

# کنترل آماری فرآیند

به زبان ساده

(Statistical Process Control)

راهنمای آموزش و پیاده سازی

مؤلفان: دکتر مظفر قنبرزاده نیار

مهندس سید زمان حسینی

تأیید: اکرم طاهری

ویراستار: مریم حسینی

ناشر: مؤسسه آموزش عالی علامه محدث نوری (ره)

قنبرزاده نیار، مظفر، ۱۳۲۳-

کنترل آماری فرآیند به زبان ساده : راهنمای آموزش و پیاده سازی- Statistical Process Control

مولفان: مظفر قنبرزاده نیار، سیدزمان حسینی، ویراستار: مریم حسینی، - نور: موسسه آموزش عالی

علامه محدث نوری (ره)، ۱۳۸۵

۲۱۰ ص: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: ۹۶۴-۹۴۰۶۰-۳-۴

Statistical Process Control

ص.ع. به انگلیسی

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیپا.

کتابنامه: ص. ۲۰۹.

۱. کنترل فرآیندها- روشهای آماری.

الف، حسینی، سید زمان، ۱۳۵۱-.

ب. حسینی، مریم، ویراستار، ج. عنوان.

۹۶۴/۱۵۶۱/۱ ق ۹ ک ۹ Ts

۶۵۸/۵۶۲

تلفن: ۶۲۵۳۵۲۱

نور: صندوق پستی ۴۴۴۱۵-۴۵۱



انتشارات موسسه آموزش عالی غیردولتی- غیرانتفاعی علامه محدث نوری(ره)

- نام کتاب: کنترل آماری فرآیند به زبان ساده : راهنمای آموزش و پیاده سازی -

### Statistical Process Control

- مؤلفین: دکتر مظفر قنبرزاده نیار، مهندس سیدزمان حسینی
- صفحه آرای کامپیوتری: اکرم طاهری
- نوبت و سال انتشار: اول، بهار ۱۳۸۵
- شمارگان: ۳۰۰۰ نسخه
- لیتوگرافی، چاپ و صحافی: سازمان چاپ و انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
- قیمت: ۲۵۰۰۰ ریال
- حق چاپ و نشر محفوظ است.

ISBN: ۹۶۴-۹۴۰۶۰-۳-۴

شابک: ۹۶۴-۹۴۰۶۰-۳-۴

## فهرست مطالب

|    |                                          |
|----|------------------------------------------|
| ۱۵ | مقدمه                                    |
| ۱۷ | <b>* فصل اول : تعاریف و مفاهیم آماری</b> |
| ۱۹ | ۱-۱- آمار توصیفی                         |
| ۲۰ | ۲-۱- آمار استنتاجی                       |
| ۲۱ | ۳-۱- جامعه آماری                         |
| ۲۱ | ۴-۱- استدلال استقرائی                    |
| ۲۲ | ۵-۱- خلاصه کردن داده های آماری           |
| ۲۲ | ۶-۱- جداول توزیع فراوانی                 |
| ۲۵ | ۷-۱- نحوه ساختن جدول توزیع فراوانی       |
| ۳۰ | ۸-۱- نمودارهای توزیع فراوانی             |
| ۳۱ | ۱-۸-۱- نمودار میله ای                    |
| ۳۲ | ۲-۸-۱- نمودار خطی (چند ضلعی)             |
| ۳۳ | ۳-۸-۱- نمودارهای خطی چندگانه             |
| ۳۵ | ۴-۸-۱- نمودار چند ضلعی ارقام کمی         |
| ۳۶ | ۵-۸-۱- نمودار بافت نگار (هیستوگرام)      |
| ۳۷ | ۶-۸-۱- نمودار دایره ای (کلوچه ای)        |
| ۳۹ | ۹-۱- میانگین                             |
| ۴۰ | ۱۰-۱- مد (نما)                           |

