

کاربرد تکنیک طراحی آزمایش‌ها در چارچوب نظام مدیریت کیفیت، به منظور بررسی و ارزیابی تأثیر عوامل مختلف بر عملکرد فرایندهای سازمان صنایع دفاع

مهدی کرباسیان (دانشیار)

دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر شاهین شهر، اصفهان

رامین رستم‌خانی* (کارشناس ارشد)

دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران

مهندسی صنایع و مدیریت شریف، تابستان ۱۳۹۶ (دوره ۱، شماره ۱/۱، ص. ۹۵-۱۰۳)

«طراحی و تحلیل آزمایش‌ها» یکی از قوی‌ترین و کاربردی‌ترین تکنیک‌های آماری موجود در بین مجموعه ابزارهای آماری مهندسی کیفیت است که از منظر فرایندی، با توجه به استاندارد ISO 9001 که از سازمان‌ها خواسته است تا ویژگی‌ها و روند فرایندها و محصولات خود را به عنوان نتایج پایش و اندازه‌گیری ارائه دهند، قابلیت بسیار مطلوبی در تحلیل عملکرد فرایندها دارد. نوآوری اصلی این تحقیق در حوزه‌ی کاربرد طراحی و تحلیل آزمایش‌ها در سنجش اثرات عوامل مختلف سازمانی بر فرایندهای مربوطه در نظام مدیریت کیفیت است. موردکاوی مهم این تحقیق در سازمان صنایع دفاع و صنایع منتخب دهگانه‌ی آن است. در این تحلیل ملاحظه شد که ضرورت تغییرات بنیادین در مفاهیم برنامه‌ریزی آموزشی و سبک مدیریت اجتناب‌ناپذیر است. روش صحه‌گذاری کاربرد این تکنیک در مبحث فرایندی نظام مدیریت کیفیت، نوآوری دیگر این تحقیق است.

واژگان کلیدی: نظام مدیریت کیفیت، تکنیک طراحی و تحلیل آزمایش‌ها، عملکرد فرایندها.

mkarbasian@yahoo.com
rostamkhani.ramin@gmail.com

۱. مقدمه

کیفیت و مبحث فرایندمحوری این نظام‌ها، اگرچه تکنیک‌های متعددی از فنون آماری مهندسی کیفیت -- نظیر ابزارهای کنترل آماری فرایند یا آزمون استقلال‌سنجی کای دو (k^2) -- در تعیین تحت کنترل بودن یا صحت عملکرد یک فرایند در صنایع مختلف (نظیر صنایع دفاعی) کاربرد داشته است، عملکرد فرایندهای سازمان صنایع دفاع در شرایط تأثیر یا عدم تأثیر عوامل مختلف بر چارچوب نظام مدیریت کیفیت به طور واضح و روشن مورد توجه قرار نگرفته است. در نتیجه هدف پژوهش‌گران این تحقیق ضمن مروری بر سوابق کاربرد تکنیک طراحی آزمایش‌ها در صنایع مختلف، بیان مشخص کاربردهای عمومی، مزایا و محدودیت‌های این تکنیک قوی آماری است. در ادامه به کاربرد خاص این تکنیک در تحلیل ارتباط عوامل مختلف، به عنوان منابع تیماری یا اغتشاش روی عملکردهای فرایندهای سازمان صنایع دفاع خواهیم پرداخت.

بنابراین نوآوری اصلی این تحقیق در حوزه‌ی کاربرد طراحی و تحلیل آزمایش‌ها در سنجش اثرات عوامل مختلف سازمانی بر فرایندهای مربوطه در چارچوب نظام مدیریت کیفیت است تا از این طریق احاطه‌ی بیشتر و عمیق‌تری بر فرایندهای سازمان فوق حاصل شود. افزایش اثرات مثبت عوامل مختلف موجب تقویت فرایندهای

