



دانشگاه علامه طباطبائی
دانشکده علوم ریاضی و رایانه

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

آمار اجتماعی اقتصادی

عنوان

طراحی نمودارهای کنترلی شوهارتی و میانگین متحرک موزون نمایی برای محصولات سه سطحی

پژوهش گر

مهدی کاتبی

استاد راهنما

دکتر رضا پورطاهری

استاد مشاور

دکتر محمد بامنی مقدم

شهریور ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کلیه‌ی حقوق مادی و معنوی اعم از چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه، اقتباس و ... از این پایان‌نامه

برای دانشگاه علامه طباطبائی محفوظ است. نقل مطالب با ذکر منبع مانعی ندارد.

تایید پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد توسط دانشجو

عنوان پایان نامه: طراحی نمودارهای کنترلی شوهارتی و میانگین متحرک موزون نمایی برای محصولات سه سطحی

نام دانشجو: مهدی کاتبی

شماره دانشجویی: ۹۰۱۲۵۳۱۱۰۷

استاد راهنما: دکتر رضا پورطاهری

این جانب مهدی کاتبی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته‌ی آمار اجتماعی دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی گواهی می‌نمایم پژوهش‌های ارائه شده در پایان نامه با عنوان مذکور توسط شخص این جانب انجام شده است و درستی مطالب نگارش یافته مورد تأیید می‌باشد. همچنین گواهی می‌نمایم مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط این جانب یا فرد دیگری در هیچ کجا ارائه نشده است و در نگارش متن پایان نامه شیوه‌ی نگارش مصوب دانشکده‌ی اقتصاد را به‌طور کامل رعایت نموده‌ام. چنانچه در هر زمان خلاف آنچه گواهی نموده‌ام مشاهده گردد خود را از آثار حقیقی و حقوقی ناشی از دریافت مدرک کارشناسی ارشد محروم می‌دانم و هیچ گونه ادعایی نخواهم داشت.

امضا دانشجو:

شهریور ۱۳۹۲

دانشگاه علامه طباطبائی
دانشکده علوم ریاضی و رایانه

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

طراحی نمودارهای کنترلی شوهارتی و میانگین متحرک موزون نمایی برای
محصولات سه سطحی

پژوهش گر: مهدی کاتبی

امضاء:

استاد راهنما: دکتر رضا پورطاهری

امضاء:

استاد مشاور: دکتر محمد بامنی مقدم

امضاء:

استاد داور: دکتر نادر نعمت الهی

امضاء:

نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر حمیدرضا نواب پور

تقدیم بہ مادر عزیزم

سپاس‌گزاری

از دست و زبان که برآید کز عهده‌ی شکرش به درآید
بنده‌مان به که ز تقصیر خویش عذر به درگاه‌خدای آورد
ورنه سزاوار خداوندیش کس تواند که به جای آورد

سپاس‌خداى را كه هر توفيقى در گرو عنایت اوست. اکنون كه با یاری او توانسته‌ام تلاشى هر چند ناچیز را در راه كسب دانش به انجام رسانم، بر خود لازم می‌دانم از استاد راهنمای بزرگوایم، جناب آقای دكتر رضا پورطاهری، كه به پایان رساندن این تحقیق جز با راهنمایی‌های پدرانه و هدایت‌های بی‌دریغ ایشان میسر نبود، قدردانی نمایم. همچنین از زحمات فراوانی كه استاد محترم مشاور جناب آقای دكتر محمد بامنی‌مقدم در طی این پایان‌نامه متقبل شدند تشكر و از جدیت ایشان در بررسی و ارزیابی مراحل مختلف این تحقیق سپاسگذاری می‌كنم. از اساتید محترم جناب آقای دكتر حمیدرضا نواب‌پور و جناب آقای دكتر نادر نعمت‌اللهی كه نظارت و داوری پایان‌نامه را به عهده گرفتند، تشكر می‌كنم.

امیدوارم بتوانم از عهده ادای حق این عزیزان برآیم.

