

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

خانم بهنوش کوهستانی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان پایش پروفایل های خطی ساده با استفاده از نمودارهای انطباقی در تاریخ ۱۳۹۱/۹/۱۹ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع - مهندسی صنایع پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر رضا برادران کاظم زاده	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر امیرحسین امیری		
استاد ناظر	دکتر علی حسین زاده کاشان	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر سید تقی اخوان نیایی	استاد	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر علی حسین زاده کاشان	دانشیار	

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد. تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه های مصوب انجام شود. ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب به‌نوش کوهستانی دانشجوی رشته مهندسی صنایع- صنایع ورودی سال تحصیلی ۹۰-۸۹ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده فنی و مهندسی متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در آئین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان‌نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین‌نامه فوق‌الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:
تاریخ: ۹۳/۲/۲۷

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

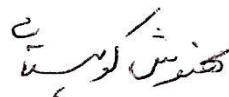
«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته مهندسی صنایع - صنایع است که در سال ۹۱ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر رضا برادران کاظم زاده و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر امیرحسین امیری از آن دفاع شده است.»


ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب بهنوش کوهستانی دانشجوی رشته مهندسی صنایع - صنایع مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: 

تاریخ و امضا: 
۹۲،۴،۲۷



دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی صنایع - صنایع

توسعه نمودارهای تطبیقی برای پایش پروفایل‌های خطی ساده

بهنوش کوهستانی

استاد راهنما:

دکتر رضا برادران کاظم‌زاده

استاد مشاور:

دکتر امیرحسین امیری

پاییز ۱۳۹۱



تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

نماد عشق و فداکاری

تشکر و قدردانی:

حمد و سپاس خدایی را سزاست که لطف و محبت و هدایتش را هیچ مانعی باز نمی‌دارد. جهل و نادانی من و عصیان و گستاخی من تو را باز نداشت از این که راهنمایی‌ام کنی و موفقم گردانی به آن چه رضا و خوشنودی توست.

پدر و مادر عزیزم، بدون شک وجود شما مشوق اصلی و تنها پناه من در طول دوران زندگی و تحصیل بوده و همواره خستگی‌های این راه را برایم به امید و روشنی تبدیل کرده است. امیدوارم در آینده‌ای نزدیک جوابگوی ذره‌ای از محبت‌های شما باشم.

اساتید گرانقدر، جناب آقای دکتر کاظم زاده و جناب آقای دکتر امیری، بی‌شک اگر راهنمایی‌های ارزشمند و گرانبهای شما عزیزان نبود، این مهم میسر نمی‌شد. خدای را شاکرم که فرصت آشنایی و بهره‌مندی از پرتو دانش و رهنمودهای شما بزرگواران را به من عطا کرد.

هم‌چنین بر خود لازم می‌دانم که از استاد ناظر خارجی جناب آقای دکتر نیاکی و استاد ناظر داخلی جناب آقای دکتر حسین‌زاده کاشان که با نظرات ارزشمند خود باعث بهبود این پایان‌نامه شدند، تشکر و قدردانی کنم. و در آخر سپاس از همه کسانی که مرا در این مسیر همراهی کردند.

چکیده

در بسیاری از مسائل کنترل کیفیت آماری، عملکرد فرآیند یا کیفیت محصول به جای اینکه به وسیله یک یا چند مشخصه کیفی توصیف و با استفاده از نمودارهای کنترل تک‌متغیره یا چندمتغیره کنترل شود، به وسیله رابطه بین یک متغیر پاسخ و یک یا چند متغیر مستقل توصیف می‌شود که محققان این رابطه را پروفایل می‌نامند. در بعضی از کاربردها همچون کالیبراسیون این رابطه با استفاده از یک مدل رگرسیون خطی ساده توصیف می‌شود در حالی که در موقعیت‌های دیگر مدل‌های پیچیده تری نیاز است.