به‌طورکلی طراحی و تحلیل آزمایش‌ها به ارزیابی و بررسی‌هایی اطلاق می‌شود که به صورت برنامه‌ریزی شده، و بر پایه‌ی اصول آماری نتایج حاصله برای رسیدن به جواب‌هایی شکل می‌گیرد که در یک سطح اطمینان مشخص تعریف شده است. این تکنیک مانند اعمال تغییراتی در سیستم است که تحت بررسی و ارزیابی آماری، اثر آنها بر سیستم با دقت مطالعه می‌شود. ضمن این که اهداف دیگری نظیر صحه‌گذاری بر برخی از ویژگی‌های یک سیستم، یا بررسی اثر یک یا چند عامل بر همین ویژگی‌ها می‌تواند مورد نظر این تکنیک باشد. از منظر فرایندی، با توجه به استاندارد ISO 9001 که از سازمان‌ها خواسته است تا ویژگی‌ها و روند فرایندها و محصولات خود را به عنوان نتایج پایش و اندازه‌گیری ارائه دهند، راهکارهای متعددی توسط محققین و پژوهش‌گران علوم کیفیت در چند دهه‌ی اخیر پیشنهاد و توسط سازمان‌ها و شرکت‌های بزرگ و کوچک که به دنبال استقرار اثربخش نظام‌های مدیریت کیفیت بوده‌اند، اعمال شده است. اما نظر به اهمیت موضوع فرایند در هسته‌ی اصلی نظام‌های مدیریت

* نویسنده مسئول

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۵، اصلاحیه ۱۳۹۴/۴/۸، پذیرش ۱۳۹۴/۵/۲۴.

سازمان مذکور می‌شود، همان‌طور که کاهش یا حتی از بین بردن اثرات منفی این عوامل خارجی فرایندهای سازمان ذکر شده را ایمن می‌سازد. نوآوری دیگر این تحقیق، روش صحه‌گذاری بر کاربرد تکنیک فوق در چارچوب نظام مدیریت کیفیت در یکی از صنایع تابعه‌ی سازمان صنایع دفاع است که نتایج حاصل از آن در انتهای پژوهش ارائه خواهد شد. لازم به ذکر است که نوآوری اصلی تحقیق در حوزه‌ی صنایع منتخب ده‌گانه‌ی سازمان است اما نوآوری بعدی در مبحث صحه‌گذاری بر کاربرد تکنیک فوق در یک صنعت نمونه از بین صنایع منتخب ده‌گانه انجام شده است.

۲. پیشینه‌ی تحقیق

طراحی و تحلیل آزمایش‌ها به‌عنوان یکی از ابزارها و فنون قوی آماری بیش از نیم قرن است که مورد توجه محققین و دانشمندان علوم مختلف در صنایع قرار گرفته است. یکی از کاربردهای مهم این تکنیک، برآورد خطاهای اندازه‌گیری در نتایج نهایی کارهای پژوهشی است که از مباحث زیست‌محیطی و ایمنی و بهداشت گرفته تا صنایع بسیار پیشرفته‌ی هوا و فضا را شامل می‌شود. در این کاربرد تأثیر عوامل مختلف به‌صورت اغتشاش در تخمین صحیح نتیجه‌ی نهایی ارزیابی می‌شود.^[۱] از سوی دیگر اهمیت تجربی جنبه‌های کیفی این تکنیک، به‌خصوص در رفتارهای زیست‌شناختی موجودات زنده، توجه پژوهش‌گران عرصه‌ی علوم زیستی را به خود جلب کرده است، به‌طوری‌که در شرایط خطی و غیر خطی بودن این رفتارها، تلفیق حالات کیفی و کمی برای محاسبه‌ی پارامترهای مورد نیاز، دغدغه‌ی اصلی این دانشمندان بوده است؛ تکنیک مذکور کمک‌های شایان توجهی به روشن شدن موضوع در این زمینه کرده است.^[۲]

در طرف مقابل به‌موازات گسترش اهمیت کاربرد الگوهای ریاضی در مهندسی فرایندها، تکنیک یادشده به‌عنوان یک ابزار کلیدی برای صحه‌گذاری این الگوها مطرح شده است. به عبارت دیگر اگرچه این تکنیک از سال‌ها قبل مورد توجه مهندسان صنعتی بوده و به‌نحو موفقیت‌آمیزی در محدوده‌ی وسیعی از سیستم‌های مهندسی کاربرد داشته است، در شرایط فعلی ظرفیت و پتانسیل بالای این تکنیک به‌گونه‌ی است که الگوهای ریاضی مختلف و پیچیده را در مهندسی فرایندها پوشش می‌دهد. جدول ارائه شده برای جنبه‌های مختلف کاربرد تکنیک مزبور در شاخه‌های مختلف علوم مهندسی^[۳] نشان‌دهنده‌ی فهرستی از مهم‌ترین کاربردهای این تکنیک پر قدرت آماری در علوم و صنایع فرایندی تا سال ۲۰۰۸ میلادی است.