شهریور ۱۳۹۲

فهرست مطالب

آ	فهرست مطالب
ت	فهرست جدول‌ها
ث	فهرست شکل‌ها
ج	نمادها و علامت‌های اختصاری
۱	۱ کلیات
۱	۱.۱ مقدمه
۴	۲.۱ بیان مسئله
۵	۳.۱ اهمیت، ضرورت و هدف پژوهش
۵	۴.۱ تعریف مفاهیم و واژه‌های اختصاصی
۶	۵.۱ پیشینه‌ی تاریخی
۷	۶.۱ چشم‌انداز فصل‌های آینده
۸	۲ طراحی نمودارهای کنترلی سه‌سطحی شوهارتی
۸	۱.۲ مقدمه
۹	۲.۲ تابع مقدار کیفیتی
۱۰	۳.۲ نمودارهای کنترلی سه‌سطحی شوهارتی
۱۳	۴.۲ بررسی وضعیت‌های مختلف نمودار کنترلی سه‌سطحی شوهارتی

۱۴	توابع مشخصه عملکرد (OC) و متوسط طول اجرا (ARL)	۵.۲
۱۹	انتخاب پارامتر	۶.۲
۲۲	چکیده‌ی فصل	۷.۲
۲۳	طراحی نمودارهای کنترلی سه‌سطحی میانگین متحرک موزون نمایی	۳
۲۳	مقدمه	۱.۳
۲۴	نمودارهای کنترلی سه‌سطحی $EWMA$	۲.۳
۲۴	نمودار کنترلی $EWMA$ برای میانگین نمونه	۱.۲.۳
۲۵	نمودار کنترلی $EWMA$ برای محصولات سه‌سطحی	۲.۲.۳
۲۹	متوسط طول اجرا (ARL)	۳.۳
۳۲	انتخاب پارامتر	۴.۳
۳۳	چکیده‌ی فصل	۵.۳
۳۴	مثال‌های عددی	۴
۳۴	مقدمه	۱.۴
۳۴	طراحی و ارزیابی نمودار کنترلی سه‌سطحی شوهرارتی	۲.۴
۳۴	طراحی	۱.۲.۴
۳۶	ارزیابی	۲.۲.۴
۳۸	طراحی و ارزیابی نمودار کنترلی سه‌سطحی $EWMA$	۳.۴
۳۸	طراحی	۱.۳.۴
۴۱	ارزیابی	۲.۳.۴
۴۳	مقایسه نمودارهای کنترلی سه‌سطحی شوهرارتی و $EWMA$	۴.۴
۴۵	نتیجه‌گیری	۵.۴
۴۶	برنامه‌های $MATLAB$	آ
۴۹	مرجع‌ها	

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

۵۲

فهرست جدول‌ها

۱۶	مقادیر نمونه‌ای برای توابع ARL و OC	۱.۲
۳۷	مقادیر ARL به ازای مقادیر مختلف p برای نمودار کنترلی سه‌سطحی شوهارتی	۱.۴
۴۰	مقادیر A به ازای مقادیر مختلف N, λ و ARL تحت کنترل	۲.۴
۴۲	مقادیر ARL برای نمودارهای کنترلی سه‌سطحی $EWMA$	۳.۴
۴۴	مقایسه‌ی نمودارهای کنترلی سه‌سطحی شوهارتی و $EWMA$	۴.۴

فهرست شکل‌ها

۱۷	منحنی OC نمونه	۱.۲
۱۷	منحنی ARL نمونه	۲.۲
۱۸	نمودار تراز نمونه‌ای مربوط به مقادیر تابع OC	۳.۲
۱۸	نمودار تراز نمونه‌ای مربوط به مقادیر تابع ARL	۴.۲
۳۰	تقسیم ناحیه‌ی تحت کنترل به N زیر بازه	۱.۳
۳۹	ARL ‌های تحت کنترل برای مقادیر مختلف A با $\lambda = ۰/۱, ۰/۲, ۰/۳, ۰/۵, ۰/۷$	۱.۴

نمادها و علامت‌های اختصاری

<i>TQM</i>	مدیریت کیفیت جامع
<i>SPC</i>	کنترل آماری فرایند
<i>CL</i>	خط مرکزی
<i>LCL</i>	حد کنترلی پایین
<i>UCL</i>	حد کنترلی بالا
<i>QVF</i>	تابع مقدار کیفیتی
<i>OC</i>	مشخصه‌ی عملکرد
<i>ARL</i>	متوسط طول اجرا
<i>EWMA</i>	میانگین متحرک موزون نمایی
<i>CUSUM</i>	جمع تجمعی