همگام با محققین سراسر دنیا که با سرعت قابل‌توجهی در حال ارائه روش‌هایی برای پایش پروفایل‌ها و به ویژه پروفایل‌های خطی ساده هستند، ارائه روش‌هایی که بتواند سبب بهبود مدل‌های پیشنهادی شود و به کارگیری آنها از نقطه‌نظر اجرائی نیز راحت باشد ارزشمند به نظر می‌رسد. در اکثر مدل‌های موجود در ادبیات پروفایل‌ها از نمودارهایی استفاده می‌شود که در آنها نرخ نمونه‌گیری از فرآیند ثابت است یا به عبارت دیگر همواره نمونه‌هایی به حجم ثابت و در فواصل زمانی ثابت از فرآیند گرفته می‌شود. این نمودارها اگرچه دارای مزیت‌های زیادی هستند اما نسبت به تغییرات کوچک و متوسط در فرآیند حساس نیستند. برای فائق آمدن بر این کاستی، استفاده از نمودارهای تطبیقی منطقی به نظر می‌رسد. روش‌های تطبیقی این ویژگی را دارند که با متغیر کردن یک یا چند پارامتر نمودارهای کنترل در طول مدت فرآیند، عملکرد این نمودارها را در شناسایی سریع تر تغییرات فرآیند بهبود بخشند.

در این پایان‌نامه ۶ مدل تطبیقی برای پایش پروفایل‌های خطی ساده در فاز ۲ پیشنهاد شده است. به همین منظور از ۳ روش رایج T^2 ، MEWMA و EWMA₃ استفاده شده است. همچنین به منظور پایش دوطرفه واریانس در روش EWMA₃ آماره جدیدی نیز پیشنهاد شده است. عملکرد همه‌ی روش‌های پیشنهادی با استفاده از زنجیره مارکوف و شبیه‌سازی و تحت شیفت‌های مختلف در پارامترهای فرآیند، مورد بررسی قرار گرفته و تحت جداول و نمودارهای متعدد، به مقایسه میان آنها پرداخته شده است.

نتایج به دست آمده از این تحقیقات نشان می‌دهد افزودن مدل‌های تطبیقی به روش‌های موجود سبب بهبود قابل توجهی در سرعت تشخیص انواع انحرافات پدیدآمده در پارامترهای فرآیند شده و گسترش سایر نمودارهای تطبیقی می‌تواند یکی از مهم‌ترین زمینه‌های تحقیقاتی آینده در این حوزه باشد.

کلمات کلیدی: کنترل فرآیند آماری، پایش پروفایل‌ها، نمودار کنترل تطبیقی.

واژه نامه

Adaptive Control Chart	نمودار کنترل تطبیقی
Average Time To Signal (ATS)	متوسط زمان تا هشدار
Average Run Length(ARL)	متوسط طول دنباله
CUSUM Control Chart(Cumulative Sum Control Chart)	نمودار کنترل جمع تجمعی
EWMA(Exponentially Weighted Moving Average)	میانگین متحرک موزون نمایی
Linear Profile	پروفایل خطی
Phase I and Phase II	فاز ۱ و ۲
Mean Square Error-MSE	میانگین مربعات خطا
MCUSUM(Multivariate Cumulative Sum)	جمع تجمعی چند متغیره
MEWMA(Multivariate exponentially Weighted Moving Average)	میانگین متحرک موزون نمایی چند متغیره
Statistical Process Control-SPC	کنترل فرآیند آماری
Variable Sample Rate-VSR	نرخ نمونه گیری متغیر
Variable Sample Size - VSS	اندازه نمونه های متغیر
Variable Sampling Interval - VSI	فواصل نمونه گیری متغیر
Variable Sampling Interval with sampling at fixed time - VSIFT	فواصل نمونه گیری متغیر به همراه نمونه گیری در زمان های ثابت

فهرست مطالب

ز	فهرست جداول	۱
ط	فهرست اشکال	۱
۱	مقدمه	۱
۷	فصل اول: کلیات	۷
۸	۱-۱- تعریف مساله و موضوعات اصلی تحقیق	۸
۱۰	۲-۱- مفروضات تحقیق	۱۰
۱۰	۳-۱- کاربردهای تحقیق	۱۰
۱۰	۴-۱- روش اعتبارسنجی	۱۰
۱۱	۵-۱- نوآوری‌های تحقیق	۱۱
۱۱	۶-۱- ساختار پایان نامه	۱۱
۱۲	فصل دوم: مرور ادبیات	۱۲
۱۳	مقدمه	۱۳
۱۳	۱-۲- تعریف پروفایل	۱۳
۱۴	۲-۲- کاربرد پروفایل‌ها	۱۴
۱۴	۱-۲-۲- کاربردهای کالیبراسیون	۱۴
۱۵	۲-۲-۲- شیرین کننده مصنوعی	۱۵
۱۶	۳-۲-۲- کنترل کننده جریان جرم	۱۶
۱۷	۴-۲-۲- گشتاور موتور	۱۷
۱۷	۵-۲-۲- صنعت چرم	۱۷
۱۸	۶-۲-۲- نمودار مکان	۱۸
۱۸	۳-۲- انواع مختلف پروفایل‌ها	۱۸

