}{25}$	395	265	170	109	71	42	29	18
$\frac{1}{50}$	490	330	210	134	88	52	36	22

جدول د - ۱۳ مقادیر مختلف  $\lambda$  در طرح های CSP-T

۱۰/۰	۶/۵	۴/۰	۲/۵	۱/۵	۱/۰	۰/۶۵	۰/۴۰	$\lambda$	کد حرفی
۵	۷	۱۰	۱۶	۲۵	۳۸	۵۸	۸۷	$\frac{1}{3}$	A
۶	۹	۱۳	۲۲	۳۳	۵۱	۷۸	۱۱۶	$\frac{1}{3}$	B
۷	۱۱	۱۵	۲۶	۳۹	۶۱	۹۳	۱۳۹	$\frac{1}{3}$	C
۸	۱۲	۱۷	۲۹	۴۴	۶۹	۱۰۶	۱۵۸	$\frac{1}{5}$	D
۹	۱۴	۲۱	۳۵	۵۳	۸۲	۱۲۷	۱۸۹	$\frac{1}{5}$	E
۱۱	۱۷	۲۴	۴۱	۶۳	۹۷	۱۵۰	۲۲۴	$\frac{1}{10}$	F
۱۳	۲۰	۲۹	۴۹	۷۴	۱۱۶	۱۷۹	۲۲۶	$\frac{1}{15}$	G
۱۵	۲۴	۳۵	۵۹	۹۰	۱۴۱	۲۱۷	۳۲۴	$\frac{1}{25}$	H
۱۹	۳۰	۴۴	۷۵	۱۱۴	۱۷۷	۲۷۴	۴۰۹	$\frac{1}{50}$	I
۲۳	۳۷	۵۳	۹۱	۱۳۹	۲۱۷	۳۳۵	۴۹۹	$\frac{1}{100}$	J,K
۱۱/۴۶	۷/۱۲	۴/۹۴	۲/۹۰	۱/۹۰	۱/۲۲	۰/۷۹	۱/۵۳		AOQL (%)

جدول د - ۱۴ مقادیر  $T/\theta_0$  ( $\alpha = 0.05$ ) در طرح های مربوط به کد حرفی.

