۱۲۴
ف ف ۷۸

بسم الله الرحمن الرحيم

۱۱۱۸۷۸

وزارت فرهنگ و آموزش عالی

دانشگاه علوم و فنون مازندران

پایان نامه

مقطع کارشناسی ارشد

رشته: مهندسی صنایع-مهندسی

عنوان: نمودار کنترل ترکیبی $CUSUM - Shewhart\ (\bar{x}, s)$

استاتید راهنما:

دکتر ایرج مهدوی

دکتر نیکبخش جوادیان

مرکز اطلاعات علمی دانشگاه مازندران

استاد مشاور:

دکتر علیرضا ارشدی خمسه

نگارنده:

فرهنگ سلیمانی قرخلو

۱۳۸۸ /۲/ -۵

زمستان ۱۳۸۵

۱۱۱۸۷۸

تشكر و قدرداني

بر خود وظيفه مي‌دانم كه از زحمات بيدريغ اساتيد راهنما، جناب آقاي دكتر ايرج مهدوي و جناب آقاي دكتر نيكبخش جوادیان تشكر و قدرداني نمايم؛ چرا كه هميشه رهنمودهاي اين عزيزان گره گشاي مشكلات در اين امر مهم بوده است.

از جناب آقاي دكتر عليرضا ارشدي خمسه به جهت ارائه مشاوره سودمند و جناب آقاي دكتر رسول نورالسناء كه با مطالعه و راهنمايي مفيدشان در مقام داوري پايان‌نامه، حق بزرگي بر گردن من نهادند، سپاسگزارم.

و در نهايت از دستهاي زحمت‌كش و پنهاني كه بدون هيچ چشمداشتي بار سنگيني از دوش من برداشتند، متشكرم، منجمله مسئولين سايت صنايع سركار خانم نريمان و سركار خانم مهندس حديقي كه در برگزاري جلسه دفاع رساله‌ام كمك شاياني به من داشتند و نيز تمام دوستاني كه در جلسه دفاع پايان‌نامه‌ام حضور يافتند و بنده را مورد لطف و محبت خود قرار دادند.

تقدیم به

پدرم که با مهرباني دستانش نامهرباني ها

را از وجودم تفکیك کرد و

تقدیم به

چشمان نگران مادرم که در سنگین ترین

سکوت، زیباترین و آرامترین موسیقي را

در گوش جانم نواخت.

چکیده:

نمودارهای کنترلی جمع تجمعی (CUSUM) به خاطر حساسیت نسبت به تغییرات کوچک ایجاد شده در کاراکترهای کیفیتی فرآیند شناخته شده‌اند. طراحی این نمودارهای کنترلی بر اساس جمع تجمعی سریهای آماره ای است که از داده ها مشتق می‌شوند. برای نشان دادن تغییرات میانگین و واریانس بطور یکسان و جامع، نمودار کنترلی جمع تجمعی- شوهارت $(\bar{x},s)$ بر اساس یک آماره و برای کاراکترهای توزیع نرمال پیشنهاد شد. اثبات شد که نمودار ترکیبی پیشنهادی با کمترین مقدار متوسط طول دنباله(ARL) نسبت به دیگر نمودارهای کنترلی از جمله $\mathrm{CUSUM}(\bar{x},s)$، EWMA و $\mathrm{Standard}(\bar{x},s)$ حالت خارج از کنترل را تشخیص می‌دهد.

Abstract

The cumulative sum (CUSUM) control chart is known to be sensitive to slight changes in the process quality characteristics. The design of this control chart is based on a series of cumulative sums of the statistic derived from the data. To monitor both changes of the mean and variance simultaneously and comprehensively, we propose a combined CUSUM-Shewhart $(\bar{x}, s)$ control chart based on a single statistic for normally distributed characteristics. It has been demonstrated that the proposed combined chart detects the out-of-control state with smaller average run length (ARL) as compared to other charts like CUSUM $(\bar{x}, s)$. omnibus EWMA, and the standard $(\bar{x}, s)$ control chart