چکیده

اغلب مشخصه‌های کیفیتی را نمی‌توان به‌سادگی اندازه‌گیری و در قالب عدد گزارش کرد. در این گونه موارد، هر محصول بازرسی شده معمولاً به دو گروه منطبق و نامنطبق با مشخصات کیفیتی مورد نظر تقسیم می‌شود. سپس نمودار کنترلی بر مبنای این طرح طبقه‌بندی (طرح طبقه‌بندی دوسطحی) طراحی می‌شود. اما وضعیت‌هایی نیز وجود دارند که در آن‌ها یک معیار کیفیتی مناسب‌تر به منظور طبقه‌بندی یک مشخصه‌ی تکی از محصول سه سطح یا بیش‌تر را به کار می‌برد. این پایان‌نامه نمودارهای کنترلی شوهارتی و میانگین متحرک موزون نمایی ($EWMA$) برای محصولات سه‌سطحی را مد نظر قرار داده است. در ابتدا، ما نمودارهای کنترلی سه‌سطحی شوهارتی را مطرح می‌کنیم. سپس نمودارهای کنترلی سه‌سطحی $EWMA$ را مورد بحث قرار می‌دهیم. در هر دو مورد، برای ارزیابی نمودارهای کنترلی سه‌سطحی مطرح شده، از معیار ARL استفاده می‌کنیم. در پایان مثال‌های عددی ارائه شده‌اند. یک مقایسه بین دو نمودار کنترلی مطرح شده نیز در این مثال‌ها انجام شده است.

واژگان کلیدی: نمودار کنترلی سه‌سطحی؛ تابع مقدار کیفیتی (QVF)؛ نمودار کنترلی $EWMA$ ؛ متوسط طول اجرا (ARL).

فصل ۱

کلیات

۱.۱ مقدمه

با گذشت زمان، کیفیت به عنوان عامل اصلی در تصمیم‌گیری مشتریان در مرحله‌ی ارزیابی محصول و یا خدمات استفاده می‌شود. این پدیده در همه‌جا بدون توجه به این‌که مصرف‌کننده یک فرد، یک سازمان صنعتی، یک پروژه‌ی نظامی یا یک خرده‌فروش باشد مشاهده می‌شود. در نتیجه کیفیت یک عامل کلیدی برای دستیابی به موفقیت‌های تجاری، رشد و توسعه و جایگاه رقابتی بهتر محسوب می‌شود. سازمان‌هایی که کیفیت را به عنوان یک استراتژی تجاری مد نظر قرار می‌دهند و از برنامه‌های بهبود کیفیت موثری نیز برخوردار هستند بازده مالی خوبی را تجربه می‌نمایند. مصرف‌کنندگان معمولاً احساس می‌کنند که محصولات یک شرکت از لحاظ کیفیت نسبت به شرکت‌های دیگر برتری دارد و بر اساس چنین معیاری تصمیم‌گیری می‌کنند. برنامه‌های بهبود کیفیت مناسب و موثر باعث افزایش نفوذ در بازار، ارتقاء بهره‌وری و کاهش هزینه‌های کلی ساخت و خدمات می‌شود. بنابراین، شرکت‌هایی که از چنین برنامه‌هایی برخوردار هستند می‌توانند برتری خوبی نسبت به رقبای خود داشته باشند.

