

بررسی کاربرد استانداردهای کنترل کیفیت آماری در تولید محصولات پیوسته (مطالعه موردی: محصولات ویژه نظامی)

احمد بیطرف*، محمدرضا عباسی**، ابراهیم مردانی کرمانی***

تاریخ دریافت: 1400/05/17

تاریخ پذیرش: 1400/08/29

چکیده

کاربرد روش‌ها و استانداردهای کنترل کیفیت آماری در موضوع کنترل کیفیت خطوط پیوسته محصولات ویژه نظامی دارای اثر مثبت است. در این پژوهش تلاش می‌شود که با استقرار و کاربرد نظام کنترل کیفیت آماری در خصوص کالای در جریان ساخت و محصول نهایی، موجبات ارتقاء کیفی و افزایش عمر مفید محصولات تولیدی فراهم شود. در این پژوهش ضمن توضیح نحوه استفاده از طرح‌های بازرسی نمونه‌ای و جداول استاندارد مربوطه؛ چگونگی کاربرد ابزارهای آماری متداول به‌ویژه نمودارهای کنترل $\bar{X}$ ، R ، C و U در بررسی و تحلیل مشخصه‌های کمی و کیفی مواد اولیه محصولات در جریان ساخت و ساخته‌شده، بررسی گردیده است. در این مطالعه با به‌کارگیری روش‌های کنترل کیفیت آماری مشاهده شد که در برخی اوقات اقلام تولیدی از نظر مشخصه کیفی، با سطح کیفیت قابل قبول مطابقت نداشته و در نتیجه مورد تأیید قرار نمی‌گیرند. این موضوع منجر به مرجوع‌نمودن محصولات تولیدی و همچنین اعمال نظارت بیشتر بر تولیدکنندگان می‌گردد که هزینه‌های زیادی را به خریدار و همچنین تولیدکننده تحمیل می‌نماید. به‌کارگیری طرح‌های ترکیبی از

*. دانشجوی دکتری مدیریت راهبردی، دانشگاه عالی دفاع ملی تهران، ایران. (نویسنده مسئول):

(ahmadbitaraf@yahoo.com)

**. کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه جامع امام حسین (ع) تهران، ایران.

***. کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه جامع امام حسین (ع) تهران، ایران.

بازرسی نمونه‌گیری و صددرصدی برای کنترل کیفیت آماری خطوط تولید پیوسته محصولات ویژه نظامی، موفقیت و افزایش کیفیت بهتر آن را شامل می‌شود؛ اما با بررسی‌ها مشخص شد به تنهایی بازرسی و روش‌های آماری برای تضمین و بهبود مستمر کیفیت محصول کافی نبوده و تضمین کیفیت بدون مشارکت مسئولانه و خودجوش تمام افراد سازمان به‌ویژه مدیران امکان‌پذیر نخواهد بود و ابزارها و استانداردها بیشتر جنبه کمکی به افزایش کیفیت این محصولات را دارد.

کلیدواژه‌ها: کنترل کیفیت آماری، نمودارهای آماری، تولید پیوسته، محصولات ویژه نظامی

1. مقدمه

مفهوم کیفیت از سده‌های پیش وجود داشته است؛ ولی مباحث علمی کیفیت که ما امروز آن را می‌شناسیم، به بعد از جنگ جهانی دوم باز می‌گردد. در این مدت، صاحب‌نظران برجسته‌ای در این حوزه پدیدار شدند و الگوها و مفاهیم ارزشمندی را عرضه کردند. مفاهیم و الگوهای مانند کنترل کیفیت آماری، شش سیگما، مدیریت کیفیت جامع و... حاصل تلاش‌های این دوران است. پایه و اساس کنترل کیفیت آماری به مفهوم امروزی آن، طی دهه 1920 در آزمایشگاه‌های تلفن بل آمریکا بنا گذاشته شد [1]. داج و رومینگ نیز چند سال بعد، کاربرد آمار در نمونه‌گیری و نیز روش نمونه‌گیری جهت پذیرش یا رد محموله را ارائه کردند که نتیجه کار آن‌ها منجر به ایجاد جداول بازرسی داج-رومینگ گردید [9، 10].

با شروع جنگ جهانی دوم در سال 1939، صنایع مجبور به تأمین و تولید امکانات و تجهیزات مورد نیاز ارتش شدند و به‌زودی نیروهای مسلح آمریکا در نقش بزرگ‌ترین مشتری این صنایع ظاهر گردیدند. درخواست‌های کیفی وزارت جنگ از صنایع، منجر به شروع رویکردی نوین در کنترل کیفیت آماری گردید که در نهایت منجر به تدوین استانداردهای کنترل کیفیت آماری، راهنمای کنترل کیفیت و نمودارهای کنترل برای تجزیه و تحلیل داده‌ها گردید. در ادامه نیز با توجه به دوره‌های آموزشی و تحقیقات صورت گرفته در نیروهای مسلح و صنایع تولیدکننده آمریکا، نسل تازه‌ای از استانداردهای کنترل کیفی نظامی تحت عنوان استانداردهای نظامی برای بازرسی اقتصادی فرآورده‌های تولیدی تدوین گردید [11].

از آنجا که اهمیت کنترل کیفی محصولات به‌ویژه محصولات نظامی که برای مدت طولانی

تا فرارسیدن زمان مصرف، در انبارها نگهداری می‌شوند، بسیار زیاد می‌باشد؛ در این مقاله تلاش می‌شود به این موضوع پرداخته شود. موضوع کنترل کیفیت از این حیث اهمیت دارد که هم در زمان نگهداری و هم در زمان به کارگیری محصولات، موضوع کیفیت طراحی، تولید، مواد اولیه و... تا حد زیادی در عملکرد محصول تأثیرگذار است. اگر موضوع کنترل کیفیت در زمان خرید و ذخیره‌سازی به درستی مورد توجه قرار نگیرد، سازمان با هزینه‌های مالی و گاهاً جانی غیرقابل جبرانی مواجه خواهد شد.