- ۴۰- ۱-۱۱- میانه  
 ۴۱- ۱-۱۲- دامنه  
 ۴۱- ۱-۱۳- واریانس  
 ۴۳- ۱-۱۴- انحراف معیار (انحراف از استاندارد)  
 ۴۴- ۱-۱۵- توزیع احتمال  
 ۴۴- ۱-۱۵-۱- توزیع نرمال

### ❖ فصل دوم : مفاهیم اولیه کنترل آماری فرآیند

- ۵۱- ۲-۱- پیشگیری بهتر از درمان  
 ۵۳- ۲-۲- فرآیند و عناصر مرتبط با آن  
 ۵۵- ۲-۳- علل خاص و علل عام تغییرات  
 ۵۷- ۲-۳-۱- علل عام تغییرات  
 ۵۷- ۲-۳-۲- علل خاص تغییرات  
 ۶۰- ۲-۴- یک تفاوت مهم بین علل خاص و علل عام  
 ۶۲- ۲-۵- اقدامهای موضعی و اقدامهای سیستمی  
 ۶۲- ۲-۶- کنترل فرآیند و قابلیت فرآیند  
 ۶۳- ۲-۷- انواع نمودارهای کنترل  
 ۶۹

### ❖ فصل سوم : نمودارهای میانگین و دامنه ( $\bar{X}$ , R)

- ۷۱- ۳-۱- اندازه زیرگروه ها و تعداد آنها  
 ۷۳- ۳-۲- جمع‌آوری داده‌ها و تهیه نمودار  
 ۷۴- ۳-۳- محاسبه میانگین و دامنه هر زیرگروه  
 ۷۶

- ۷۶ ۴-۳- مقیاس محور عمودی در نمودارهای  $(\bar{X}, R)$
- ۷۷ ۵-۳- رسم نقاط حاصل از داده‌ها در نمودارهای  $(\bar{X}, R)$
- ۷۸ ۶-۳- محاسبه حدود کنترل و خط مرکزی
- ۸۰ ۷-۳- خلاصه مراحل تهیه نمودارهای کنترلی  $(\bar{X}, R)$
- ۸۰ ۸-۳- تفسیر نمودارها و بررسی کنترل فرآیند
- ۸۲ ۹-۳- تفسیر نمودار دامنه  $(R)$
- ۸۲ ۱-۹-۳- نقطه خارج از حدود کنترلی
- ۸۴ ۲-۹-۳- حداقل هفت نقطه متوالی در یک طرف خط مرکزی
- ۸۶ ۳-۹-۳- هفت نقطه متوالی صعودی یا نزولی
- ۸۸ ۴-۹-۳- پراکندگی غیر تصادفی نقاط در داخل حدود کنترلی
- ۹۰ ۵-۹-۳- نقاط غیر تصادفی دیگر
- ۹۰ ۱۰-۳- حذف نقاط خارج از کنترل در نمودار دامنه  $(R)$
- ۹۳ ۱۱-۳- محاسبه مجدد حدود کنترلی و خط مرکزی در هر دو نمودار  $\bar{X}, R$
- ۹۴ ۱۲-۳- تفسیر نمودار میانگین  $(\bar{X})$
- ۹۴ ۱۳-۳- حذف نقاط خارج از کنترل در نمودار  $(\bar{X})$
- ۹۵ ۱۴-۳- محاسبه مجدد حدود کنترلی و خط مرکزی در هر دو نمودار  $\bar{X}, R$
- ۹۵ ۱۵-۳- قابلیت فرآیند (توانایی فرآیند)
- ۹۷ ۱۶-۳- مفهوم قابلیت فرآیند
- ۱۰۰ ۱۷-۳- انحراف معیار فرآیند
- ۱۰۰ ۱۸-۳- برآورد تعداد خروجی در خارج از حدود مشخصه
- ۱۰۳ ۱۹-۳- انواع شاخص‌های قابلیت فرآیند
- ۱۰۳ ۱-۱۹-۳- شاخص قابلیت فرآیند  $(C_p)$
- ۱۰۵ ۲-۱۹-۳- شاخص قابلیت بالائی  $(C_{pu})$
- ۱۰۵ ۳-۱۹-۳- شاخص قابلیت پائینی  $(C_{pl})$