- ۱۸-۳-۲- پروفایل خطی ساده ۱۸
- ۱۹-۳-۲- پروفایل خطی چندگانه ۱۹
- ۱۹-۳-۳- پروفایل چندجمله‌ای ۱۹
- ۱۹-۳-۴- پروفایل غیرخطی ۱۹
- ۱۹-۳-۵- پروفایل اسپیلاین ۱۹
- ۲۰-۳-۶- پروفایل موجی شکل ۲۰
- ۲۰-۴-۲- فاز ۱ و ۲ در نمودارهای کنترل ۲۰
- ۲۱-۵-۲- کلیاتی از پروفایل‌های خطی ساده ۲۱
- ۲۲-۱-۵-۲- فاز ۱ پروفایل خطی ساده ۲۲
- ۲۳-۲-۵-۲- تخمین پارامترهای مدل ۲۳
- ۲۴-۶-۲- انواع روش‌های پایش پروفایل‌های خطی ساده در فاز ۱ ۲۴
- ۲۴-۱-۶-۲- نمودار کنترل T^2 (مستک و همکاران، ۱۹۹۴) ۲۴
- ۲۵-۲-۶-۲- نمودار کنترل T^2 (استور و بریل، ۱۹۹۸) ۲۵
- ۲۶-۳-۶-۲- نمودار کنترل T^2 (کنگ و آلباین، ۲۰۰۰) ۲۶
- ۲۶-۴-۶-۲- نمودار EWMA/R (کنگ و آلباین، ۲۰۰۰) ۲۶
- ۲۸-۵-۶-۲- روش مولفه‌های اصلی ۲۸
- ۲۸-۶-۶-۲- سه نمودار کنترل شوهارت (کیم و همکاران، ۲۰۰۳) ۲۸
- ۳۰-۷-۶-۲- آزمون F (محمود و وودال، ۲۰۰۴) ۳۰
- ۳۲-۸-۶-۲- روش نقطه تغییر (محمود و همکاران، ۲۰۰۷) ۳۲
- ۳۲-۷-۲- مقایسه عملکرد روش‌های پایش پروفایل‌های خطی ساده در فاز ۱ ۳۲
- ۳۳-۸-۲- انواع روش‌های پایش پروفایل‌های خطی ساده در فاز ۲ ۳۳
- ۳۳-۱-۸-۲- نمودار کنترل T^2 (کنگ و آلباین، ۲۰۰۰) ۳۳

۳۴.....	۲-۸-۲- نمودار EWMA/R (کنگ و آلباین، ۲۰۰۰)
۳۵.....	۳-۸-۲- سه نمودار EWMA (کیم و همکاران، ۲۰۰۳)
۳۷.....	۴-۸-۲- روشی بر مبنای اصول کالیبراسیون معکوس (کرورکین و وارنر، ۱۹۸۲)
۳۸.....	۵-۸-۲- نمودار ترکیبی MCUSUM/R (نورالسنا و همکاران، ۲۰۰۴)
۳۹.....	۶-۸-۲- آزمون عمومی خطی (اخوان نیاکی و همکاران، ۲۰۰۷)
۴۰.....	۷-۸-۲- روش‌های مبتنی بر نسبت‌های درست‌نمایی
۴۲.....	۹-۲- حالات خاص (نقض مفروضات)
۴۲.....	۱-۹-۲- پایش پروفایل‌های خطی ساده با وجود خودهمبستگی میان مشاهدات داخل هر پروفایل
۴۴.....	۲-۹-۲- پایش پروفایل‌های خطی ساده با وجود همبستگی میان پروفایل‌ها
۴۶.....	۳-۹-۲- پایش پروفایل‌های خطی ساده با فرض غیر نرمال بودن مشاهدات
۴۶.....	۴-۹-۲- پایش پروفایل‌های خطی ساده با فرض نامشخص بودن توزیع مشاهدات
۴۷.....	۵-۹-۲- پایش پروفایل‌های خطی ساده با اندازه نمونه‌ی کوچک
۴۸.....	۱۰-۲- نمودارهای تطبیقی
۵۰.....	۱-۱۰-۲- ساختار نمودارهای تطبیقی
۵۲.....	۲-۱۰-۲- معرفی شاخص‌های عملکرد
۵۳.....	۳-۱۰-۲- پایش پروفایل‌های خطی با استفاده از نمودارهای تطبیقی
۵۹.....	۱۱-۲- نگاهی کوتاه به روش‌های پایش پروفایل‌های خطی (چندجمله‌ای، چندمتغیره و چندگانه)
۶۰.....	نتیجه‌گیری
	فصل سوم: روش‌های پیشنهادی برای پایش پروفایل‌های خطی ساده در فاز ۲ با رویکرد نمودارهای
۶۱.....	تطبیقی
۶۲.....	مقدمه
۶۳.....	۱-۳- مدل‌های مبتنی بر آماره $T2$