در سال‌های اخیر و به‌موازات گسترش علوم در ابعاد مهندسی فرایندهای دینامیکی غیرخطی، کاربرد روش‌های عددی در قالب تکنیک طراحی آزمایش‌ها نتایج قابل توجهی به ارمغان آورده است، به‌طوری‌که با این تکنیک پر قدرت و مفید آماری اقدام به بهینه‌سازی ماتریس‌های واریانس - کواریانس پارامترهای مرتبط شده، و نتایج خوب و قابل قبولی استخراج شده است.^[۴]

در کاربردی دیگر به‌عنوان رویکرد جدیدی در علوم، به‌خصوص در زمینه‌ی نرم‌افزاری، آزمایش‌های مختلفی درمورد نرم‌افزارهای کاربردی در علوم، مهندسی پزشکی، بازرگانی و منابع انسانی وجود دارد که قدرت نرم‌افزارهای به کار رفته در حوزه‌های یادشده را سنجیده و خطاهای محاسباتی آنان را آشکار می‌سازد. در این رویکرد، اقتباسی از تکنیک طراحی آزمایش‌ها وجود دارد که نشان‌گر اهمیت روش کارکردی تکنیک مذکور است.^[۵]

گسترش کاربرد تکنیک طراحی آزمایش‌ها در حوزه‌های مختلف حتی حوزه‌های

بازرگانی و تجاری و مشابه این‌ها موضوعی است که خلاف انتظار، اتفاق افتاده است. برخلاف بسیاری از فنون آماری و غیر آماری مهندسی کیفیت که به‌طور عمده در علوم و صنایع مهندسی متعدد کاربرد دارند، این تکنیک در حوزه‌هایی که با علوم انسانی و روان‌شناختی سروکار دارند، نیز وارد شده است. در یک تحقیق قابل توجه در جمهوری چک کاربرد این تکنیک در تحلیل عوامل مؤثر بر رفتار مصرف‌کنندگان در سال ۲۰۱۴ میلادی، دامنه‌ی کاربرد وسیع و منعطف تکنیک یادشده به نمایش گذاشته شده است.^[۶]

در صنایع جدید امروز پرکاربردترین ابزار سنجش تأثیر تغییرات عوامل محیطی، همین تکنیک طراحی آزمایش‌هاست که به‌دلیل ماهیت آماری خود مورد توجه قرار گرفته است. در مواردی که عوامل محیطی غیرقابل مدیریت باشند، می‌توان تأثیرات عوامل مذکور را در صنایع مورد نظر شناسایی و دسته‌بندی کرد و با اتخاذ راهکارهای جبرانی به چاره‌جویی پرداخت. نمونه‌ی بارز این موضوع در تحقیقاتی برای شرکت‌های توزیع برق در کشور برزیل انجام شده، که نتایج آن با استفاده از این تکنیک قوی آماری بوده است.^[۷]

نمونه‌های فراوان دیگری در زمینه‌ی کاربرد تکنیک طراحی آزمایش‌ها، حتی در علم نانو مواد، وجود دارد که نشان‌دهنده‌ی قدرت بسیار زیاد این تکنیک در مقایسه با سایر فنون مهندسی کیفیت است.^[۸] تمام موارد ذکر شده در سوابق کاربردهای مهم تکنیک طراحی آزمایش‌ها به‌صورت فشرده و خلاصه در جدول ۱ دسته‌بندی شده است.