بنابراین استفاده از طرح‌های بازرسی نمونه‌ای برای تولیدات پیوسته با انجام نمونه‌برداری به شکل مناسب و شیوه‌ها و زمان‌های مختلف باید صورت گیرد و برای پایش و کنترل آماری فرآورده‌ها، از ابزار و نمودارهای آماری مختلف بهره جست.

2. روش‌شناسی

در این مطالعه ابتدا با مرور ادبیات تحقیق، روش‌های کنترل کیفیت آماری در تولید محصولات پیوسته ارایه گردید؛ سپس با به کارگیری روش‌های کنترل کیفیت آماری، میزان کیفیت محصولات در خط تولید یک شرکت تولیدکننده محصولات نظامی، مورد ارزیابی قرار گرفت.

3. مرور ادبیات تحقیق

3-1. کنترل کیفیت آماری

در تعریفی ساده از کنترل کیفیت آماری¹ می‌توان گفت که در کنترل کیفیت آماری به جهت بررسی فرآیند تولید، شاخص‌های آماری موجود را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند. به طور کلی، علم آمار مجموعه‌ای از فنون مفیدی است که می‌تواند در زمان تصمیم‌گیری در مورد یک فرآیند یا جامعه، با استفاده از اطلاعات حاصل از تجزیه و تحلیل نمونه‌ای که از یک جامعه انتخاب شده است، متمرثر واقع گردد؛ به طوری که روش‌های آماری، اصول مورد نیاز برای تعیین نمونه، انجام آزمون، ارزیابی و استفاده از اطلاعات حاصل جهت کنترل و بهبود فرآیند را ارائه

1. Statistical Quality Control

می نمایند [2]. هدف نهایی هر فرآیند تولید، ساخت محصولات مطابق با مشخصات قابل قبول است. نمودارهای کنترل، نمودارهایی هستند که به وسیله آنها اطلاعات به دست آمده از عملکرد فرآیند تولید با حدود کنترلی مورد نیاز که از قبل مشخص گردیده اند، مطابقت داده می شود [3]. انحرافات فرآیند تولید به دو گروه قابل تقسیم می باشد:

1. انحرافات تصادفی ناشی از اتفاق: انحرافات تصادفی که از تعداد زیادی علل مستقل به وجود می آیند، به تنهایی باعث تغییر ناچیز شده، اما تعداد زیادی انحرافات تصادفی منجر به انحراف قابل توجه می شوند. انحرافات تصادفی می تواند شامل لرزش خفیف در ماشین ها، تغییرات جزئی در تنظیم دستگاه های کنترل توسط انسان و... باشد.
2. انحرافات با دلیل ناشی از علل مشخص پیداشدنی: انحراف با دلیل از یک یا تنها تعداد کمی علل مستقل به وجود می آید. برخی علل از قبیل خطای اپراتور، تنظیم اشتباه دستگاه و استفاده از مواد اولیه معیوب می تواند منجر به ایجاد یک یا تعدادی انحراف با دلیل شود.

با استفاده از نمودار کنترل می توان انحرافات با دلیل را از انحرافات تصادفی جدا کرد. حدود کنترل با استفاده از قوانین آمار و احتمالات به گونه ای محاسبه می شوند که در عمل، خارج شدن یک مشاهده از حدود کنترل به معنی وارد شدن یک انحراف با دلیل در فرآیند تولید باشد و در این صورت بازرسی چنین فرآیندی لازم می گردد. حدود کنترل اکثر نمودارهای کنترل در فاصله ± 3 انحراف استاندارد از میانگین آماره مورد استفاده تعیین می شود. استفاده از حدود ± 3 انحراف استاندارد به این معنی است که اگر تنها انحرافات تصادفی وجود داشته باشند، 99,7 درصد از مقادیری که بر روی نمودار رسم می شوند، بین حدود کنترل قرار می گیرند. اگر تمام میانگین های نمونه بین حدود کنترل قرار گیرند، به فرآیند تولید، تحت کنترل آماری گفته می شود. در اینجا توجه به یک نکته مهم لازم است که یک فرآیند تحت کنترل آماری به این معنی است که تنها انحرافات تصادفی در آن وجود دارد و معنی آن لزوماً این نمی باشد که محصولات تولید شده طبق مشخصات می باشند و محصول معیوبی تولید نمی شود [4، 5].

2-3. استانداردهای بازرسی نمونه‌ای

به‌طور کلی بازرسی نمونه‌ای به دو طریق بازرسی نمونه‌ای به روش وصفی‌ها¹ (برای مشخصه‌های وصفی) و بازرسی نمونه‌ای به روش متغیرها² (برای مشخصه‌های کمی) انجام می‌شود. در روش بازرسی به روش وصفی‌ها، اقلام تشکیل‌دهنده نمونه پس از بازرسی مشخصه وصفی به صورت اعداد شمارش پذیر اعلام می‌شوند و نهایتاً نمونه‌ها به دو گروه سالم و معیوب تقسیم می‌شوند تا قضاوت در مورد محموله با توجه به تعداد عیوب مشاهده‌شده به عمل آید. در روش بازرسی به روش متغیرها، نتایج عددی حاصل از بازرسی اقلام نمونه‌برداری شده با یک شاخص استاندارد، مقایسه می‌گردد و آن اقلامی که در داخل این حدود قرار گیرند، به‌عنوان اقلام سالم و مابقی اقلام، معیوب شناخته می‌شود.

در بازرسی نمونه‌ای به روش وصفی‌ها به سه رویه یک مرحله‌ای، دو مرحله‌ای و چند مرحله‌ای می‌توان نمونه‌برداری را انجام داد. برای این منظور باید حجم محموله (N)، حجم نمونه (n)، تعداد اقلام معیوب مجاز³ (AC) و عدد ردی⁴ (Re) را مشخص نمود. در ادامه برای تعیین مقادیر AC ، n و Re ، تولیدکننده و خریدار باید در خصوص چهار فاکتور زیر (با توجه به استاندارد) به توافق برسند:

1. سطح کیفیت قابل قبول (AQL)⁵: این مقدار نشانگر حداکثر اقلام معیوب در محموله است که خریدار پیشنهاد و تولیدکننده با توجه به امکانات و شرایط خود بر سر این درصد به توافق می‌رسد.