۶۳	۱-۱-۳ طراحی نمودار $VSS T2$
۶۷	۲-۱-۳ طراحی نمودار $VSI T2$
۷۰	۳-۱-۳ طراحی نمودار $VSSI T2$
۷۳	۴-۱-۳ طراحی نمودار $VSIFT T2$
۷۶	۲-۳ نمودار $MEWMA$ با اندازه نمونه متغیر
۷۸	۱-۲-۳ محاسبه ARL تحت کنترل
۷۹	۲-۲-۳ محاسبه ARL خارج از کنترل
۸۱	۳-۳ طراحی نمودار $VSS EWMA3$
۸۲	۱-۳-۳ معرفی آماره جدید برای پایش انحراف معیار در روش $EWMA3$
۸۵	نتیجه گیری
۸۶	فصل چهارم: مقایسه ها و مثال های عددی
۸۷	مقدمه
۸۸	۱-۴ نمودار $VSS T2$
۹۱	۲-۴ نمودار $VSI T2$
۹۳	۳-۴ نمودار $VSSI T2$
۹۷	۴-۴ نمودار $VSIFT T2$
۱۰۲	۵-۴ نمودار $VSS MEWMA$
۱۰۶	۶-۴ نمودار $VSS EWMA3$
۱۱۰	نتیجه گیری
۱۱۴	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات آتی
۱۱۵	مقدمه
۱۱۵	۱-۵ جمع بندی و نتیجه گیری

- ۵-۲- دسته بندی مطالعات صورت گرفته ۱۱۶
- ۵-۳- پیشنهادات آتی در راستای موضوع پایان نامه ۱۱۹
- مراجع ۱۲۰
- چکیده انگلیسی ۱۲۶

فهرست جداول

فصل دوم

جدول ۱-۲- ساختار نمودارهای تطبیقی..... ۵۱

فصل سوم

جدول ۱-۳- مقادیر ثابت $A(n)$ ، $B(n)$ ، $C(n)$ ، $\sigma(T_k)$ ، $E(T_k)$ و Z_0 به ازای $n=3, \dots, 15$ ۸۴

فصل چهارم

جدول ۱-۴- نمادها به همراه تعاریف مربوط به آنها..... ۸۸

جدول ۲-۴- مقادیر ARL خارج از کنترل تحت شیفت‌های عرض از مبدا و شیب در دو روش T^2 و $VSS T^2$ ۹۰

جدول ۳-۴- مقایسه درصد بهبود روش $VSS T^2$ نسبت به حالت ثابت بر اساس معیارهای ARL و ANOS..... ۹۱

جدول ۴-۴- مقادیر ATS خارج از کنترل تحت شیفت‌های عرض از مبدا، شیب و انحراف استاندارد در دو روش

T^2 و $VSI T^2$ ۹۳

جدول ۵-۴- مقادیر ATS خارج از کنترل تحت شیفت‌های عرض از مبدا، شیب و انحراف استاندارد در دو روش

T^2 و $VSSI T^2$ ۹۵

جدول ۶-۴- مقادیر ATS تحت کنترل و خارج از کنترل تحت شیفت‌های عرض از مبدا و به ازای b_1 های

مختلف در روش $VSIFT T^2$ ۹۹

جدول ۷-۴- مقادیر ATS تحت کنترل و خارج از کنترل تحت شیفت‌های شیب و به ازای b_1 های مختلف در