دستیابی به اهداف کیفیت و نتیجه‌های سودمند ناشی از آن تنها با درک صحیح و درست مفهوم کیفیت میسر است. تعریف‌های مختلفی از کیفیت ارائه شده است. جوران از پیش‌تازان کنترل کیفیت فراگیر، کیفیت را برازندگی در کاربرد معرفی نمود. بر مبنای این تعریف اگر محصولی مأموریت یا وظیفه‌ای که به خاطر آن ایجاد شده است را به درستی انجام دهد، آنگاه آن محصول، به عنوان محصولی با کیفیت شناخته می‌شود. بنابراین، آنچه که کیفیت کالا یا خدمتی را تعیین می‌کند، میزان انطباق آن با نیازها،

استانداردها و انتظارات مشتری است. دمینگ در یکی از کتاب‌های مشهور خود که در سال ۱۹۸۶ تحت عنوان خروج از بحران منتشر گردید بیان می‌کند که: مشتری مهم‌ترین قسمت از یک سازمان تولیدی یا خدماتی است و در نتیجه، کیفیت باید بر نیازهای حال و آینده‌ی مشتری متمرکز باشد. بنابر این نظر می‌توان گفت: کیفیت عبارت است از آنچه از مشخصات یک کالا یا خدمت که مشتری را راضی و خوشحال می‌کند. زمانی مشتری راضی است که آنچه را که با توجه به نیازش نسبت به آن ادعا شده است، به وی داده شود و در صورتی خوشحال می‌شود که محصول مورد نظر از لحاظ هزینه مقرون به صرفه باشد.

فرض کنید سازمان تولیدی کیفیت را به عنوان یک استراتژی تجاری مد نظر قرار داده و فرایند تولید را با طرح‌ریزی کیفیتی مناسب آغاز کند. در نتیجه محصولات تولید شده توسط فرایند تولید از کیفیت مطلوبی برخوردار خواهند بود. اما هر فرایند تولیدی علی‌رغم طراحی خوب یا نگهداری مناسب از آن تحت تأثیر عوامل مختلف قرار گرفته و در نتیجه دچار تغییر می‌شود. اگر این تغییرپذیری ناشی از عوامل تصادفی باشد، تأثیری بر محصول نهایی نداشته و سبب عدم رضایت مشتری نمی‌شود. اما اگر این تغییرپذیری ناشی از عوامل غیر تصادفی باشد، ممکن است منجر به تولید محصولات نامطلوب شود که این نیز به نوبه‌ی خود عدم رضایت مشتری را به همراه دارد. از طرفی، حذف کامل تغییرات در فرایند تولید معمولاً امکان‌پذیر نیست و در صورتی هم که امکان‌پذیر باشد، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد. بنابر این، تولیدکننده باید توجه خود را به محصولی معطوف کند که هرچند کاملاً عاری از نقص نیست، اما قابل قبول است. برای دستیابی به چنین محصولی، باید تغییرپذیری فرایند در محدوده‌ی قابل قبولی پایش و کنترل شود.

جهش و حرکت فزاینده‌ی کیفیت در چند دهه‌ی گذشته و رقابت در قیمت و کیفیت سبب شده است کنترل کیفیت یک شرط ضروری برای رقابت در عرصه‌های ایجاد، کنترل، بهبود و حفظ کیفیت شود. از این رو بسیاری از سازمان‌های آگاه از وضعیت رقابت، تمرکز خود را به بهینه‌سازی سامانه‌ها (محصولات و یا فرایندها) معطوف نموده‌اند.

هدف اصلی مهندسی کیفیت، کاهش سیستماتیک تغییرپذیری مشخصه‌های کیفیت کلیدی محصول است. از آنجا که تغییرپذیری فرایندها توسط معیار آماری واریانس اندازه‌گیری می‌شود، لذا استفاده از روش‌های آماری در زمینه‌ی کنترل کیفیت امری معقول به نظر می‌رسد. از این رو کنترل کیفیت آماری به معنای کاربرد اصول و روش‌های آماری در کلیه‌ی مراحل طراحی، تولید، نگهداری و خدمات این فناوری‌ها با هدف برآورده ساختن اقتصادی خواسته‌ها، از موقعیت ویژه‌ای برخوردار شده است (موسوی، ۱۳۸۹).