2. سطح کیفیت قابل تحمل ($LTPD$)⁶: این مقدار نشانگر بدترین سطح کیفیت قابل تحمل است. این درصد بسیار بدبینانه در نظر گرفته شده و خریدار امیدوار است روش‌های بازرسی نمونه‌ای، محموله‌هایی با چنین کیفیتی را رد کند.

3. ریسک تولیدکننده (α): ریسک رد شدن محموله‌های سالم قابل‌پذیرش را ریسک تولیدکننده گویند.

1. Sampling Inspection by- Attributes
2. Sampling Inspection by- Variable
3. Acceptance Number
4. Rejection Number
5. Acceptable Quality Level
6. Lot Tolerance Present Defective

4. ریسک خریدار (β): ریسک پذیرفته شدن محموله های معیوب غیرقابل پذیرش را ریسک خریدار گویند.

بعد از توافق در تعیین مقادیر فوق، برای به دست آوردن تعداد نمونه در یک محموله تولیدی (n) و همین طور تعداد اقلام معیوب مجاز در نمونه ها (AC) و عدد ردی آن ها (Re)، از قواعد و جداول توزیع پواسن¹ و یا از جداول کامرون² استفاده می شود. در این جداول با دانستن مقادیر AQL و LTPD، میزان ریسک تولیدکننده (α) و خریدار (β)، اندازه نمونه و حجم اقلام معیوب مجاز تعیین می شود.

در بازرسی نمونه ای به روش وصفی ها، کیفیت هر محموله را می توان برحسب درصد اقلام معیوب و یا برحسب تعداد نقص بررسی نمود. فاکتورهای تعریف شده در بازرسی نمونه ای (شامل n , AC , Re , AQL , $LTPD$, α و β) هم برای کنترل درصد عیوب و هم تعداد نقایص، کاربرد دارد. در ادامه به بررسی بیشتر طرح های بازرسی نمونه ای می پردازیم [1، 2 و 3].

3-3. طرح های بازرسی نمونه ای برای تولیدات گسسته

طرح های بازرسی زیر عموماً برای نمونه گیری از خطوط تولید گسسته کاربرد دارند.

3-3-1. استاندارد نظامی E105³

در سال 1950 استاندارد نظامی 105 برای اولین بار برای بازرسی مشخصه های وصفی نمونه ها در تولیدات گسسته مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه و در دهه هفتاد میلادی استاندارد نظامی MIL-STD 105A با تغییرات اساسی به MIL-STD 105E تعدیل یافت که این تغییرات تا سالیان اخیر نیز ادامه یافته است [12]. برای استفاده از استاندارد E105 به منظور طراحی یک رویه بازرسی نمونه ای مناسب، باید از قبل تعدادی پارامترهای ضروری بین تولیدکننده و خریدار توافق و تعیین شود تا بتوان از جداول E105 در تعیین اندازه نمونه (n)، عدد پذیرش (AC) و عدد ردی ($Re=AC+1$) استفاده نمود. این فاکتورهای توافقی عبارتند از رویه نمونه گیری (یک مرحله ای،

1. Poisson Distribution

2. Cameron Table

3. Military Standard 105E (MIL-STD 105E)

دومرحله‌ای یا چندمرحله‌ای)، انتخاب سطح کیفیت قابل قبول (AQL)، انتخاب سطح بازرسی نرمال (در موارد عادی)، سهل گیران¹ (با تقریباً نصف تعداد نمونه در حالت نرمال) و سخت گیران² (با حدوداً دو برابر تعداد نمونه در حالت نرمال) و چهار نوع سطح بازرسی ویژه به نام S_1 ، S_2 ، S_3 و S_4 و تعیین حجم نمونه (n). بعد از تعیین پارامترهای فوق می‌توان با استفاده از جدول سطح بازرسی و اندازه محموله، جدول اصلی E105 با نمونه‌برداری یک مرحله‌ای، دو و چندمرحله‌ای و نیز مشخص کردن سطح بازرسی و اندازه محموله طرح نمونه‌برداری برای بازرسی را تعیین کرد [1 و 6].

2-3-3. استاندارد داج - رومینگ³

در سال 1920 داج و رومینگ برای اولین بار یک مجموعه جداول بازرسی مشخصه‌های وصفی نمونه‌ها در تولیدات گسسته تهیه نمودند. این جداول به تدریج اصلاح و بعد از جنگ جهانی دوم در سطح وسیعی در صنایع استفاده شد [8]. برای استفاده از جداول داج - رومینگ همانند استاندارد E105، بایستی از قبل برخی فاکتورهای ضروری بین تولیدکننده و خریدار توافق و تعیین شود. این فاکتورهای توافقی عبارتند از رویه نمونه‌گیری (یک مرحله‌ای، دومرحله‌ای یا چندمرحله‌ای)، حد کیفیت خروجی در طرح‌های مبتنی بر AOQL، سطح کیفیت قابل تحمل در طرح‌های مبتنی بر LTPD و اندازه حجم نمونه (n) [2 و 6].