حجم نمونه											r	کد
۲۰r	۱۰r	۹r	۸r	۷r	۶r	۵r	۴r	۳r	۲r	r		
۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹	۰/۰۱۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۷	۰/۰۲۶	۱	B-۱	
۰/۰۰۹	۰/۰۱۸	۰/۰۲۰	۰/۰۲۲	۰/۰۲۵	۰/۰۳۰	۰/۰۳۶	۰/۰۴۴	۰/۰۵۹	۰/۰۸۹	۲	B-۲	
۰/۰۱۴	۰/۰۲۷	۰/۰۳۰	۰/۰۳۴	۰/۰۳۹	۰/۰۴۵	۰/۰۵۵	۰/۰۶۸	۰/۰۹۱	۰/۱۳۶	۳	B-۳	
۰/۰۱۷	۰/۰۳۴	۰/۰۳۸	۰/۰۴۳	۰/۰۴۹	۰/۰۵۷	۰/۰۶۸	۰/۰۸۵	۰/۱۱۴	۰/۱۷۱	۴	B-۴	
۰/۰۲۰	۰/۰۳۹	۰/۰۴۴	۰/۰۴۹	۰/۰۵۶	۰/۰۶۶	۰/۰۷۹	۰/۰۹۹	۰/۱۳۱	۰/۱۹۷	۵	B-۵	
۰/۰۲۲	۰/۰۴۴	۰/۰۴۸	۰/۰۵۴	۰/۰۶۲	۰/۰۷۳	۰/۰۸۷	۰/۱۰۹	۰/۱۴۵	۰/۲۱۸	۶	B-۶	
۰/۰۲۳	۰/۰۴۷	۰/۰۵۲	۰/۰۵۹	۰/۰۶۷	۰/۰۷۸	۰/۰۹۴	۰/۱۱۷	۰/۱۵۶	۰/۲۳۵	۷	B-۷	
۰/۰۲۵	۰/۰۵۰	۰/۰۵۵	۰/۰۶۲	۰/۰۷۱	۰/۰۸۳	۰/۱۰۰	۰/۱۲۴	۰/۱۶۶	۰/۲۴۹	۸	B-۸	
۰/۰۲۶	۰/۰۵۲	۰/۰۵۸	۰/۰۶۵	۰/۰۷۵	۰/۰۸۷	۰/۱۰۴	۰/۱۳۰	۰/۱۷۴	۰/۲۶۱	۹	B-۹	
۰/۰۲۷	۰/۰۵۴	۰/۰۶۰	۰/۰۶۸	۰/۰۷۸	۰/۰۹۰	۰/۱۰۹	۰/۱۳۶	۰/۱۸۱	۰/۲۷۱	۱۰	B-۱۰	
۰/۰۳۱	۰/۰۶۲	۰/۰۶۸	۰/۰۷۷	۰/۰۸۸	۰/۱۰۳	۰/۱۲۳	۰/۱۵۴	۰/۲۰۵	۰/۳۰۸	۱۵	B-۱۱	
۰/۰۳۳	۰/۰۶۶	۰/۰۷۴	۰/۰۸۳	۰/۰۹۵	۰/۱۱۰	۰/۱۳۳	۰/۱۶۶	۰/۲۲۱	۰/۳۳۱	۲۰	B-۱۲	
۰/۰۳۵	۰/۰۷۰	۰/۰۷۷	۰/۰۸۷	۰/۰۹۹	۰/۱۱۶	۰/۱۳۹	۰/۱۷۴	۰/۲۳۲	۰/۳۴۸	۲۵	B-۱۳	
۰/۰۳۶	۰/۰۷۲	۰/۰۸۰	۰/۰۹۰	۰/۱۰۳	۰/۱۲۰	۰/۱۴۴	۰/۱۸۰	۰/۲۴۰	۰/۳۶۰	۳۰	B-۱۴	
۰/۰۳۸	۰/۰۷۵	۰/۰۸۴	۰/۰۹۴	۰/۱۰۸	۰/۱۲۶	۰/۱۵۱	۰/۱۸۹	۰/۲۵۲	۰/۳۷۷	۴۰	B-۱۵	
۰/۰۳۹	۰/۰۷۸	۰/۰۸۷	۰/۰۹۷	۰/۱۱۱	۰/۱۳۰	۰/۱۵۶	۰/۱۹۵	۰/۲۶۰	۰/۳۹۰	۵۰	B-۱۶	
۰/۰۴۱	۰/۰۸۲	۰/۰۹۱	۰/۱۰۲	۰/۱۱۷	۰/۱۳۶	۰/۱۶۴	۰/۲۰۴	۰/۲۷۳	۰/۴۰۹	۷۵	B-۱۷	
۰/۰۴۲	۰/۰۸۴	۰/۰۹۳	۰/۱۰۵	۰/۱۲۰	۰/۱۴۰	۰/۱۶۸	۰/۲۱۰	۰/۲۸۰	۰/۴۲۱	۱۰۰	B-۱۸	



شکل د - ۱ یازده نمونه از نمودارهای توده



## واژه‌نامه

(انگلیسی به فارسی)

Acceptance control chart	نمودار کنترل پذیرش
Acceptance line	خط قبول (پذیرش)
Acceptance number	معیار پذیرش
Acceptance quality level	سطح کیفیت قابل قبول
Acceptance sampling	نمونه برداری برای پذیرش
Action limit	حدّ عمل
Assignable factors	عامل‌های قابل تخصیص
Attribute control system	سیستم کنترل متغیرهای کیفی
Average	میانگین
Average outgoing quality	میانگین کیفیت کالای خارج شده از سیستم
Average outgoing quality limit	حدّ میانگین کیفیت کالای خارج شده از سیستم
Average run length-ARL	میانگین طول گشت
Average sample number	متوسط ارقام بازرسی شده در نمونه
Batch	توده
Bernoulli random variable	متغیر تصادفی برنولی

Binomial distribution	توزیع دو جمله‌ای
Brain storming	طوفان ذهنی
Cause-and-effect diagram	نمودار علت و معلول
C chart	نمودار C
Central limit theorem	قضیه حد مرکزی
Chain sampling	نمونه برداری زنجیره‌ای
Chance failure phase	مرحله خرابی مبتنی بر شانس
Check sheets	برگه های بازبینی
Chi-square	مجذور کا
Combination arrangement	چیدن مرکب
Consumer risk	ریسک مصرف کننده
Control limits	حدود کنترل
Debugging phase	مرحله نوپایی
Deming's fourteen points	چهارده اصل پروفیسور دمی‌نگ
Design of experiments	طرح آزمایشها
Distribution function	تابع توزیع
Double sampling plan	طرح نمونه برداری مضاعف
Efficiency	کارایی
Exponential distribution	توزیع نمایی
Failure rate	نرخ شکست
Failure rate curve	منحنی نرخ شکست
Failure terminated	پایان مبتنی بر خرابی
Fishbone diagram	دیاگرام استخوان ماهی (علت و معلول)