فهرست رئوس مطالب

عنوان ..... صفحه

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱) اهمیت کنترل کیفیت ۲

۱-۲) روش آماری کنترل کیفیت ۳

۱-۳) توجیه استفاده از نمودارهای مختلف ۴

۱-۴) فرضیات مساله ۵

۱-۵) تعریف مساله ۵

۱-۶) تبیین کلیات مباحث ۶

فصل دوم: موضوع و تاریخچه تحقیق ۸

۲-۱) تاریخچه کنترل کیفیت ۹

۲-۲) تحقیقات انجام شده ۱۰

۲-۳) هدف از انجام پروژه ۱۳

فصل سوم:نمودارهای کنترلی شوهارت و جمع تجمعی ۱۴

۳-۱) تعریف کیفیت، کنترل، کنترل کیفیت ۱۵

۳-۱-۱) تعریف کیفیت ۱۵

۳-۱-۲) تعریف کنترل ۱۵

۳-۱-۳) تعریف کنترل کیفیت ۱۵

۳-۲) کنترل فرآیند آماری ۱۶

۳-۲-۱) اهمیت روشهای آماری ۱۶

۳-۲-۲) ابزار کنترل فرآیند آماری ۱۷

۳-۳) نقش انحرافات تصادفی و بادلیل در تغییرپذیری کیفیت ۱۸

۳-۴) حدود کنترل ۲۰

۳-۵) مراحل تهیه نمودارهای کنترل ۲۲

۳-۶) تعیین خط مرکزی و حدود کنترل ۲۳

۳-۷) دلایل استفاده از نمودارهای کنترل ۲۴

۳-۸) نمودارهای کنترل برای متغیرها ۲۶

۳-۹) اصول آماری نمودارهای کنترل ۲۷

۳-۱۰) نمودارهای کنترلی متداول ۳۷

۳-۱۰-۱) تهیه و استفاده از نمودارهای $\bar{x}$ و R ۳۷

۳-۱۰-۲) نمودار تلرانس ۴۴

۳-۱۰-۳) نمودارهای کنترل بر اساس مقادیر معلوم μ و σ ۴۹

۳-۱۰-۴) نمودارهای کنترل $\bar{x}$ و s ۵۰

۳-۱۰-۵) نمودارهای کنترل $\bar{x}$ و s با اندازه‌ی نمونه‌ی متغیر ۵۴

۳-۱۰-۶) نمودار کنترل s^2 ..... ۵۴

۳-۱۰-۷) نمودار کنترل برای روند ۵۶

۳-۱۱) حدود کنترل اصلاح شده برای نمودار $\bar{x}$ ۵۹

۳-۱۲) نمودار کنترل CUSUM ۶۲

۳-۱۲-۱) اصول اساسی نمودار جمع تجمعی برای میانگین نمونه‌ها ۶۲

۳-۱۲-۲) جمع تجمعی یک طرفه ۷۳

۳-۱۲-۳) CUSUM جدولی ۷۵

۳-۱۳) بهبود واکنش نسبت به تغییرات بزرگ در نمودار کنترل جمع تجمعی ۸۰

فصل چهارم: نمودار کنترلی ترکیبی CUSUM-Shewhart $(\bar{x},s)$ ۸۲

۴-۱) مقدمه ۸۳

۴-۲) نمودار کنترلی CUSUM-Shewhart $(\bar{x},s)$ ۸۵

۴-۲-۱) نمودار کنترلی CUSUM $(\bar{x},s)$ ۸۵

۴-۲-۲) نمودار کنترلی ترکیبی ۹۱

۴-۳) متوسط طول دنباله (ARL) ۹۴

۴-۳-۱) نحوه طراحی آماره‌ی نمودار کنترلی CUSUM ۹۵

۴-۳-۲) نحوه طراحی آماره‌ی نمودار کنترلی EWMA ۹۷

۴-۳-۳) نحوه طراحی آماره‌ی نمودار کنترلی Shewhart ۹۸

۴-۳) توزیع طول دنباله ۱۰۰

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهاد ۱۰۹

۵-۱) نتیجه‌گیری ۱۱۰

۵-۲) پیشنهاد ۱۱۱

پیوست ۱۱۲

مراجع ۱۱۴

فهرست جداول

عنوان ..... صفحه

جدول (۳-۱): کارآیی نسبی روش دامنه‌ی تغییرات به s^2، بازاء مقادیر مختلف اندازه نمونه ۳۳

جدول (۳-۲) :اندازه‌های قطر رینگ پیستون ۳۸

جدول (۳-۳): اندازه‌های قطر رینگ پیستون ۴۳

جدول (۳-۴): وزن قوطی‌های پر شده ۴۶

جدول (۳-۵): محاسبات حداقل مربعات برای خط روند ۵۷

جدول (۳-۶): داده‌های مربوط به مثال جمع تجمعی ۶۳

جدول (۳-۷): غلظت الکترولیز نیکل در فرآیند آبکاری کروم؛ هر روز سه شیفت برای ۲۵ روز ۷۱