3-3-3. استاندارد نظامی⁴

این استاندارد به روش متغیرها، برای بازرسی نمونه‌ای جهت بازرسی مشخصه‌های کمی طراحی گردیده، در مقایسه با استاندارد E105 بسیار پرهزینه محسوب بوده و از این روی در همه‌جا قابل استفاده نیست [8]. روش بازرسی در این استاندارد به دو صورت است:

(الف) روش بازرسی نمونه‌ای با پراکندگی نامعلوم با استفاده از برآورد انحراف معیار (S)

(ب) روش بازرسی نمونه‌ای با پراکندگی نامعلوم با استفاده از برآورد دامنه تغییرات (R)

1. Reduced
2. Tightened
3. Dodge and Roming Standard
4. Military Standard 414 (MIL-STD 414)

بعد از تعیین روش بازرسی، سه فاکتور ضروری دیگر، بین تولیدکننده و خریدار توافق و تعیین می‌شود تا بتوان اندازه نمونه (n)، عدد پذیرش (AC) و عدد ردی (Re) را به دست آورد. این فاکتورهای توافقی عبارتند از تعیین سطح کیفیت قابل قبول (AQL)، تعیین سطح بازرسی (سهل گیران I - نرمال II - سخت گیران III - ویژه S_1 تا S_4) و اندازه حجم نمونه (n). بعد از تعیین فاکتورهای فوق می‌توان با استفاده از جدول سطح بازرسی و اندازه محموله و جدول تبدیل مقادیر AQL و جدول اصلی 414 با بازرسی یک طرفه یا دو طرفه با مشخص کردن اندازه نمونه و عدد پذیرش، نمونه‌برداری کرد. سپس با استفاده از حدود بالا و پایین مشخصه‌ها، رابطه $Q_U = U - X/S$ یا $Q_U = U - X/R$ و رابطه $Q_L = X - L/S$ (یا $Q_L = X - L/R$) قابل محاسبه است؛ چنانچه مقدار Q_U و Q_L بزرگ‌تر یا برابر مقدار K به دست آمده از جدول برآورد درصد ارقام معیوب در محموله به روش S یا R باشد، محموله پذیرفته و در غیر این صورت رد می‌شود [1، 2 و 6].

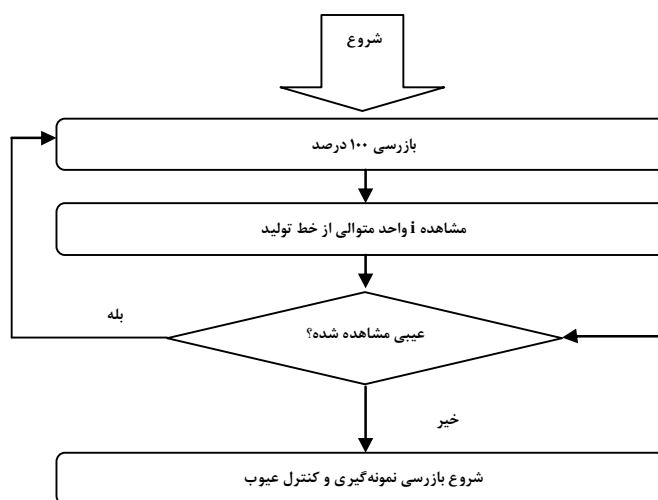
3-4. طرح‌های بازرسی نمونه‌ای برای تولیدات پیوسته

در بسیاری از عملیات تولیدی، محصولات در یک فرآیند پیوسته تولید می‌شوند و طرح‌هایی لازم است که در فرآیندهای تولید پیوسته قابل کاربرد باشد. این طرح‌ها ترکیبی از بازرسی نمونه‌گیری و صد درصد می‌باشند که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است [2، 5 و 7].

3-4-1. طرح‌های CSP¹

ایده نمونه‌گیری برای تولید پیوسته برای اولین بار توسط داج در سال 1943 مطرح شد. طرح CSP-1: این طرح با بازرسی 100 محصولات آغاز می‌گردد تا اینکه یک تعداد مشخص از ارقام متوالی در خط تولید، عاری از نقص و عیب باشند. در این صورت بازرسی نمونه‌گیری شروع شده و تا مشاهده اولین عیب و نقص ادامه می‌یابد. در این صورت مجدداً بازرسی 100 درصد آغاز می‌گردد. این روش در شکل (1) نمایش داده شده است.

طرح CSP-2: این طرح، اصلاح شده طرح قبلی می باشد. در طرح قبلی یعنی CSP-1 در صورت مشاهده حتی یک عیب و نقص در بازرسی نمونه ای، بازرسی به بازرسی 100 درصد تغییر می یابد. در طرح جدید، لزوم بازگشت به بازرسی 100 درصد پیدا نمی شود، مگر اینکه نقص دومی در i یا کمتر اقلام نمونه بعدی مشاهده گردد (شکل 2).