Frequency distribution	توزیع فراوانی
Geometric random variable	متغیر تصادفی هندسی
Goodness-of-fit test	آزمون نیکویی برازش
Handbook H108	کتاب مرجع H108
Hartley's conversion constant	عدد ثابت هارتلی
Hazard rate	نرخ شکست آنی
Histogram	هیستوگرام
Hypergeometric distribution	توزیع فوق هندسی
Hypothesis testing	آزمون فرض
Inherent process variation	تغییرات ذاتی فرآیند تولید
Inspection	بازرسی
Inspection unit	واحد بازرسی
International standard	استاندارد بین‌المللی
International standard organization-ISO	سازمان استاندارد بین‌المللی
ISO-9000	استانداردهای بین‌المللی سری ۹۰۰۰
Japan standard institute	مؤسسه استاندارد ژاپن
Life history curve	منحنی طول عمر
Life testing and reliability plans	آزمون عمر و طرح‌های قابلیت اطمینان
Manufacturing department	بخش تولید
Marketing department	بخش بازاریابی

Mclaren theorem	قضیه مک لورن
Mean life	متوسط طول عمر
MIL-STD-1235B	استاندارد نظامی ۱۲۳۵B
National Standard	استاندارد ملی
Nomogram	نوموگرام
Nonconforming units control chart	نمودار کنترل اقلام نامرغوب
Normal distribution	توزیع نرمال
Operating characteristic curve	منحنی مشخصه عملکرد
P chart	نمودار P
Parallel arrangement	چیدن موازی
Pareto analysis	تحلیل پارتو
Percent nonconforming	درصد نامرغوبی
Poisson probability distribution	توزیع احتمال پواسون
Probability distribution	چگالی احتمال
Problem solving method	روش حل مسأله
Process	فرآیند (پروسه)
Process capability	قابلیت فرآیند
Process control	کنترل در حین تولید
Process parameter	پارامتر فرآیند
Producer risk	ریسک تولید کننده
Product liability	قابلیت اطمینان محصول
Quality	کیفیت



Quality centers	مراکز کیفیت
Quality circles	حلقه های کنترل کیفیت
Quality control	کنترل کیفیت
Quality costs	هزینه های کیفیت
Quality improvement	بهبودی (ارتقای) کیفیت
Random	تصادفی
Range	دامنه
Rejection line	خط رد
Reliability	قابلیت اطمینان
Reliability curve	منحنی قابلیت اطمینان
Reliable life	عمر شایان توجه
Sample	نمونه
Sequential	دنباله‌ای
Sequential probability ratio test	آزمون دنباله‌ای نسبت
Sequential Sampling	نمونه برداری دنباله‌ای
Sequential sampling by variables	نمونه برداری دنباله‌ای برای متغیرهای کمی
Series arrangement	چیدن سری
Shainin lot plot plan	طرح توده شاینین
Shewhart control system	سیستم کنترل شوهارت
Standard deviation	انحراف معیار
Statistical quality control	کنترل کیفیت آماری
t-distribution	توزیع t
Taguchi's method	روش تاگوشی

Time terminated	پایان مبنی بر زمان
U control chart	نمودار کنترل U
Variable control chart	نمودار کنترل متغیرهای کمی
Variable sample size	نمونه های مختلف الحجم
Wald	والد
Warning limit	حدّ اخطار
Wear-out phase	مرحله فرسودگی
Weibull distribution	توزیع ویبال
With replacement	با جایگزینی
Without replacement	بدون جایگزینی

# واژه‌نامه

(فارسی به انگلیسی)

Sequential probability ratio test	آزمون دنباله‌ای نسبت
Life testing and reliability plans	آزمون عمر و طرح‌های قابلیت اطمینان
Hypothesis testing	آزمون فرض
Goodness-of-fit test	آزمون نیکویی برازش
International standard	استاندارد بین‌المللی
ISO-9000	استانداردهای بین‌المللی سری ۹۰۰۰
National Standard	استاندارد ملی
MIL-STD-1235B	استاندارد نظامی ۱۲۳۵B
Standard deviation	انحراف معیار
With replacement	با جایگزینی
Inspection	بازرسی
Marketing department	بخش بازاریابی
Manufacturing department	بخش تولید
Without replacement	بدون جایگزینی