روش $VSIFT T^2$ ۹۹

جدول ۸-۴- مقادیر ATS تحت کنترل و خارج از کنترل تحت شیفت‌های انحراف استاندارد و به ازای b_1 های

مختلف در روش $VSIFT T^2$ ۹۹

جدول ۹-۴- مقادیر ATS تحت کنترل و خارج از کنترل تحت شیفت‌های عرض از مبدا و به ازای m های مختلف

در روش $VSIFT T^2$ ۱۰۰

جدول ۱۰-۴- مقایسه ATS تحت کنترل و خارج از کنترل تحت شیفت‌های عرض از مبدا در روش‌های مختلف

T^2 ۱۰۱

جدول ۱۱-۴- مقایسه ARL خارج از کنترل تحت شیفت‌های عرض از مبدا، شیب و افزایش در انحراف استاندارد

در روش $VSS MEWMA$ ۱۰۵

جدول ۴-۱۲- مقایسه ARL خارج از کنترل تحت شیفت‌های کاهشی در انحراف استاندارد در روش VSS	۱۰۵.....
جدول ۴-۱۳- مقایسه ARL خارج از کنترل تحت شیفت‌های عرض از مبدا و انحراف استاندارد در روش‌های	۱۰۶.....
جدول ۴-۱۴- مقایسه ARL خارج از کنترل تحت شیفت‌های عرض از مبدا، شیب و افزایش در انحراف	۱۰۹.....
جدول ۴-۱۵- مقایسه ARL خارج از کنترل تحت شیفت‌های کاهشی در انحراف استاندارد در روش	۱۰۹.....
جدول ۴-۱۶- مقایسه ATS خارج از کنترل تحت شیفت‌های عرض از مبدا، شیب و انحراف استاندارد در روش-	۱۱۰.....
های <i>VSI EWMA3</i> و <i>VSS EWMA3</i>	
فصل پنجم	
جدول ۵-۱- دسته بندی مطالعات صورت گرفته در حوزه پایش پروفایل‌ها	۱۱۷.....

فهرست اشکال

مقدمه

- شکل ۱- اثر تغییرات طبیعی و معنادار در فرآیند (نورالسنا و همکاران، ۲۰۱۱). ۳
- شکل ۲- نمونه‌ای از نمودار کنترل شوهرات (نورالسنا و همکاران، ۲۰۱۱). ۳
- شکل ۳- دسته بندی نمودارهای کنترل تک متغیره (نورالسنا و همکاران، ۲۰۱۱). ۵

فصل دوم

- شکل ۱-۲- ارتباط بین مقادیر اندازه گیری شده و استاندارد در فرآیند کالیبراسیون (نورالسنا و همکاران، ۲۰۱۱) ۱۵
- شکل ۲-۲- میلی گرم اسانس حل شده در یک لیتر آب در دماهای مختلف. ۱۶
- شکل ۳-۲- نمودار مکان پیشنهاد شده توسط بوئینگ. ۱۸
- شکل ۴-۲- پروفایل موجی شکل سیگنالهای تناژ در فرآیند پرسکاری ۲۰
- شکل ۵-۲- روابط سلسله مراتبی میان نمودارهای تطبیقی ۵۱
- شکل ۶-۲- سیستم کنترلی در نمودارهای تطبیقی ۵۲

فصل سوم

- شکل ۱-۳- نمودار T^2 با اندازه نمونه متغیر ۶۴
- شکل ۲-۳- نمودار Hotelling T^2 با فواصل نمونه‌گیری متغیر ۶۷
- شکل ۳-۳- نمودار Hotelling T^2 با اندازه نمونه و فواصل نمونه‌گیری متغیر ۷۰
- شکل ۴-۳- طرح نمونه‌گیری در روش VSIFT ۷۴

فصل چهارم

- شکل ۱-۴- مقایسه عملکرد نمودار $VSS T^2$ به ازای n_2 های مختلف در شیفت‌های رخ داده در عرض از مبدا ۸۹
- شکل ۲-۴- مقایسه عملکرد نمودار $VSS T^2$ به ازای n_2 های مختلف در شیفت‌های رخ داده در شیب ۸۹
- شکل ۳-۴- منحنی ATS شیفت‌های رخ داده در عرض از مبدا در انواع نمودارهای T^2 ۹۷
- شکل ۴-۴- منحنی ATS شیفت‌های رخ داده در شیب در انواع نمودارهای T^2 ۹۷
- شکل ۵-۴- منحنی ATS شیفت‌های رخ داده در انحراف استاندارد در انواع نمودارهای T^2 ۹۸
- شکل ۶-۴- منحنی ATS روش‌های مختلف T^2 به ازای شیفت‌های رخ داده در عرض از مبدا ۱۰۲