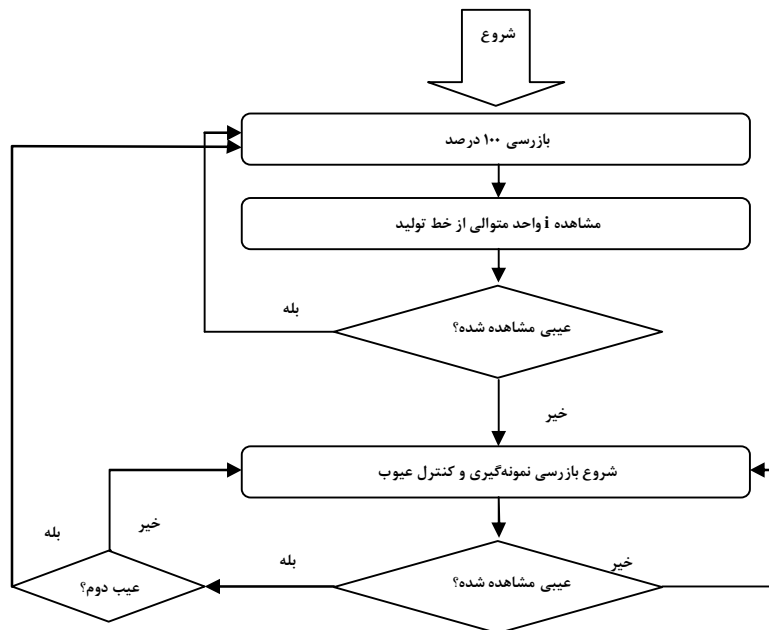


شکل 1. نمودار طرح CSP-1

5-3. استاندارد نظامی 1235¹

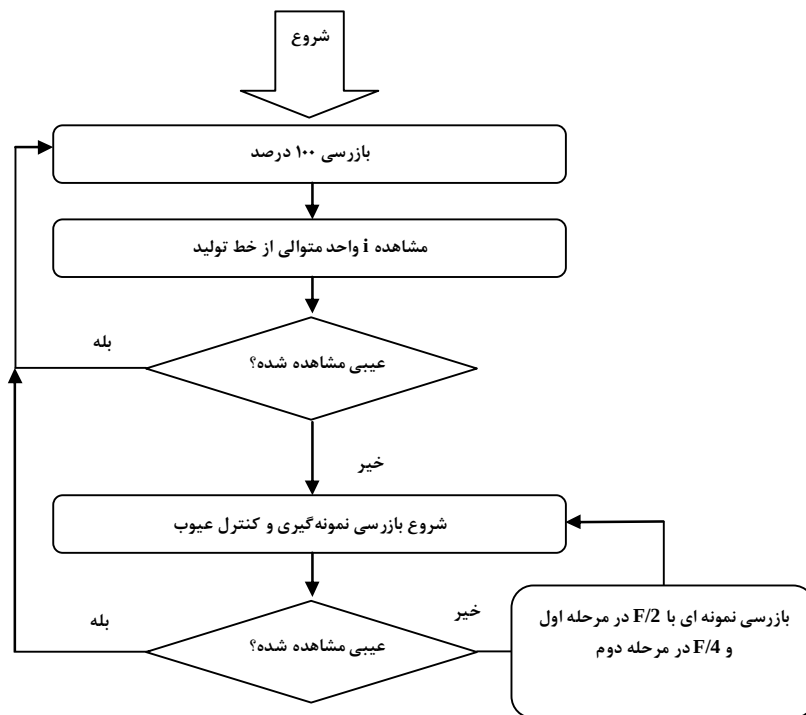
در سال 1943 استاندارد نظامی ویژه دستگاه های تولیدی پیوسته در بازرسی مشخصه های وصفی نمونه ها مطرح گردید. این طرح ها به تدریج تکمیل شده و به شکل جامع در سال 1974 تحت عنوان استاندارد نظامی 1235A مطرح شده است. برای استفاده از این استاندارد به منظور طراحی یک رویه بازرسی نمونه ای مناسب، باید تعدادی فاکتورهای ضروری از قبل بین تولیدکننده و خریدار توافق و تعیین شود [8]. این فاکتورهای توافقی عبارتند از:

1. Military Standard 1235A (MIL-STD 1235A)



شکل 2. نمودار طرح CSP-2

1. تعیین طرح نمونه‌گیری (I, II, III, IV, V) براساس عیوب بحرانی، عمده و جزئی
 2. سطح متوسط کیفیت خروجی (AOQL) و سطح کیفیت قابل قبول (AQL)
 3. زمان بازرسی هر واحد محصول (براساس حجم تولید و فاصله ایستگاه‌های بازرسی)
- استاندارد 1235 علاوه بر طرح‌های CSP-1 و CSP-2، دارای طرح‌های دیگر به نام CSP-F، CSP-T و CSP-V می‌باشد که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است [2، 5 و 7].
- طرح CSP-T: یک طرح نمونه‌گیری پیوسته چند سطحی است. این طرح با طرح‌های بازرسی گذشته از آن جهت تفاوت دارد که در آن در صورت مشاهده کیفیت عالی محصولات، کاهش نمونه‌گیری پیش‌بینی شده است (شکل 3).



شکل 3. نمودار طرح CSP-T

طرح CSP-V: یک طرح نمونه‌گیری پیوسته یک سطحی است. هرگاه طی بازرسی i قلم نمونه اول نقصی مشاهده شود، بازگشت به بازرسی 100 درصد ضرورت می‌یابد. وقتی f نمونه اول پذیرفته شده و نقصی مشاهده شود، بازگشت به بازرسی 100 درصد لازم می‌شود؛ ولیکن عدد i نیز به $1/3$ مقدار اولیه آن کاهش می‌یابد. مثلاً اگر مقدار i اولیه عدد 39 باشد و در این حین عیبی مشاهده شود، به بازرسی 100 درصد با مقدار 13 برای i رجوع می‌شود [2,5,7].

6-3. استاندارد شینین¹

استاندارد شینین برای اولین بار در صنایع هوافضا طراحی و معرفی گردید. مهم‌ترین مشخصه

1. Shainin Standard (SH-STD)

طرح شینین، کاربرد آن در توزیع فراوانی غیرفرمال (علاوه بر توزیع نرمال) می باشد [8]. برای استفاده از استاندارد شینین، به منظور طراحی یک رویه بازرسی نمونه ای مناسب، مراحل زیر طی می شود:

1. نمونه تصادفی به اندازه $n \geq 50$ از محموله تولیدی برداشته می شود.
2. نمونه برداشته شده حداقل به 5 دسته تقسیم می شود که بعد از بازرسی مقادیر میانگین و انحراف معیار و حد بالا و پایین و نهایتاً نمودار هیستوگرام ترکیبی از داده های حاصل از 5 دسته محاسبه و رسم می شود.
3. در تحلیل هیستوگرام، در محموله هایی که به صورت نرمال توزیع شده اند؛ اگر حدود محموله در محدوده تلورانس صحت محصول قرار گیرد، محموله پذیرفته می شود. ولی چنانچه حدود محموله خارج از محدوده گفته شده واقع شود؛ درصد محصول خارج از محدوده محاسبه و تصمیم نهایی در مورد پذیرش محموله به عهده کارشناسان و مسئولان مربوطه گذارده می شود [2، 6].

جدول 1. مقایسه ویژگی های طرح های بازرسی نمونه ای.