Check sheets	برگه های بازیابی
Quality improvement	بهبودی (ارتقا) کیفیت
Process parameter	پارامتر فرآیند
Failure terminated	پایان مبنی بر خرابی
Time terminated	پایان مبنی بر زمان
Distribution function	تابع توزیع
Pareto analysis	تحلیل پارتو
Random	تصادفی
Inherent process variation	تغییرات ذاتی فرآیند تولید
Batch	توده
t distribution	توزیع استودنت t
Poisson distribution	توزیع پواسون
Binomial distribution	توزیع دوجمله‌ای
Frequency distribution	توزیع فراوانی
Hypergeometric distribution	توزیع فوق هندسی
Normal distribution	توزیع نرمال
Exponential distribution	توزیع نمایی
Weibull distribution	توزیع ویبال
Probability distribution	چگالی احتمال
Deming's 14 points	چهارده اصل پروفیسور دمیگ
Series arrangement	چیدن سری
Combination arrangement	چیدن مرکب
Parallel arrangement	چیدن موازی

Warning limit	حدّ اخطار
Action limit	حدّ عمل
Average outgoing quality limit	حدّ میانگین کیفیت کالای خارج شده از سیستم
Control limits	حدود کنترل
Quality circles	حلقه های کنترل کیفیت
Rejection line	خط رد
Acceptance line	خط قبول (پذیرش)
Range	دامنه
Percent nonconforming	درصد نامرغوبی
Sequential	دنباله‌ای
Fishbone diagram	دیاگرام استخوان ماهی (علّت و معلول)
Taguchi's method	روش تاگوشی
Problem solving method	روش حل مسأله
Producer risk	ریسک تولید کننده
Consumer risk	ریسک مصرف کننده
International standard organization-ISO	سازمان استاندارد بین‌المللی
Acceptance quality level	سطح کیفیت قابل قبول
Shewhart control system	سیستم کنترل شوهارت
Attribute control system	سیستم کنترل متغیرهای کیفی
Design of experiments	طرح آزمایشها
Shainin lot plot plan	طرح توده شاینین
Double sampling plan	طرح نمونه برداری مضاعف
Brain storming	طوفان ذهنی

Assignable factors	عواملهای قابل تخصیص
Hartley's conversion constant	عدد ثابت هارتلی
Reliable life	عمر شایان توجه
Process	فرآیند (پروسه)
Reliability	قابلیت اطمینان
Product liability	قابلیت اطمینان محصول
Process capability	قابلیت فرآیند
Central limit theorem	قضیه حد مرکزی
Mclaren theorem	قضیه مک لورن
Efficiency	کارایی
Handbook H108	کتاب مرجع H108
Process control	کنترل در حین تولید
Quality control	کنترل کیفیت
Statistical quality control	کنترل کیفیت آماری
Quality	کیفیت
Bernoulli random variable	متغیر تصادفی برنولی
Geometric random variable	متغیر تصادفی هندسی
Average sample number	متوسط ارقام بازرسی شده در نمونه
Mean life	متوسط طول عمر
Chi square	مجذور کا
Quality centers	مراکز کیفیت
Chance failure phase	مرحله خرابی مبتنی بر شانس

Wear-out phase	مرحله فرسودگی
Debugging phase	مرحله نوپایی
Acceptance number	معیار پذیرش
Life history curve	منحنی طول عمر
Reliability curve	منحنی قابلیت اطمینان
Operating characteristic curve	منحنی مشخصه عملکرد
Failure rate curve	منحنی نرخ شکست
Average	میانگین
Average run length-ARL	میانگین طول گشت
Average outgoing quality	میانگین کیفیت کالای خارج شده از سیستم
Japan standard institute	مؤسسه استاندارد ژاپن
Failure rate	نرخ شکست
Hazard rate	نرخ شکست آنی
P chart	نمودار P
C chart	نمودار C
Cause-and-effect diagram	نمودار علت و معلول
U control chart	نمودار کنترل U
Nonconforming units control chart	نمودار کنترل اقلام نامرغوب
Variable control chart	نمودار کنترل متغیرهای کمی
Acceptance control chart	نمودار کنترل پذیرش
Sample	نمونه
Acceptance sampling	نمونه برداری برای پذیرش
Chain sampling	نمونه برداری زنجیره‌ای
Sequential Sampling	نمونه برداری دنباله‌ای
Sequential sampling by variables	نمونه برداری دنباله‌ای برای متغیرهای کمی