کنترل آماری فرایند ابزاری قدرتمند در ایجاد ثبات و بهبود فرایند از طریق کاهش تغییرپذیری و یکی از اجزای اصلی هر سیستم کیفیت است. هر چند انطباق محصولات تولید شده با خواسته‌های مورد نظر کافی نیست، ولی با کاهش بیش‌تر تغییرپذیری نه تنها می‌توان هزینه‌های کیفیت را کاهش داد بلکه می‌توان سازمان را از موقعیت رقابتی بهتری برخوردار نمود. در سازمان‌های تولیدی، روش‌های آماری که تحت عنوان کنترل کیفیت آماری مطرح می‌شوند، در کلیه فعالیت‌های مرحله‌های مربوط به چرخه‌ی تحقق محصول (فعالیت‌های قبل از ساخت، فعالیت‌های حین ساخت و فعالیت‌های بعد از ساخت) به کار گرفته می‌شوند (اربابی، ۱۳۸۹). حفظ دستاوردهای مرحله‌ی بهینه‌سازی قبل از ساخت در مرحله‌ی حین ساخت توسط فنون آماری به نام نمودارهای کنترلی در مبحث کنترل آماری فرایند (SPC) انجام می‌گیرد. کنترل آماری فرایند یکی از ابزار اساسی هفت‌گانه کیفیت است که در مدیریت کیفیت جامع (TQM) مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از نمودارهای کنترلی می‌توان هشدارهای دال بر عدم پایداری فرایند را تشخیص و اقدام‌های لازم برای برطرف نمودن انحراف به وجود آمده را انجام داد.

نمودارهای کنترلی معمولاً بر مبنای مشخصه‌های کیفیتی متغیر و وصفی طراحی می‌شوند. مشخصه‌های کیفیتی متغیر، مشخصه‌هایی نظیر ابعاد، وزن و یا حجم هستند که به راحتی قابل اندازه‌گیری می‌باشند. در این حالت، نمونه‌ای به اندازه‌ی n از محصولات فرایند گرفته شده و مقدار مشخصه‌ی مورد نظر برای آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود. سپس بر مبنای اندازه‌های به دست آمده نمودار کنترلی طراحی می‌گردد. اما مشخصه‌های کیفیتی وصفی را نمی‌توان به سادگی اندازه‌گیری و در قالب عدد گزارش کرد. در این گونه موارد، پس از گرفتن نمونه‌ای به اندازه‌ی n از محصول‌های فرایند، هر محصول بازرسی شده معمولاً به دو گروه منطبق و نامنطبق با مشخصه‌های کیفیتی مورد نظر تقسیم می‌شود. سپس نمودار کنترلی بر مبنای این طرح طبقه‌بندی (طرح طبقه‌بندی دو سطحی) طراحی می‌شود. اما وضعیت‌هایی نیز وجود دارند که در آن‌ها برای دستیابی به عملکرد بهتر نمودار کنترلی باید از یک طرح طبقه‌بندی با سه سطح یا بیش‌تر استفاده کنیم. این موضوع اخیراً مورد توجه برخی از محققان قرار گرفته است و آن‌ها را بر آن داشته است تا نمودارهای کنترلی برای مشخصه‌های وصفی را با استفاده از طرح‌های طبقه‌بندی با سه سطح یا بیش‌تر طراحی کنند.

۲.۱ بیان مسئله

از زمانی که نهادهای ارائه‌کننده‌ی محصولات و خدمات به منظور جذب مشتریان بیش‌تر وارد عرصه رقابت شده‌اند، کیفیت به عنوان یکی از کلیدی‌ترین عوامل مورد توجه قرار گرفته است. درک درست از کیفیت و به دنبال آن بهبود مستمر در کیفیت عواملی کلیدی هستند که برای تداوم کسب و کار موفق، رشد و توسعه و همچنین ارتقاء جایگاه رقابتی ضروری می‌باشند.

کنترل آماری فرایند (*SPC*) شامل مجموعه‌ای از روش‌های آماری به منظور نظارت و بهبود در کیفیت و همچنین بهره‌وری فرایندهای تولیدی و خدماتی می‌باشد. نمودار کنترلی یکی از رایج‌ترین روش‌های مورد استفاده در کاربردهای *SPC* می‌باشد، که از طریق مطالعه‌ی رفتار تغییرپذیری در مشخصه‌های مهم کیفیت و تلاش برای کاهش هر چه بیش‌تر تغییرپذیری منجر به بهبود فرایند می‌گردد (بامنی‌مقدم و موحدی، ۱۳۸۹).