پارامتر	استانداردهای بازرسی نمونه ای				
	105E		105E		105E
اندازه گیری مشخصه	وصفی	اندازه گیری مشخصه	وصفی	اندازه گیری مشخصه	وصفی
روش تولید	تولید گسسته	روش تولید	تولید گسسته	روش تولید	تولید گسسته
کاربری در توزیع فراوانی	نرمال	کاربری در توزیع فراوانی	نرمال	کاربری در توزیع فراوانی	نرمال
تعداد نمونه ها	زیاد	تعداد نمونه ها	زیاد	تعداد نمونه ها	زیاد
اطلاعات در خصوص فرآیند	اندک	اطلاعات در خصوص فرآیند	اندک	اطلاعات در خصوص فرآیند	اندک
زمان نتیجه گیری	اندک	زمان نتیجه گیری	اندک	زمان نتیجه گیری	اندک

در ادامه ضمن تشریح شاخص‌های مرکزی، به توضیح نحوه استفاده از انواع نمودارهای آماری و محاسبات آن‌ها برای تحلیل اطلاعات به دست آمده از نمونه‌گیری که طرح‌های آن در بالا ذکر گردید، پرداخته می‌شود.

3-7. نمودارهای آماری

در این بخش از پژوهش لازم است با برخی مفاهیم که در ترسیم این نمودارها مورد استفاده قرار می‌گیرند، آشنا شد. هنگامی که یک نمونه مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد، ضروری است که برای این نمونه‌ها پارامتری را تعریف نمود تا نماینده همه باشد. در این حالت می‌توان از شاخص‌های میانگین، میانه یا مد استفاده نمود [2، 5 و 7].

نمودار کنترلی وسیله‌ای است که در قالب دو متغیر گفته شده به صورت مجزا نوسانات کیفی را بررسی می‌نماید. ساختار این نمودار شامل یک خط مرکزی¹، خط بالای کنترل² و خط پایینی کنترل³ می‌باشد. هنگامی که نمودار کنترلی رسم می‌شود؛ اگر نقاط منحنی بین UCL و LCL قرار گرفت؛ شرایط تولید از لحاظ کیفیت مناسب است، ولی اگر نقاط منحنی در خارج از این محدوده قرار گیرند می‌توان گفت فرآیند تولید از کنترل خارج شده و وضعیت غیرفرمال دارد [5، 8].

3-7-1. نمودار کنترل $\bar{X}$ و R

نمودار $\bar{X}$ و R، نمودار کنترلی است که مقدار میانگین $\bar{X}$ و دامنه تغییرات R را نشان می‌دهد. تهیه این نمودار، روش بسیار مؤثری برای کنترل موارد غیرعادی در تولید است. در جدول شماره 2 که از اطلاعات مربوط به خط تولید کارخانه جمع‌آوری شده، نمودار کنترلی $\bar{X}$ و R ترسیم شده است.

1. Central Line
2. Upper Control Limit
3. Lower Control Limit

4. یافته‌ها

بعد از آشنایی با روش‌های کنترل کیفیت آماری، با حضور در خط تولید کارخانه محصولات ویژه نظامی، نمونه‌برداری صورت گرفته است. اطلاعات این نمونه‌ها در جدول (2) ارائه شده است.

جدول 2 مقادیر اندازه‌گیری شده.

شماره زیرگروه ساعت 14	مقادیر اندازه‌گیری شده (درصد مقدار ماده مؤثر در نمونه)					مقدار میانگین $\bar{X}$	دامنه تغییرات R
	ساعت 16	ساعت 10	ساعت 12	ساعت 14	ساعت 16		
13,3	12,1	13	1,9	13,3	12,1	13	1,9
13,2	12,4	12,94	1,3	13,2	12,4	12,94	1,3
13,9	13,2	12,9	1,1	13,9	13,2	12,9	1,1
...	...	...	...	...	...	...	...
12,9	12,6	12,74	0,9	12,9	12,6	12,74	0,9
12,6	12,7	12,75	1,1	12,6	12,7	12,75	1,1
						$\bar{X} = 12,94$	$\bar{R} = 1,35$

مرحله اول: مقدار میانگین $\bar{X}$ برای هر زیرگروه محاسبه می‌شود:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

برای زیرگروه اول داریم:

$$\bar{X} = (14 + 12.6 + 13.2 + 13.1 + 12.1) / 5 = 13$$

مرحله دوم: مقدار دامنه تغییرات R برای هر زیرگروه محاسبه می‌شود:

$$R_j = \max x_{ij} - \min x_{ij}$$

برای زیرگروه اول داریم:

$$R = 14 - 12.1 = 1.9$$

مرحله سوم: میانگین‌ها مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

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

با محاسبه مرحله اول برای تمام زیرگروه‌ها و محاسبه میانگین آن‌ها داریم:

$$\bar{\bar{X}} = (13 + 12.94 + 12.9 + \dots + 12.75) / 25 = 12.94$$

مرحله چهارم: میانگین دامنه تغییرات را مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{R}_j$$

با محاسبه مرحله دوم برای تمام زیرگروه‌ها و محاسبه میانگین آن‌ها داریم:

$$\bar{\bar{R}} = (1.9 + 1.3 + 1.1 + \dots + 1.1) / 25 = 1.35$$

مرحله پنجم: محاسبه خطوط کنترل میانگین و دامنه تغییرات

$$cl = \text{مقدار میانگین‌ها} = 12.94$$

در هر زیرگروه، مقدار $n=5$ با توجه به مقدار از جدول استاندارد انحراف، موارد A_2 و D_4 و