Variable sample size	نمونه های مختلف الحجم
Nomogram	نوموگرام
Inspection unit	واحد بازرسی
Quality costs	هزینه های کیفیت
Histogram	هیستوگرام



## ماخذ

1. Adam, E, JR., & Ebert, J., ***Production and Operations Management***. Prentice-Hall International 1989.
2. Besterfield, Dale, H. ***Quality Control, 3rd ed.*** Prentice-Hall International Editions. 1990
3. Broom, H. N. ***Production Management***. R. D. Irwin Inc. 1971.
4. Buffa, E. S. ***Modern Production Management, 3rd ed.*** John Wiley Eastern Ltd., 1971.
5. Crosby, Phillip B., ***Quality Is Free***. New York: McGraw-Hill, 1984.
6. Deming, W. Edwards, ***Quality, Productivity, and competitive Position***. Cambridge, Mass: MJT 1983.
7. Duncan, Acheson J., ***Quality Control and Industrial Statistics, 5th ed.***, Homewood, Ill.:Irwin, Inc.,1986.
8. Enrick, N. L. ***Quality, Reliability, and Process Improvement***, 8th ed., The industrial Press, New York, 1985.
9. Feigenbaum, A. V., ***Total Quality Control - Engineering and Management***. 3rd ed., McGraw-Hill Book Company,

- New York, 1983.
10. Fetter, R. B. ***The Quality Control System***. R. D. Irwin, Inc., 1975.
  11. Fogarty, Hoffman, & Stonebraker ***Production and Operations Management***. South Western Publishing Co., 1989.
  12. Grant, Eugen., & Leavenworth, R. S. ***Statistical Quality Control, 6th ed.*** McGraw-Hill 1988.
  13. Juran, Joseph, M. ***Quality Control Handbook, 4th ed.*** McGraw-Hill, 1974.
  14. Mendenhall, William., et al. ***Statistics for Management and Economics 6th ed.*** PWS-Kent Publishing company 1989.
  15. Miller, Irwin., et al. ***Probability and Statistics for Engineers 4th ed.*** Prentice-Hall International Editions. 1990.
  16. Montgomery, D. C., ***Itroduction to Statistical Quality Control***. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1985.
  17. Murdoch, John. ***Control Charts***. Macmillan, London, 1979.
  18. Murdoch, J., & Barnes, J., ***Statistical Tables***. Macmillan, London, 1974.
  19. Stevenson, William, J. ***Production/Operations Management***. Irwin/Toppan Inc, 1990.
  20. Wetherill, G. B. ***Sampling Inspection and Quality Control***. 2nd ed., Methuen and Company, Ltd., London, 1977.

## فهرست راهنما

	الف
بهره‌وری ۱۹۸	ابعاد کیفیت ۲۰۰
بهبودی قابلیت اطمینان ۱۹۲	ارزش مرجوع ۸۹
	ارزیابی توده ۱۶۶
پ	آزمون دنباله‌ای ۱۵۰
پایان مبتنی بر تعداد ۱۸۴	آزمون قابلیت اطمینان ۱۸۴
پایان مبتنی بر زمان ۱۸۴	استاندارد بین‌المللی ۱۹
	استاندارد ملی ۱۹
ت	آگاهی مدیریت ۱۹۷
تابع چگالی ۲۲۸-۲۱۷	آموزش ۲۰۳
تاگوشی ۲۰۲-۳۲	اندازه کیفیت ۲۰۱
تحقیق و توسعه ۲۴	
تحلیل پار تو ۳۰ و ۲۰۷	ب
تخصیص بهین ۲۳۷	برآورد نسبت ۲۳۸-۱۳۵
تخصیص حجم نمونه ۲۳۷	برآوردگر واریانس ۲۳۷-۲۳۴
تخصیص نیمن ۲۳۸	برگه محل نقص ۳۰
تعهد مدیریت ۱۹۹	برگه نوع نقص ۲۹
تعیین پارامتر فرآیند ۱۶۴	برنامه بهسازی کیفیت ۱۲۹-۲۰۰، ۲۰۵
تغییرهای ذاتی ۲۱	