جدول(۳-۸): محاسبات CUSUM جدولی برای داده‌های غلظت الکترولیز نیکل جدول (۳-۷) ۷۸-۷۷

جدول(۴-۱): مقایسه‌ی متوسط طول دنباله‌ی نمودار کنترلی پیشنهادی با برخی از نمودارهای دیگر ۱۰۵

جدول(۴-۲): مقایسه‌ی متوسط طول دنباله‌ی نمودار کنترلی پیشنهادی با برخی از نمودارهای دیگر ۱۰۵

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان ..... صفحه

شکل (۳-۱): تغییرات تصادفی و غیر تصادفی کاراکترهای کیفیتی فرآیند..... ۱۹

شکل (۳-۲) : نمونه نمودار کنترل برای میانگین‌ها..... ۲۱

شکل (۳-۳) : فلوچارت بهبود فرآیند با استفاده از نمودار کنترل..... ۲۶

شکل (۳-۴): لزوم کنترل میانگین و تغییرپذیری فرآیند ۲۷

شکل (۳-۵): یک نمودار کنترل..... ۲۸

شکل (۳-۶): چگونگی عملکرد یک نمودار کنترل ۳۰

شکل (۳-۷) : نمودار R..... ۳۹

شکل (۳-۸): نمودار کنترل $\bar{x}$ برای قطر رینگ پیستون ۴۰

شکل (۳-۹): توزیع فرآیند و شاخص قابلیت فرآیند $C_p > 1$..... ۴۲

شکل (۳-۱۰): ادامه نمودارهای $\bar{x}$ و R ۴۴

شکل (۳-۱۱): نمودار مشاهدات انفرادی..... ۴۵

شکل (۳-۱۲):نمودار کنترل R برای اندازه‌های جدول (۳-۴)..... ۴۷

شکل (۳-۱۳): نمودار کنترل $\bar{x}$ برای اندازه‌های جدول (۳-۴) ۴۸

شکل (۳-۱۴): نمودار مخصوص روند ۵۶

شکل (۳-۱۵): یک فرآیند با حدود تلرانس طبیعی و شرط $6\sigma < USL - LSL$ ۵۹

شکل (۳-۱۶): حدود کنترل بر روی یک نمودار کنترل اصلاح شده..... ۶۰

شکل (۳-۱۷) نمودار کنترل شوهارت برای داده‌های جدول (۳-۶) ۶۲

شکل (۳-۱۸): مقادیر جمع تجمعی مربوط به ستون (c) جدول (۳-۶)..... ۶۶

شکل (۳-۱۹): نمودار کنترل جمع تجمعی ۶۷

شکل (۳-۲۰): نمودار CUSUM داده‌های جدول (۳-۷) با ماسک V در زیر گروه ۳۵ ..... ۷۱

شکل (۳-۲۱): نمودار CUSUM داده‌های جدول (۳-۷) با ماسک V در زیر گروه ۴۹ ..... ۷۲

شکل (۳-۲۲): یک نمودار وضعیت جمع تجمعی ۷۹

شکل (۳-۲۳): یک ماسک V تعدیل شده برای نمودار کنترل جمع تجمعی ۸۰

شکل (۴-۱): پوشش ABC در نمودار کنترلی جمع تجمعی بوسیله استفاده از تفاوت بین تغییرات آماره‌ی λ_m حالات تحت کنترل و خارج از کنترل ۹۰

شکل (۴-۲): نمودار روند با حدود کنترلی بالا و پایین و خط مرکزی ۹۳

شکل (۴-۳): نمودار کنترلی ترکیبی پیشنهادی $CUSUM-Shewhart(\bar{x},S)$ در یک سطح هماهنگ $X-Y$ ۹۴

شکل (۴-۴): مقادیر مقایسه‌ای متوسط طول دنباله در حالت تحت کنترل برای نمودارهای $CUSUM-Shewhart(\bar{x},S)$ و $CUSUM(\bar{x},S)$ ۱۰۷

شکل (۴-۵): مقادیر مقایسه‌ای متوسط طول دنباله در حالت تحت کنترل برای نمودارهای $CUSUM-Shewhart(\bar{x},S)$ و $EWMA$ با پارامترهای $(\alpha=0.5,s=1)(r=0.05,L=1.920)$ ۱۰۷