- ۱۰۶ ۳-۱۹-۴- شاخص قابلیت فرآیند ( $C_{pk}$ )
- ۱۰۷ ۳-۱۹-۵- نسبت قابلیت فرآیند (CR)
- ۱۰۷ ۳-۲۰- مطالب تکمیلی در خصوص قابلیت فرآیند
- ۱۱۰ ۳-۲۱- تمرین

### ❖ فصل چهارم: نمودارهای میانگین و انحراف معیار ( $\bar{X}, S$ )

- ۱۱۹ ۴-۱- رابطه ریاضی محاسبه انحراف معیار نمونه ( $S$ )
- ۱۲۰ ۴-۲- نمونه برگه رسم نمودارهای کنترلی ( $\bar{X}, S$ )
- ۱۲۲ ۴-۳- محاسبه حدود کنترلی
- ۱۲۳ ۴-۴- کنترل فرآیند
- ۱۲۳ ۴-۵- انحراف معیار فرآیند
- ۱۲۴ ۴-۶- انواع شاخص های عملکرد (کارائی) فرآیند
- ۱۲۵ ۴-۶-۱- شاخص عملکرد (کارائی) فرآیند ( $P_p$ )
- ۱۲۵ ۴-۶-۲- شاخص عملکرد بالائی (PPU)
- ۱۲۵ ۴-۶-۳- شاخص عملکرد پائینی (PPL)
- ۱۲۶ ۴-۶-۴- شاخص عملکرد (کارائی) فرآیند ( $P_{pk}$ )
- ۱۲۶ ۴-۶-۵- نسبت عملکرد فرآیند (PR)
- ۱۲۶ ۴-۷- تمرین

### ❖ فصل پنجم: نمودارهای میانه و دامنه ( $\bar{X}, R$ )

- ۱۳۱ ۵-۱- محاسبه حدود کنترلی
- ۱۳۶ ۵-۲- کنترل فرآیند

- ۱۳۶ ۳-۵- انحراف معیار فرآیند
- ۱۳۷ ۴-۵- قابلیت فرآیند
- ۱۳۷ ۱-۴-۵- شاخص قابلیت فرآیند ( $C_p$ )
- ۱۳۷ ۲-۴-۵- شاخص قابلیت بالائی (CPU)
- ۱۳۷ ۳-۴-۵- شاخص قابلیت پائینی (CPL)
- ۱۳۸ ۴-۴-۵- شاخص قابلیت فرآیند ( $C_{pk}$ )
- ۱۳۸ ۵-۴-۵- نسبت قابلیت فرآیند (CR)
- ۱۳۸ ۵-۵- تمرین

### \* فصل ششم: نمودار منفردها و دامنه متحرک (X - MR)

- ۱۴۵ ۱-۶- محاسبه حدود کنترل و خط مرکزی
- ۱۴۹ ۲-۶- کنترل فرآیند
- ۱۵۰ ۳-۶- انحراف معیار فرآیند
- ۱۵۰ ۴-۶- قابلیت فرآیند
- ۱۵۱ ۱-۴-۶- شاخص قابلیت فرآیند ( $C_p$ )
- ۱۵۱ ۲-۴-۶- شاخص قابلیت بالائی (CPU)
- ۱۵۱ ۳-۴-۶- شاخص قابلیت پائینی (CPL)
- ۱۵۱ ۴-۴-۶- شاخص قابلیت فرآیند ( $C_{pk}$ )
- ۱۵۲ ۵-۴-۶- نسبت قابلیت فرآیند (CR)
- ۱۵۲ ۵-۶- تمرین