نمودارهای کنترلی شوهارتی ساده‌ترین و رایج‌ترین نمودارهای کنترلی هستند که توسط متصدیان کیفیت مورد استفاده قرار می‌گیرند. نمودارهای کنترلی شوهارتی غالباً برای یک متغیر یا مشخصه کیفیتی خاص که مد نظر است ساخته می‌شوند، و عموماً برای اعلان هشدار و کشف تغییرات در یک فرایند به کار می‌روند. یکی از عمده‌ترین نقاط ضعف نمودارهای کنترلی شوهارتی این است که تنها از اطلاعات موجود در آخرین نمونه‌ی گرفته شده استفاده کرده و اطلاعاتی که تمام نمونه‌ها می‌توانند به صورت مشترک با هم منعکس کنند را نادیده می‌گیرند. به این دلیل نمودارهای کنترلی شوهارتی نسبت به پی بردن به وجود تغییرات کوچک در فرایند نسبتاً بی تفاوت هستند (مونتگمری، ۱۳۸۳).

زمانی که پی بردن به وجود تغییرات کوچک مورد نظر باشد، نمودارهای کنترلی جمع تجمعی (*CUSUM*) و میانگین متحرک موزون نمایی (*EWMA*) هر یک می‌توانند جای‌گزین مناسبی برای نمودار کنترلی شوهارتی باشند. عملکرد نمودار کنترلی *EWMA* تقریباً با عملکرد نمودار کنترلی *CUSUM* یکسان بوده و از بعضی جهت‌ها نیز طراحی و استفاده از آن آسان‌تر می‌باشد. در طرح‌های کنترلی ذکر شده به منظور طراحی نمودار کنترلی از طرح طبقه‌بندی دو سطحی (منطبق و نامنطبق) استفاده می‌شود، اما وضعیت‌های زیادی نیز وجود دارند که در آن‌ها برای دستیابی به عملکرد بهتر نمودار کنترلی باید از یک طرح طبقه‌بندی با سه سطح یا بیش‌تر استفاده کرد. در این صورت، هر محصول پس از بازرسی با توجه به مشخصات کیفیتی آن به یکی از سه طبقه‌ی منطبق (مشخصات محصول مطابق با مشخصات مد نظر طراح)، نامنطبق (مشخصات محصول غیر منطبق با مشخصات مد نظر طراح) و حاشیه‌ای (مشخصات محصول به گونه‌ای

است که نمی‌توان آن را در هیچ یک از طبقه‌های منطبق و نامنطبق قرار داد) تقسیم می‌شود. نمودارهای کنترلی سه‌سطحی شوهارتی را می‌توان با تعمیم طرح‌های کنترلی شوهارتی برای این طرح طبقه‌بندی طراحی کرد. با این حال این نمودارها نیز مانند سایر نمودارهای کنترلی شوهارتی نسبت به کشف تغییرات فرایندی کوچک حساس نیستند. برای حل این مشکل می‌توان نمودارهای کنترلی سه‌سطحی را با استفاده از طرح کنترلی *EWMA* طراحی کرد که عملکرد قابل قبولی در کشف تغییرات فرایندی کوچک دارد.

۳.۱ اهمیت، ضرورت و هدف پژوهش

اغلب مشخصه‌های کیفیتی که نمودارهای کنترلی بر مبنای آن‌ها طراحی می‌شوند را نمی‌توان به‌سادگی اندازه‌گیری و در قالب عدد گزارش کرد. در این گونه موارد، هر محصول بازرسی شده معمولاً به دو گروه منطبق و نامنطبق تقسیم شده و سپس نمودار کنترلی بر مبنای این طرح طبقه‌بندی دوسطحی طراحی می‌شود. نمودار کنترلی نسبت اقلام نامنطبق (P) از جمله رایج‌ترین نمودارهای کنترلی شوهارتی است که بر مبنای این طرح طبقه‌بندی ساخته می‌شوند. اما وضعیت‌هایی نیز وجود دارند که در آن‌ها برای دستیابی به عملکرد بهتر نمودار کنترلی باید از یک طرح طبقه‌بندی با سه سطح یا بیش‌تر استفاده کنیم. نمودارهای کنترلی شوهارتی را می‌توان برای این طرح طبقه‌بندی تعمیم داده و برای کنترل بهتر تغییرپذیری مورد استفاده قرار داد. اما این نوع از نمودارهای کنترلی شوهارتی نیز مانند سایر نمودارهای کنترلی شوهارتی نسبت به کشف تغییرات فرایندی کوچک حساس نیست. بنابر این، طراحی نمودارهای کنترلی با استفاده از طرح کنترلی *EWMA* و بر مبنای طرح طبقه‌بندی ذکر شده می‌تواند راه حل مناسبی باشد.