D_3 استخراج می‌شود. برای محاسبه خطوط کنترل میانگین داریم:

$$UCL = cl + A_2 \bar{\bar{R}} = 12.94 + 0.577 * 1.35 = 13.71$$

$$LCL = cl - A_2 \bar{\bar{R}} = 12.94 - 0.577 * 1.35 = 12.61$$

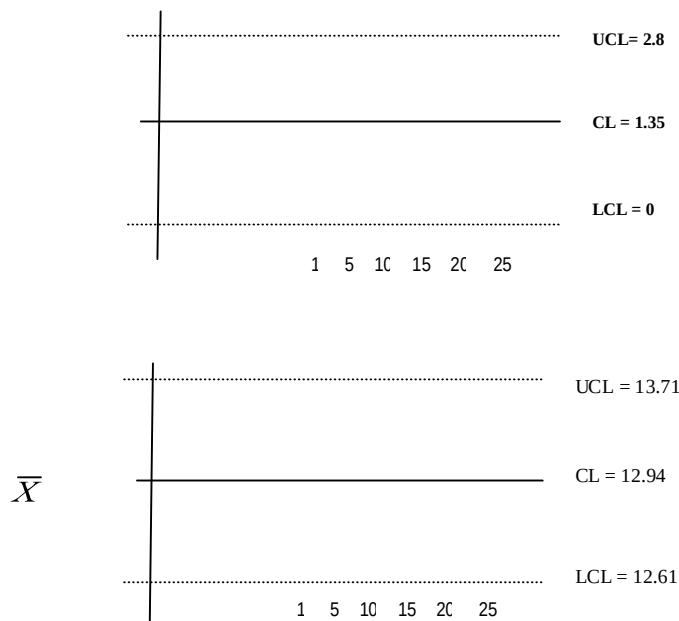
همچنین برای محاسبه خطوط کنترل دامنه تغییرات داریم:

$$cl = \text{درصد مقدار میانگین دامنه تغییرات} = 1.35$$

$$UCL = D_4 \bar{\bar{R}} = 2.11 * 1.35 = 2.86$$

$$LCL = D_3 \bar{\bar{R}} = 0$$

مرحله ششم: رسم نمودار



1-4. نمودار کنترل C

این نمودار در مواردی بکار می‌رود که تعداد نواقص در یک نمونه واحد و یا به عبارت دیگر در واحد نمونه شمارش و بررسی گردد؛ مانند تعداد حباب‌ها در یک میزان مشخص از یک محصول خاص، تعداد خراش در پوشش محصول، تعداد خراش در یک سطح صیقلی، تعداد نواقص در یک محصول معین و ... که در بخش‌های مختلف آن قابل تقسیم است. برای توضیح چگونگی ترسیم نمودار C، موردی را تولید پیوسته در نظر می‌گیریم که در آن تعداد خراش‌های پوشش یک محصول شیمیایی حساس به اکسیژن (هوا) در هر واحد محصول (مثلاً 10 سانتیمتر) ارائه شده است.

مرحله اول: میانگین نواقص طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{82}{20} = 4.1$$

مرحله دوم: حدود کنترل طبق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$CL = \bar{C} = \bar{X} = 4.1$$

$$UCL = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}} = 10.17$$

$$LCL = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}} = 0$$

مرحله سوم: رسم نمودار



2-4. نمودار کنترل U

این نمودار براساس متوسط تعداد نقص ها در هر واحد بازرسی، محاسبه و ترسیم می گردد. اگر در یک نمونه شامل n واحد بازرسی، تعداد C نقص پیدا شود؛ در این صورت متوسط تعداد نقص ها به ازای هر واحد بازرسی مساوی $u = \frac{C}{n}$ می شود. خط مرکزی و حدود کنترل آن به شرح زیر محاسبه می شوند:

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

$$UCL = \bar{u} + 3\frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n}}$$

$$LCL = \bar{u} - 3\frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n}}$$

از نمودارهای کنترل U زمانی استفاده می شود که بررسی و شمارش تعداد نقائص در

نمونه‌های یک محصول با اندازه‌های متفاوت (طول، سطح و حجم و...) در خط تولید پیوسته انجام شود. برای توضیح چگونگی ترسیم نمودار U، موردی را در نظر می‌گیریم که در آن تعداد نواقص قابل مشاهده در شیت‌های ورقه‌ای در اندازه‌های مختلف شمارش گردیده است و طبق فرمول‌های زیر حدود کنترلی محموله، تعیین و ترسیم می‌شود.

مرحله اول: تعداد نواقص هر زیر گروه برحسب واحد اندازه‌گیری محاسبه می‌شود.

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

مرحله دوم: میانگین $\bar{u}$ طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n} = \frac{75}{25.5} = 2.94$$

جدول 3. مقادیر اندازه‌گیری شده.

زیر گروه محموله	حجم زیر گروه مورد آزمایش (n مترمربع)	تعداد نواقص مشاهده شده c	تعداد نواقص در واحد اندازه‌گیری u	$\frac{1}{\sqrt{n}}$	UCL	LCL
1	1	4	4	1	8,10	-
2	1	5	5	1	8,10	-
3	1	3	3	1	8,10	-
...	...	...	...	...	...	-
2C	1,7	8	4,7	0,767	6,90	-

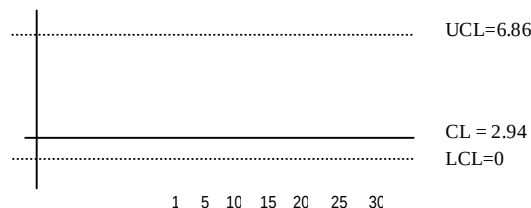
مرحله سوم: حدود کنترل طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$cl = \bar{u} = 2.94$$

$$UCL = \bar{u} + 3 \frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n}} = 2.94 + \frac{3\sqrt{2.94}}{\sqrt{n}}$$

$$LCL = \bar{u} - 3 \frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n}} = 2.94 - \frac{3\sqrt{2.94}}{\sqrt{n}}$$

مرحله چهارم: رسم نمودار



3-4. سایر نمودارهای کنترل

نمودارهای اشاره شده با توجه به آنکه اطلاعات موجود را در آخرین نقطه رسم شده مورد تجزیه و تحلیل قرار می دهند؛ وجود تغییرات کوچک در فرآیند را تقریباً در نظر نمی گیرند. در محصولات ویژه، این موضوع نقطه ضعف محسوب می شود و بهتر است از نمودارهای تکمیلی از قبیل سری های زمانی، نمودار علت و معلول، نمودارهای خطی، ستونی، دایره ای، کمر بندی و راداری، نمودار ماتریسی، نمودار برداری، روند نماها، نمودار گردش و... استفاده نمود [9].