### \* فصل هفتم : نمودار نسبت اقلام نامنطبق (p)

- ۱۵۷  
۱۶۰ ۱-۷- اندازه زیر گروه  
۱۶۰ ۲-۷- فراوانی زیر گروه  
۱۶۰ ۳-۷- تعداد زیر گروه  
۱۶۰ ۴-۷- محاسبه نسبت اقلام نامنطبق در هر زیر گروه (p)  
۱۶۱ ۵-۷- ترسیم نقاط محاسبه شده در روی نمودار  
۱۶۱ ۶-۷- محاسبه خط مرکزی و حدود کنترلی و ترسیم آنها  
۱۶۲ ۷-۷- تفسیر نمودار و بررسی کنترل فرآیند  
۱۶۳ ۱-۷-۷- نقطه خارج از حدود کنترل  
۱۶۴ ۲-۷-۷- الگوها و روندهای خاص در داخل حدود کنترلی  
۱۶۴ ۱-۲-۷-۷- جهش های طویل  
۱۶۶ ۲-۲-۷-۷- پراکندگی غیر تصادفی نقاط  
۱۶۸ ۸-۷- حذف نقاط خارج از کنترل  
۱۶۹ ۹-۷- محاسبه مجدد حدود کنترلی و خط مرکزی  
۱۶۹ ۱۰-۷- قابلیت فرآیند  
۱۷۰ ۱۱-۷- توسعه نمودار و کاربردی نمودن آن  
۱۷۰ ۱۲-۷- تمرین

### \* فصل هشتم : نمودار تعداد اقلام نامنطبق (np)

- ۱۷۵  
۱۷۸ ۱-۸- محاسبه حدود کنترلی و خط مرکزی  
۱۷۹ ۲-۸- کنترل فرآیند

- ۱۷۹ ۳-۸- قابلیت فرآیند  
۱۷۹ ۴-۸- تمرین

### \* فصل نهم: نمودار تعداد عدم تطابق ها (c)

- ۱۸۳ ۱-۹- محاسبه خط مرکزی و حدود کنترلی  
۱۸۶ ۲-۹- کنترل فرآیند  
۱۸۷ ۳-۹- قابلیت فرآیند  
۱۸۸ ۴-۹- تمرین

### \* فصل دهم: نمودار تعداد عدم تطابق ها در واحد (u)

- ۱۹۱ ۱-۱۰- محاسبه خط مرکزی و حدود کنترلی  
۱۹۳ ۲-۱۰- کنترل فرآیند  
۱۹۵ ۳-۱۰- قابلیت فرآیند  
۱۹۶ ۴-۱۰- تمرین

### \* فصل یازدهم: راهنمای پیاده سازی و اجرای SPC

- ۱۹۹ ۱-۱۱- توجیه مدیریت  
۲۰۱ ۲-۱۱- تشکیل کمیته راهبری  
۲۰۲ ۳-۱۱- آموزش  
۲۰۳ ۴-۱۱- تشکیل کمیته‌های اجرایی  
۲۰۴ ۵-۱۱- تعیین مشخصه‌های قابل کنترل در فرآیند

- ۱۱-۶- تهیه نمودارهای پایه برای هریک از مشخصه‌ها ۲۰۴
- ۱۱-۷- توسعه نمودارهای پایه برای کنترل آتی فرایند ۲۰۵
- ۱۱-۸- انجام عملیات کنترل جاری با استفاده از نمودارهای پایه تصویب شده ۲۰۵
- ۲۰۷