شکل (۴-۶): مقادیر مقایسه‌ای متوسط طول دنباله در حالت تحت کنترل برای نمودارهای $CUSUM-Shewhart(\bar{x},s)$ و $Standard(\bar{x},s)$ ۱۰۸

شکل (۴-۷): مقادیر مقایسه‌ای متوسط طول دنباله در حالت تحت کنترل برای نمودارهای $CUSUM-Shewhart(\bar{x},S)$ و $EWMA$ با پارامترهای $(\alpha=2,s=1)(r=0.05,L=2.125)$ ۱۰۸

فصل اول

مقدمه و تعریف مسأله

۱-۱) اهمیت کنترل کیفیت

فرآیند تولید به ترکیبی از ماشینها، مواد و افراد اطلاق می‌شود که برای تولید یک محصول با کیفیت مطلوب بکار گرفته می‌شوند. کنترل به معنی اتخاذ تدابیر لازم، به منظور ایجاد و نگهداری مشخصات و استانداردها می‌باشد. با کنترل می‌توان تغییرات نامطلوب را کشف کرد، علل این تغییرات را شناسایی نمود و جهت حذف این علل اقدام بعمل آورد.

در جهان اطراف ما دو محصول و یا دو کار کاملاً مشابه وجود ندارد، هر چند که ساخت محصول و یا انجام کار توسط یک فرد یا افراد مختلف باشد. اگر مجموعه قطعات مشابهی که توسط یک کارگر و با استفاده از یک ماشین دقیق ساخته می‌شوند را بررسی کنیم، اختلاف مشخصی بین قطعات مشاهده می‌کنیم. این اختلاف ممکن است ناشی از عوامل متعدد مانند مواد اولیه مصرف شده، وضعیت روحی و جسمی کارگران و ... باشد.

بهترین کاری که یک سازنده در مورد محصول خود می‌تواند انجام دهد شناسایی علل تغییرات محصول خود و برقراری ضوابطی جهت کنترل عوامل موثر در تغییرات و حفظ این تغییرات در محدوده مناسب است. حذف کامل تغییرات در تولید، معمولاً امکان‌پذیر نیست و در صورت انجام، از نظر اقتصادی، مقرون به صرفه نمی‌باشد. از این رو، سازنده محصول باید توجه خود را به محصولی معطوف کند، که هر چند عاری از نقص نمی‌باشد، ولی قابل قبول بوده و از نظر آماری تغییرات آن قابل پیش‌بینی است و در نتیجه اهمیت کنترل کیفیت روشن می‌شود.

استفاده از کنترل کیفیت ما را از تغییرات ناگهانی و جزئی در کیفیت محصول آگاه ساخته و اجرای اقدامات چاره‌جویانه را امکان‌پذیر می‌سازد؛ و از تولید محصولات دورریز و تحمیل هزینه‌های سنگین جلوگیری می‌کند.

۱-۲) روش آماری کنترل کیفیت

موثرترین راهی که تاکنون برای کنترل کیفیت محصولات ارائه شده است، روشهای آماری می‌باشد. با روشهای آماری می‌توان تصویری از وضعیت کل تولید بدست آورد. با توجه به اینکه تغییرپذیری، یک پدیده دائمی و جزء لاینفک محصولات است، و مشخصه کیفی هر محصول تغییر می‌کند؛ روشهای آماری موثرترین وسیله بررسی و کنترل این تغییرات می‌باشد. مادامی که از مواد، افراد، روشها و ماشین‌ها برای تولید استفاده می‌شود، مشکل تغییر کیفیت وجود خواهد داشت، و تا زمانی که این مشکل وجود داشته باشد، روشهای آماری کنترل کیفیت نیز نیاز خواهد بود.

یکی از این روشهای آماری کنترل کیفیت، استفاده از نمودارهای کنترلی می‌باشد. نمودار کنترل، نموداری است که با آن اطلاعات بدست آمده از عملکرد فرآیند تولید با حدود کنترل رسم شده بر روی نمودار مقایسه می‌شود. اطلاعات مربوط به عملکرد فرآیند تولید، معمولاً از گروههایی از اندازه‌ها می‌باشند که به ترتیب تولیدبدست می‌آید.