د	تغییرهای قابل تخصیص ۲۱-۲۲
روش علمی ۲۰۹	تلورانس ۷۵-۷۷-۷۸
روش حل مسأله ۲۰۶-۲۰۹	توده ۱۲۰
ریسک تولیدکننده ۱۲۵-۱۵۱-۱۹۰	توزیع برنولی ۲۱۷
ریسک مصرف کننده ۱۲۵-۱۵۱ ، ۱۹۰	توزیع دو جمله ای ۲۱۷
	توزیع ۱ ۲۲۷
س	توزیع فوق هندسی ۱۲۶
ساخت ۱۷۶	توزیع نمایی ۲۲۳
سری استاندارد ۲۱۲	
سیستم پیشنهادات ۲۱۰	ح
سیستم کامپوتری ۲۴۲	حد اخطار ۵۶
	حد تلورانس ۷۵
ش	حد عمل ۵۶
شرایط جایگزینی ۱۲۳	حد میانگین خارج سیستم ۱۲۱
	حجم نمونه ۲۳۴
ف	حدود کنترل ۷۵
فاصله تقسیم ۹۳	حلقه های کنترل کیفیت ۳۴-۲۱۰
فرسودگی ۱۸۰	حمل و نقل ۱۷۶
ق	خ
قابلیت اطمینان ۱۷۱-۱۷۷	خوشه ۲۴۰
قابلیت اطمینان سیستم ۱۷۲	
قابلیت فرآیند ۳۹	د
	درصد نامرغوبی ۱۶۲
ع	دنباله ای ۱۸۵
عدد ثابت هارتلی ۴۴-۴۹	دمینگ ۲۰۹-۲۱۰
عمر شایان اعتماد ۱۸۵	دیگرام ایشیکاوا ۳۲

نمودار پارتو ۳۱	ك
نمودار شانین ۱۶۴	كاركنان ۲۰۹-۲۱۰
نمودار کنترل ۶۲	كاروايشيكاوا ۱۵ و ۱۸۶
نمودار کنترل U ۶۳	كران خطای برآورد ۲۳۴-۲۳۷
نمودار کنترل کیوسالم ۹۰	كنترل در حين توليد ۳۵
نمونه برداری تکی ۱۲۷	كنترل شوهارت ۵۵-۷۲
نمونه برداری دنباله ای ۱۵۰	كنترل کیوسام ۳۶-۸۹
نمونه برداری زنجیری ۱۴۷	كميته کیفیت ۱۹۹-۲۰۷-۲۰۹
نمونه برداری پذیرش ۱۱۷	كیفیت غیر قابل قبول ۹۴-۹۶-۹۷
نمونه گیری تصادفی ۲۳۳	كیفیت قابل قبول ۹۴-۹۶
نمونه گیری خوشه ای ۲۴۰	
نمونه گیری سیستماتیک ۲۳۹	ك
نمونه گیری طبقه ای ۲۳۶	گروههای کاری ۲۰۵-۲۰۶
نویایی ۱۸۰	
نموگرایی ۱۶ و ۴۱ و ۹۵ و ۹۶	ط
نیکویی برازش ۲۲۹	طراحی ۱۷۵
	طرح آزمایش تاكوشي ۳۴
م	طرحهای استاندارد ۱۵۸
ماسک موازی ۹۳	طرحهای CSPI ۱۵۵
ماسک V ۹۳	طرحهای CSP2 ۱۵۶
متوسط اقلام بازرسی ۱۹۷	طرحهای CSPF ۱۶۰
مدیریت بهسازی ۱۹۷	طرحهای CSPT ۱۶۱
مراکز کیفیت ۲۵	طرحهای CSPV ۱۶۳
مرحله خرابی ۱۸۰	
مرحله فرسودگی ۱۸۰-۱۸۱	ن
مرحله نویایی ۱۸۰	نرخ شکست ۱۷۸
مقایسه دو سیستم ۱۱۱	نمودار استخوانی ۳۲

منحنی مشخصه ۱۲۶-۱۸۱	مقیاس کمی ۳۸-۴۰
میانگین طول گشت ۶۸-۷۳	مقیاس کیفی ۳۸-۴۰
	معیار پذیرش ۱۲۰
هـ	منحنی عمر ۱۸۰
هزینه های کیفیت ۲۲-۲۳	منحنی کیوسام ۹۱-۹۳





*FERDOWSI UNIVERSITY OF MASHHAD*

*Publication No. 219*

**APPLICATION OF QUALITY  
CONTROL SYSTEMS  
USING STATISTICAL METHODS**

by

***H. R. TAREGHIAN - A. BOZORGNIA***

*FERDOWSI UNIVERSITY PRESS*

***1997***