شکل ۴-۷- مقایسه عملکرد نمودار VSS MEWMA به ازای n_2 های مختلف در شیفت‌های رخ داده در عرض از مبدا.....	۱۰۳
شکل ۴-۸- مقایسه عملکرد نمودار VSS MEWMA به ازای n_2 های مختلف در شیفت‌های رخ داده در شیب.....	۱۰۳
شکل ۴-۹- مقایسه عملکرد نمودار VSS MEWMA به ازای n_2 های مختلف در شیفت‌های افزایشی رخ داده در انحراف استاندارد.....	۱۰۴
شکل ۴-۱۰- مقایسه عملکرد نمودار VSS MEWMA به ازای n_2 های مختلف در شیفت‌های کاهش‌ی رخ داده در انحراف استاندارد.....	۱۰۴
شکل ۴-۱۱- مقایسه عملکرد نمودار VSS EWMA3 به ازای n_2 های مختلف در شیفت‌های رخ داده در عرض از مبدا.....	۱۰۷
شکل ۴-۱۲- مقایسه عملکرد نمودار VSS EWMA3 به ازای n_2 های مختلف در شیفت‌های رخ داده در شیب.....	۱۰۷
شکل ۴-۱۳- مقایسه عملکرد نمودار VSS EWMA3 به ازای n_2 های مختلف در شیفت‌های افزایشی رخ داده در انحراف استاندارد.....	۱۰۸
شکل ۴-۱۴- مقایسه عملکرد نمودار VSS EWMA3 به ازای n_2 های مختلف در شیفت‌های کاهش‌ی رخ داده در انحراف استاندارد.....	۱۰۸
شکل ۴-۱۵- مقایسه عملکرد همه روش‌های پیشنهادی به ازای شیفت‌های رخ داده در عرض از مبدا.....	۱۱۱
شکل ۴-۱۶- مقایسه عملکرد همه روش‌های پیشنهادی به ازای شیفت‌های رخ داده در شیب.....	۱۱۲
شکل ۴-۱۷- مقایسه عملکرد همه روش‌های پیشنهادی به ازای شیفت‌های افزایشی در انحراف استاندارد.....	۱۱۲
شکل ۴-۱۸- مقایسه عملکرد همه روش‌های پیشنهادی به ازای شیفت‌های کاهش‌ی رخ داده در انحراف استاندارد.....	۱۱۳

مقدمه

امروزه کیفیت نقش بسیار مهمی را در موفقیت و کامیابی سازمان‌های تولیدی و خدماتی ایفا می‌کند. سازمانی که بتواند نیاز مشتریان خود را به موقع، با هزینه مناسب و کیفیت برتر برآورده سازد، قادر است به راحتی بر رقبای خود چیره شود. بنابراین دیدن کیفیت به عنوان یک استراتژی تجاری کاملاً منطقی به نظر می‌رسد.

سازمان بین‌المللی استاندارد^۱ (ISO) در سیستم مدیریت کیفیت ISO 9001:2008 تعریف کاملی از کیفیت را ارائه کرده است. طبق این تعریف کیفیت "میزان و درجه برآورده کردن نیاز مشتریان" است. با این حال مونته‌گومری (۲۰۰۹) کیفیت را به صورت معکوس متناسب با میزان تغییرپذیری می‌داند و این تعریف جدید نشان می‌دهد که کاهش میزان تغییرپذیری در مشخصه‌های کیفی، یکی از اصلی‌ترین نگرانی‌های موجود در این حوزه است.