با توجه به آنچه که گفته شد، هدف از این پژوهش معرفی نمودارهای کنترلی سه‌سطحی شوهارتی و میانگین متحرک موزون نمایی و ارزیابی عملکرد آن‌ها توسط معیار متوسط طول اجرا می‌باشد. علاوه بر این، مقایسه عملکرد نمودارهای کنترلی سه‌سطحی ذکر شده با استفاده از معیار متوسط طول اجرا نیز مد نظر است.

۴.۱ تعریف مفاهیم و واژه‌های اختصاصی

در این پایان‌نامه تعاریف و مفاهیم زیر مورد استفاده قرار گرفته است.
طرح طبقه‌بندی سه‌سطحی: طرحی است که برای طبقه‌بندی یک مشخصه‌ی تکی از محصول سه سطح

گسسته (منطبق، حاشیه‌ای و نامنطبق) را مورد استفاده قرار می‌دهد.

نمودار سه‌سطحی: هرگاه برای طراحی و اجرای نمودارکنترلی به منظور کاهش تغییرپذیری در فرایند تولید محصول از طرح طبقه‌بندی سه‌سطحی استفاده کنیم، نمودارکنترلی حاصل، نمودارکنترلی سه‌سطحی نامیده می‌شود.

محصول سه‌سطحی: محصولی است که برای کنترل تغییرپذیری در فرایند تولید آن از طرح طبقه‌بندی سه‌سطحی استفاده می‌شود.

محصول منطبق: محصولی است که مشخصات آن با مشخصات مورد نظر طراح مطابقت داشته و در نتیجه درجه کیفیت آن قابل قبول می‌باشد.

محصول نامنطبق: محصولی است که مشخصات آن با مشخصات مورد نظر طراح مطابقت نداشته و در نتیجه درجه کیفیت آن قابل قبول نمی‌باشد.

محصول حاشیه‌ای: محصولی که درجه کیفیت آن به گونه‌ای است که در هیچ یک از طبقه‌های مربوط به محصول‌های منطبق و نامنطبق قرار نمی‌گیرد.

۵.۱ پیشینه‌ی تاریخی

نظریه‌ی کلی نمودارهای کنترلی ابتدا توسط دکتر والتر شوهارت در سال ۱۹۳۱ ارائه شد. نمودارهای کنترلی شوهارتی ابزار قدرتمندی برای کشف تغییرات فرایندی بوده، و همچنین طراحی و اجرای آن‌ها برای متصدیان آسان می‌باشد. با وجود این، نمودارهای کنترلی شوهارتی نسبت به پی بردن به وجود تغییرات کوچک در فرایند نسبتاً بی تفاوت هستند. رابرتس (۱۹۵۹) نمودار کنترلی *EWMA* را معرفی کرد که در کشف تغییرات فرایندی کوچک عملکرد مناسبی از خود نشان می‌دهد. در طرح‌های کنترلی ذکر شده به منظور طراحی نمودار کنترلی از طرح طبقه‌بندی دو سطحی استفاده می‌شود، اما وضعیت‌های زیادی وجود دارند که در آن‌ها برای دستیابی به عملکرد بهتر نمودار کنترلی باید از یک طرح طبقه‌بندی با سه سطح یا بیشتر استفاده کرد. کسیدی و ناچلاس (۲۰۰۳) چنین طرح طبقه‌بندی را به عنوان یک معیار کیفیتی محصول چندسطحی مد نظر قرار داده و روشی کلی را به منظور ارزیابی و اجرای طرح‌های نمونه‌گیری برای پذیرش سه‌سطحی ارائه کردند. کسیدی و ناچلاس (۲۰۰۶) نمودارهای کنترلی شوهارتی را برای طرح‌های