4-4. نمودارهای تعدیلی در محموله های غیر نرمال

در فرآیند تولید برخی محصولات، با توجه به شمار اندک و همچنین محدودیت های شدید در تأمین و تهیه مواد اولیه، تجسم توزیع آماری محصولات به صورت غیر نرمال مفروض است. این موضوع در فرآیند تولید محصولات ویژه که مشخصه های محصول را در حدود خاصی نگهداری می نمایند، ملموس تر است. برای تطبیق مقادیر توزیع غیر نرمال به توزیع نرمال، دو کار اساسی لازم است انجام شود:

- الف) باید بتوان تابع توزیع تجمعی و در نتیجه نقاط درصدی را به دست آورد.
- ب) باید مقدار کلی کنترل فرآیند آماری به صورتی نوشته شود که برای هر توزیع بکار رود. برای اینکه بتوان تابع توزیع تجمعی را برای توزیع غیر نرمال به دست آورد، باید داده ها را طوری تعدیل نمود که توزیع آن نزدیک به نرمال باشد. از این رو بایستی تعریف حد بالا و پایین را

در ارتباط با توزیع تجمعی توسعه داد. حد پایین در تابع توزیع تجمعی 135,0% و حد بالا در تابع توزیع تجمعی 865,99% در نظر گرفته می شود تا حدود بالا و پائین 73,99% از جامعه آماری را پوشش دهد [9].

جدول 4. مقایسه نمودارهای کنترل.

نام نمودار کنترلی				
	R و $\bar{X}$		R و $\bar{X}$	
کاربرد	متغیرهای پیوسته (عرض، طول، ارتفاع، حجم و چگالی)	کاربرد	متغیرهای پیوسته (عرض، طول، ارتفاع، حجم و چگالی)	کاربرد
استفاده در صنایع نظامی	بسیار رایج	استفاده در صنایع نظامی	بسیار رایج	استفاده در صنایع نظامی
بازه کنترلی تغییرات خط تولید	بلندمدت	بازه کنترلی تغییرات خط تولید	بلندمدت	بازه کنترلی تغییرات خط تولید

5. نتیجه گیری

در دنیای فرا صنعتی امروز، صنایعی می توانند به حیات سودآور خود ادامه دهند که پیوسته حرف تازه ای در میدان رقابت داشته باشند. رقابت سالم نیز تابع عوامل چندگانه ای است که در رأس آن ها کیفیت قرار دارد. لذا ضروری می نماید تا صنعتگران ما تلاش خود را به منظور تولید محصولات مرغوب و باکیفیت متمرکز نمایند. در این راستا و برای کنترل کیفیت آمادی خطوط تولید پیوسته محصولات ویژه نظامی، با استفاده از طرح های بازرسی نمونه ای برای تولیدات پیوسته شامل طرح های CSP، استانداردهای 1235 و شینین می توان نمونه برداری ها را به شکل مناسبی انجام داد و جهت پایش و کنترل آماری فرآیندها نیز می توان از ابزار و نمودارهای آماری مختلف

بهره جست. البته با توجه به تجربیات به دست آمده از روند مقوله کیفیت، معلوم می شود که تنها بازرسی و روش های آماری برای تضمین و بهبود مستمر کیفیت محصول کافی نبوده و تضمین کیفیت بدون مشارکت مسئولانه و خودجوش تمام افراد سازمان به ویژه مدیران امکان پذیر نخواهد بود.

در پایان امیدواریم در این برهه از زمان که مراکز صنعتی و واحدهای تولیدی کشور ما به سمت توسعه صنعتی پیش می روند، کیفیت و به تبع آن کمیت را سرلوحه برنامه های خود قرار داده و پیشرفت خود را با اطلاعات و نوآوری جهان صنعتی هماهنگ کنند تا بتوانند به تدریج سهم مهمی از بازارهای بین المللی را کسب نمایند.

فهرست منابع

1. حمصی، امیرهومن؛ نیکومرام، هاشم و سیدمحمدی، نیما (1385). «بررسی کاربرد فرآیند کنترل آماری کیفیت در شرکت سیماچوب». *مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی*، دانشگاه آزاد.
2. نقندریان، کاظم (1380). *کنترل کیفیت*. تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
3. مهرگان، محمدرضا (1366). «کاربرد کنترل کیفیت در کارخانجات ریسندگی». *پایان نامه کارشناسی ارشد*. دانشگاه تربیت مدرس.
4. شریفی، جواد (1383). «کاربرد تکنیک‌های کنترل کیفیت آماری در شرکت پارس گالری». *پایان نامه کارشناسی ارشد*. دانشگاه تهران.
5. نورالسواء، رسول (1382). *کنترل کیفیت آماری*. تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
6. فاطمی قمی، محمدتقی (1382). *کنترل کیفیت آماری*. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
7. ایشی کاوا، کارو (1374). *داهنمای کنترل کیفیت*. ترجمه یحیی زارع مهرجردی، دانشگاه امام رضا(ع).
8. مرکز اطلاعات اصناف و مشاغل ایران (1390). *سایت تخصصی اصناف و مشاغل ایران*, (www.alljobs.ir)
9. Duncan, A. J. (1986). "Quality control and industrial statistics", 5th ed. Homewood. IL: Irwin.
10. Douglas C. Montgomery (2005). "Introduction to statistical quality control", 5th Edition, Arizona State University.
11. Peter, Phillips (2003). "Sampling Procedure Inspection by Attribute", Smti.co.uk.
12. Defiance Organization Department (2005). "Sampling Inspection Procedure and Tables MIL-STD 1235A, MIL-STD 105 D, MIIL-STD 414", DODISS.
13. Hillard Stan, (2003). "Special Inspection Level in MIL-STD 105", Sampling plan.com.