بیشترین استفاده از نمودارهای کنترل جهت کشف انحرافات بادلیل در فرآیند تولید است. انحرافات بادلیل را می‌توان کشف کرد و حذف آنها معمولاً از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر است. اگر انحراف بادلیل وجود داشته باشد، فرآیند تولید کار خود را به بهترین وجه انجام نمی‌دهد. قرار گرفتن یک نقطه خارج از حدود کنترل معمولاً به معنی انحراف بادلیل است، و فرآیند باید مورد بررسی دقیق قرار گرفته و تصحیح لازم بعمل آید.

حالت ایده‌آل آن است که در یک فرآیند تولید، تنها انحرافات تصادفی وجود داشته باشد[1]، زیرا این حالت کمترین مقدار تغییرات را نشان می‌دهد. با استفاده از حدود کنترل می‌توان انحرافات بادلیل را از انحرافات تصادفی جدا کرد. حدود کنترل با استفاده از قوانین احتمال به گونه‌ای محاسبه می‌شود که در عمل، خارج شدن یک مشاهده از حدود کنترل به معنی وارد شدن یک انحراف بادلیل در فرآیند باشد؛ تغییرات در داخل حدود کنترل، معمولاً بدین معنی است که تنها انحرافات تصادفی وجود دارد.

[1] به فرآیندی که بدون انحراف بادلیل باشد فرآیند تحت کنترل آماری و یا بطور خلاصه " تحت کنترل " گفته می‌شود.

نمودارهای کنترل، فنون اثبات شده برای بهبود کارائی فرآیند می‌باشند. استفاده صحیح از نمودارهای کنترل باعث کاهش ضایعات و دوباره کاریها می‌شود. اگر ضایعات و دوباره کاریها کاهش یابند، کارائی فرآیند افزایش یافته، هزینه‌ها کاهش پیدا می‌کند و ظرفیت تولید (بر حسب تعداد قطعات خوب در ساعت) افزایش می‌یابد. علاوه بر این نمودارهای کنترل بطور موثر از تولید اقلام معیوب و تنظیم‌های غیر ضروری فرآیند جلوگیری می‌کنند، اطلاعات مؤثری را برای تنظیم صحیح فرآیند بدست می‌دهند، و همچنین اطلاعاتی را در زمینه کارائی فرآیند آشکار می‌سازند.

۱-۳) توجیه استفاده از نمودارهای مختلف

برای کنترل فرآیند انواع مختلفی از نمودارهای کنترلی مانند نمودارهای کنترلی شوهارت[۱]، نمودارهای کنترلی جمع تجمعی[۲]، نمودارهای کنترلی میانگین متحرک موزون[۳] و ... وجود دارند. نمودارهای کنترلی جمع تجمعی به خاطر حساسیت در تشخیص تغییرات جزئی کاراکترهای کیفیتی فرآیند شناخته شده‌اند. طراحی این گونه از نمودارهای کنترلی بر اساس سریهایی از جمع تجمعی آماره‌ای که از داده‌ها بدست می‌آید، می‌باشد. نمودارهای کنترلی شوهارت به منظور تشخیص تغییرات بزرگ کاراکترهای کیفیتی فرآیند قابل استفاده‌اند.

از مسائل عمده، انتخاب یکی از نمودارهای کنترلی برای کنترل فرآیندهای تولیدی می‌باشد، بدین معنی، که لزوماً مقدار تغییر در کاراکترهای فرآیند را نمی‌توان از قبل تعیین کرد. بنابراین روشی لازم است که با آن به آسانی بتوان هم تغییرات کوچک و هم تغییرات بزرگ را کشف کرد. چنین روشی برای اولین بار توسط Lucas [۷] ابداع شد، که ترکیب توأم شوهارت-کیوسام نامیده شد.

---

[۱] **Shewhart Control Chart**

[۲] **Cumulative Sum (CUSUM) Control Chart (CSCC)**

[۳] **Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)**

۱-۴) فرضیات مساله

اکثر پدیده‌های طبیعی را می‌توان با توزیع نرمال توصیف کرد. سطح زیر منحنی نرمال ۱/۰ می‌باشد، و این به معنی آن است که منحنی ۱۰۰ درصد مقادیر متغیری را که توصیف می‌کند، در بر می‌گیرد. در تعیین قسمتهای سطح زیر منحنی نرمال از انحراف استاندارد استفاده می‌شود. میانگین جامعه با μ و مقیاس انحراف استاندارد داده‌ها از میانگین با σ مشخص می‌شود. میانگین μ و انحراف استاندارد σ، پارامترهای جامعه هستند.