**ضمیمه A:** سطح زیر منحنی توزیع نرمال استاندارد

۲۰۹

منابع

## مقدمه

با توجه به رشد روزافزون صنعت و تکنولوژی و به تبع آن، ارائه خدمات و محصولات تولیدی متنوع‌تر و با کمیت و کیفیت بیشتر به بازار، مسأله رقابت بین تولیدکنندگان و ارائه‌دهندگان کالا و خدمات، بصورت جدی مطرح شده است. در چنین بازاری، عرضه‌کنندگانی می‌توانند موفق‌تر باشند، که کالا و خدمات خروجی از سازمان آنها، دارای کیفیت بالاتر و با قیمت مناسب‌تر از دیگران وارد بازار مصرف شود. موفقیت در چنین رقابتی مستلزم داشتن سیستم‌های جدید کنترل کیفی و استفاده بهینه از فرصت‌ها و منابع در دسترس می‌باشد. مبحث کنترل آماری فرآیند، دروازه‌ای است به سوی کنترل یک فرآیند خدماتی یا تولیدی با روشهای آماری، که در آن، دیدگاه بازرسی صددردصد کالا و خدمات در انتهای خط تولید کاملاً منسوخ شده و به جای آن، روشهای نمونه‌گیری با برنامه ریزی صحیح و از پیش تعیین شده، جایگزین شده است. نمودارهای کنترلی با داشتن حدود بالا و پایین جهت کنترل مشخصه مورد نظر، طراحی شده است که از آنها برای معاینه و بازرسی فرآیند استفاده می‌شود. این نمودارها کاملاً مشابه دستگاهی هستند که در بیمارستانها، نوسان ضربان قلب بیمار را نشان می‌دهند و با بروز کوچکترین علائم غیرعادی در بیمار، نوسان ضربان قلب از حالت عادی خود خارج شده و پزشک به راحتی می‌تواند متوجه آن شده و چاره‌ای بیندیشد. در فرآیندهای تولیدی یا خدماتی نیز، نمودارهای کنترلی، همان نقش را بازی می‌کنند و با استفاده از آنها می‌توان در هر لحظه،

ضربان قلب فرآیند را دید و شنید و به محض بروز اختلال در فرآیند، می‌توان این نابسامانی را فوراً شناسایی کرده و چاره‌ای اندیشید.

این کتاب بطور کاملاً ساده، از ابتدا مسائل آماری و روشهای کنترلی فرآیند را تشریح کرده و خواننده را با ابزارها و روشهای آماری جهت کنترل فرآیند آشنا می‌کند. در فصل اول، تعاریف و مفاهیم اولیه آماری، ارائه شده که در آن، اصطلاحات و عباراتی که در فصول بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرند بصورت ساده، تشریح شده‌اند. در فصل دوم، مفاهیم اولیه کنترل آماری فرآیند ارائه شده که صرفنظر از نوع مشخصه کنترلی و نوع نمودار، در کلیه فرایندها وجود داشته و از این مفاهیم در فصول بعدی استفاده شده است. فصول سوم تا دهم به تشریح هشت نوع نمودار کنترلی خواهد پرداخت که چهار نمودار اول، مربوط به کنترل مشخصه‌های کمی (متغیر) و چهار نمودار دوم مربوط به کنترل مشخصه‌های وصفی هستند. فصل یازدهم نیز به راهنمای پیاده سازی و اجرای SPC (کنترل آماری فرآیند) می‌پردازد و در آن توصیه‌هایی جهت پیاده سازی SPC در سازمانها ارائه شده است.

در پایان، امیدواریم که این کتاب، مورد استفاده کارشناسان، مدیران، دانشجویان و همه دست اندرکاران صنایع و سازمانهای خدماتی قرار گرفته و به رشد و شکوفائی صنایع کشور و ارتقاء کیفیت محصولات تولیدی و خدمات ارائه شده، کمک نماید. لذا از همه خوانندگان محترم، تقاضا داریم نظرات و پیشنهادات خود را در خصوص این کتاب به نشانی ناشر ارسال نمایند.

دکتر مظفر قنبرزاده نیار      مهندس سید زمان حسینی

مؤسسه آموزش عالی علامه محدث نوری (ره)