بنابراین چنان‌که از بررسی سوابق تکنیک یادشده برمی‌آید تاکنون عمده‌ی کاربردهای تکنیک طراحی و تحلیل آزمایش‌ها در گستره وسیعی از علوم و صنایع مختلف روی تخمین صحت نتایج پایانی انواع پژوهش‌ها، تلفیق حالات کمی و کیفی برای محاسبه‌ی پارامترهای مهم در رفتارهای زیست‌شناختی موجودات زنده و نیز بررسی الگوهای ریاضی مختلف و حتی پیچیده در مهندسی فرایندهای صنعتی در صنایع متعدد بوده است. علاوه بر این از تکنیک یادشده برای حل مسائل علمی و صنعتی در رسیدن به نقطه‌ی بهینه‌ی انجام یک فرایند استفاده شده است، اما در مبحث نظام‌های مدیریت کیفیت در سازمان‌هایی نظیر سازمان صنایع دفاع که فرایندهای کلان خود را به زیرفرایندهای متعدد در واحدهای ستادی اصلی دسته‌بندی می‌کنند، هنوز هیچ پژوهش سازمان یافته‌ی در زمینه تأثیر یا عدم تأثیر عوامل مختلف بر روی صحت عملکرد این زیرفرایندها انجام نشده است تا با توجه به گستردگی و تنوع زیرفرایندهای فوق‌الذکر و اهمیت ویژه آن در صنایع دفاعی، مشخص شود که عملکرد این زیرفرایندها در صورت تحت کنترل بودن و صحت عملکرد آنها چقدر می‌توانند تحت تأثیر یا عدم تأثیر این عوامل، تفاوت معنی‌داری داشته باشند؟ به عبارت دیگر درمورد عملکرد فرایندها و زیرفرایندهای سازمان به خصوص در چارچوب نظام مدیریت کیفیت، تأثیر یا عدم تأثیر یک فضای پیرامونی با متغیرهای گوناگون بر این عملکرد، سنجیده نشده است.

۳. کاربرد طراحی و تحلیل آزمایش‌ها

این تکنیک برای ارزیابی ویژگی‌های یک محصول، فرایند یا سیستم به‌منظور صحه‌گذاری نسبت به یک استاندارد مشخص، یا برای ارزیابی مقایسه‌ی چندین سیستم با سطح اطمینان معینی به کار می‌رود. صحه‌گذاری بر اثر درمان پزشکی، فرآورده‌های کشاورزی، همچنین ارزیابی اثربخشی انواع گوناگون روش‌ها در تولیدات صنعتی، مصداق کاربردی بودن تکنیک مذکور است.

جدول ۱. سوابق کاربردهای مهم طراحی آزمایش‌ها.

ردیف	شماره مرجع	حوزه‌های مختلف کاربرد طراحی و تحلیل آزمایش‌ها در علوم و صنایع	سال بررسی
۱	[۱]	تخمین صحت نتایج پایانی انواع پژوهش‌ها از نظر خطای اندازه‌گیری	۱۹۸۹
۲	[۲]	محاسبه‌ی پارامترهای مهم در رفتار زیست‌شناختی موجودات زنده	۱۹۹۰
۳	[۳]	تحلیل مهندسی فرایندی در شاخه‌های مختلف علوم و صنایع	۲۰۰۸
۴	[۴]	تحلیل روش‌های عددی در کاربرد مهندسی فرایندهای دینامیکی غیرخطی	۲۰۱۳
۵	[۵]	الگوبرداری از ساختار تکنیک مذکور برای سنجش قدرت و تخمین خطای دقیق محاسباتی در انواع نرم‌افزارهای کاربردی در علوم و صنایع	۲۰۱۳
۶	[۶]	تحلیل عوامل مؤثر بر رفتار مصرف‌کنندگان یک جامعه	۲۰۱۴
۷	[۷]	سنجش تأثیر عوامل محیطی غیر قابل مدیریت به منظور اتخاذ راهکارهای جبرانی در صنایع	۲۰۱۴
۸	[۸]	تخمین محاسباتی در اندازه‌گیری حلقه‌های پسماند مواد به کار رفته در صنایع نانو مواد	۲۰۱۴

فیزیکی نظیر خطاهای انسانی یا دستگاهی، همچنین اثرات متقابل عوامل مختلف یک سیستم -- نظیر تأثیرات متقابل کارکنان و محیط کار -- اگرچه با انتخاب اندازه نمونه و رعایت ملاحظات دیگر، ریسک خطا در نتیجه‌گیری‌های این تکنیک را کاهش داده و قابل قبول می‌سازد، اما به صفر نمی‌رساند. علاوه بر این در تعمیم نتایج این تکنیک به محدوده‌های خارج از مقادیر تحت آزمایش، همیشه باید توجه ویژه داشت چون به هر حال امکان دارد محیط جدید مورد بررسی، تحت کنترل نباشد و عوامل جدیدی بر آن تأثیر بگذارند.^[۹]