بنابراین برای کنترل فرآیندهایی که کاراکترهای کیفیتی آنها از توزیع نرمال پیروی می‌کند، استفاده از نمودارهایی که بتواند، هر دو پارامتر توزیع نرمال (μ و σ) را کنترل کند، بسیار حائز اهمیت است.

کاراکترهای کیفیتی مورد مطالعه در این بحث، در حالت تحت کنترل از توزیع نرمال با میانگین μ_0 و انحراف معیار σ_0 ($N\left(\mu_0, \sigma_0^2\right)$)، پیروی می‌کنند؛ و توزیع فرآیند در حالت خارج از کنترل را توزیع نرمال با میانگین μ_1 و انحراف معیار σ_1 ($N\left(\mu_1, \sigma_1^2\right)$)، در نظر خواهیم گرفت.

۱-۵) تعریف مساله

در این بحث نمودار کنترلی ترکیبی CUSUM-Shewhart $(\bar{x}, s)$ پیشنهاد شده است، که بوسیله آن می‌توان تغییرات همزمان و جامع پارامترهای توزیع نرمال را بر اساس یک آماره نشان داد. این نمودار ترکیبی علاوه بر نشان دادن همزمان تغییرات ایجاد شده در میانگین و واریانس توزیع نرمال، توانایی تشخیص تغییرات بزرگ و کوچک ایجاد شده در کاراکترهای کیفیتی فرآیند را نیز دارد. نشان داده می‌شود که نمودار کنترلی ترکیبی پیشنهاد شده، قادر به تشخیص حالت خارج از کنترل، با متوسط طول دنباله (ARL[1]) کمتری در قیاس با نمودارهای کنترلی دیگر از جمله $(\bar{x}, s)$ CUSUM، omnibus EWMA و $(\bar{x}, s)$ standard می‌باشد.

[1] **Average Run Length**

۱-۶) تبیین کلیات مباحث

در این بخش کلیات مباحث این تحقیق، که در چهار فصل آتی مورد بحث قرار می‌گیرند، بیان می‌شود.

✓ در فصل دوم ابتدا تاریخچه کنترل کیفیت بیان می‌شود. سپس به کارها و مقالات مرتبط اشاره شده، و درنهایت هدف از انجام پروژه عنوان خواهد شد.

✓ در فصل سوم به اصول کلی نمودارهای کنترلی شوهارت و جمع تجمعی اشاره می‌شود. در ابتدای این فصل تعاریفی از کنترل، کیفیت و کنترل کیفیت آورده شده، سپس اهمیت روشهای آماری و ابزار کنترل فرآیند آماری عنوان می‌شود.

توضیحی در زمینه نقش انحرافات تصادفی و بادلیل در تغییرپذیری کیفیت، حدود کنترل، مراحل تهیه نمودارهای کنترلی، تعیین خط مرکزی و حدود کنترل، دلایل استفاده از نمودارهای کنترل، نمودارهای کنترل برای متغیرها و اصول آماری نمودارهای کنترل در گامهای بعدی آورده می‌شود.

سپس نمودارهای کنترلی متداول مانند نمودارهای $\bar{x}$ و R، نمودار تلرانس، نمودارهای کنترل بر اساس مقادیر معلوم μ و σ، نمودارهای کنترل $\bar{x}$ و s با اندازه نمونه‌های ثابت و متغیر، نمودار کنترل s^2 و نمودار کنترل برای روند مورد بحث قرار می‌گیرند.

اصول اساسی نمودار جمع تجمعی برای میانگین نمونه‌ها، جمع تجمعی یک طرفه و نیز CUSUM جدولی در قدم بعدی عنوان خواهند شد. و در نهایت راهکارهایی در جهت بهبود واکنش نسبت به تغییرات بزرگ در نمودارهای کنترلی جمع تجمعی بیان خواهد شد.

✓ در فصل چهارم، طراحی نمودار کنترلی CUSUM-Shewhart$(\bar{x},s)$ با استفاده از ترکیب نمودار کنترلی CUSUM$(\bar{x},s)$ و نوع خاصی از نمودار کنترلی شوهارت مورد بحث قرار

می‌گیرد. همچنین در این فصل از متوسط طول دنباله (ARL)، به عنوان معیاری جهت مقایسه‌ی کارایی نمودار کنترلی پیشنهادی و نمودارهای کنترلی دیگر استفاده خواهد شد.

- ✓ و درنهایت در اتمام این تحقیق به بیان نتایج و پیشنهادات در فصل پنجم اقدام خواهد شد.

فصل دوم

موضوع و تاریخچه تحقیق