ابزارها و روش‌های متفاوتی به منظور بهبود کیفیت و کاهش تغییرپذیری وجود دارند که در عمل می‌توان از آنها استفاده کرد. کنترل فرآیند آماری^۲ (SPC) به عنوان زیرمجموعه‌ای از کنترل کیفیت آماری (SQC) یکی از مهم‌ترین تکنیک‌هایی است که می‌تواند به صورت موثری به کار گرفته شود. SPC شامل مجموعه‌ای از ابزارهای قدرتمند است که به بهبود کیفیت محصولات و خدمات کمک می‌کند. ابزارهای هفتگانه SPC عبارتند از:

۱. هیستوگرام

۲. برگه کنترل

۳. نمودار پارتو

۴. نمودار علت و معلول

۵. نمودار تمرکز نقص‌ها

۶. نمودار پراکندگی

۷. نمودار کنترل

از میان ابزارهای هفتگانه فوق، نمودار کنترل به عنوان مهم‌ترین و برجسته‌ترین ابزار تلقی می‌شود و از زمان معرفی آنها توسط والتر و شوهارت در سال ۱۹۲۴ به طور گسترده‌ای در صنایع تولیدی و خدماتی گوناگون به کار گرفته شده‌اند.

^۱ International Organization for Standardization

^۲ Statistical Process control

نمودار کنترل ابزار مفیدی است که نتایج اندازه‌گیری‌های مربوط به مشخصه کیفی را در مقابل زمان یا شماره نمونه با هدف ایجاد تمایز میان تغییرات تصادفی و تغییرات معنادار رسم می‌کند. عوامل تصادفی تغییرپذیری جزء ماهیت ذاتی فرآیند بوده و نتیجه اثر تجمعی مجموعه‌ای از عوامل غیرقابل اجتناب هستند. مونتگومری (۲۰۰۹) از این تغییرپذیری طبیعی به عنوان "اغتشاش پس‌زمینه"^۳ نام می‌برد. فرآیندی که تنها در حضور عوامل و تغییرات طبیعی عمل می‌کند، اصطلاحاً گفته می‌شود که از نظر آماری تحت کنترل است. از سوی دیگر تغییرپذیری می‌تواند ناشی از عواملی مانند مواد اولیه، نیروی انسانی، ماشین‌آلات، محیط، سیستم اندازه‌گیری، روش کار و... باشد که عموماً این نوع تغییرات در مقایسه با تغییرات تصادفی بزرگتر بوده و سبب می‌شوند فرآیند به سطحی از عملکرد برسد که قابل قبول نیست. مونتگومری (۲۰۰۹) از این منابع تغییرپذیری با عنوان "دلایل خاص یا معنادار تغییرپذیری"^۴ نام می‌برد. فرآیندی که در حضور عوامل و تغییرات معنادار عمل می‌کند اصطلاحاً گفته می‌شود که از نظر آماری خارج از کنترل است.

شکل ۱ اثر تغییرات طبیعی و معنادار را در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد. به جز حالت اول که فرآیند در حالت تحت کنترل به سر می‌برد، سایر حالت‌ها وجود یک عامل معنادار را که سبب خروج فرآیند از حالت تحت کنترل شده است نشان می‌دهند.

وجود عوامل معنادار به کمک نمودار کنترل و از طریق یک نقطه خارج از حدود کنترل یا یک روند و الگوی غیرطبیعی بر روی نمودار کنترل تشخیص داده می‌شود.

نمونه‌ای از نمودار کنترل شوهارت در شکل ۲ نشان داده شده است. هر نمودار کنترل شوهارت از یک خط مرکز و حدود کنترل متقارن بالا و پایین تشکیل شده است. خط مرکزی مکانی از نمودار است که در شرایط تحت کنترل، غالب مشاهدات باید در آن قرار گیرند. حدود کنترل بالا و پایین که ناحیه قابل قبول برای آماره نمونه‌ای را نشان می‌دهند، به کمک ویژگی‌های آماری تعیین می‌شوند.

نمودارهای کنترل را بر اساس نوع مشخصه کیفی می‌توان به دو گروه اصلی نمودارهای کنترل متغیرها و نمودارهای کنترل وصفی تقسیم‌بندی کرد. مشخصه‌های کیفی موجود در نمودارهای نوع اول، بر روی یک مقیاس پیوسته قابل اندازه‌گیری هستند. از جمله این مشخصه‌ها می‌توان به طول، دما و وزن اشاره کرد. نمودارهای نوع دوم قابل استفاده برای مشخصه‌هایی هستند که تنها می‌توانند مقادیر گسسته و قابل شمارش را بگیرند. تعداد محصولات نامنطبق در یک محموله و تعداد عیب‌های موجود بر روی سطح یک محصول مثال‌هایی از این نوع به شمار می‌روند.

³ Background noise

⁴ Assignable or special cause of variation