۶. لزوم ارزیابی تأثیر یا عدم تأثیر عوامل مختلف

این موضوع دلیل اصلی تحقیق انجام شده است. به عبارت دیگر در سازمان‌های دفاعی نظیر سازمان صنایع دفاع به طور معمول بررسی و ارزیابی تأثیر یا عدم تأثیر عوامل مختلف بر فرایندها و زیرفرایندها به دلایل متعدد، مورد غفلت واقع می‌شود. یعنی در بهترین حالت ممکن، مراحل انجام شده در این زمینه در سازمان عبارت است از:

- حصول اطمینان از تحت کنترل بودن فرایندها و زیرفرایندهای سازمانی که به طور متداول با استفاده از نمودارهای کنترل آماری فرایند حاصل می‌شود.
- حصول اطمینان از مطلوبیت خروجی فرایندها و زیرفرایندها با استفاده از شاخص‌های قابلیت فرایندی.
- پیشرفته‌ترین اقدام بعدی طبق گزارش‌های ممیزی مرکز استاندارد دفاعی ایران، سنجش ماهیت عملکرد فرایندی با آزمون کای دو بوده که نسبت به بررسی استقلال یا وابستگی عملکرد این فرایندها و زیرفرایندها از واحدهای سازمانی، در برخی صنایع خاص اقدام شده است.

همانطور که ملاحظه می‌شود در واقع تحقیق پیشرفته‌تری -- به خصوص در زمینه تأثیر یا عدم تأثیر گزینه‌های یک فضای متغیر بر عملکرد فرایندها و زیرفرایندها انجام نشده، در حالی که فضای همه‌ی سازمان‌ها از جمله سازمان صنایع دفاع سرشار از متغیرهای گوناگون است.

اما کاربردی‌ترین جنبه‌ی این تکنیک، بررسی سیستم‌های پیچیده‌ی است که خروجی آنها ممکن است از عوامل بالقوه متعدد تأثیرپذیر باشند. در نتیجه هدف از طراحی آزمایش‌ها در این شرایط، بهینه‌سازی ویژگی مورد نظر یا کاهش تغییرپذیری آن است. در این حالت تکنیک مذکور برای شناسایی عواملی که بیشترین تأثیر مثبت یا منفی را روی ویژگی مورد نظر در سیستم دارند، از طریق بررسی و ارزیابی نتایج حاصل از منابع اغتشاش عمل می‌کند. همچنین چگونگی اثرات متقابل بین عوامل مختلف را در صورت وجود، ارزیابی می‌کند. نتایج به دست آمده ممکن است برای تسهیل طراحی و توسعه‌ی یک محصول یا فرایند، یا برای کنترل یا بهبود سیستم موجود مورد استفاده قرارگیرد. مثال‌هایی از این دست برای کنترل یا بهبود میانگین یا کاهش تغییرپذیری برخی ویژگی‌های فرایند نظیر بازده فرایند، استحکام محصول یا دوام تولیدات کارخانه‌ی برای صنایعی نظیر صنایع الکترونیک، خودروسازی یا مواد شیمیایی فراوان است.^[۹]

۴. مزایای طراحی و تحلیل آزمایش‌ها

در مورد مزایای این تکنیک بر قدرت آماری در ISO ۱۰۰۱۷ و نیز مراجع وابسته به آن مطالب زیادی نگاشته شده که مهم‌ترین آن کارایی بالا و اقتصادی بودن آن در بررسی اثرات چندین عامل در یک فرایند، در مقایسه با تأثیر همین عوامل به طور جداگانه است. همچنین توانایی این تکنیک در شناسایی اثرات متقابل بین عوامل معین، می‌تواند به شناخت عمیق‌تری از فرایند منجر شود. علاوه بر این با استفاده از روش درست به‌کارگیری این تکنیک، ریسک خطا در یافتن تصادفی وابستگی بین دو یا چند متغیر (در قالب روابط علت و معلولی)، به نحو قابل ملاحظه‌ی کاهش می‌یابد.^[۹]

۵. محدودیت‌های طراحی و تحلیل آزمایش‌ها

در تمام سیستم‌ها، تغییرپذیری ذاتی برخی از سطوح، در برخی از موارد، مانع بررسی نتایج شده یا منجر به نتیجه‌گیری نادرست می‌شوند. اثرات اجتناب‌ناپذیر برخی عوامل

بیان نشده است تا مشخص شود که تأثیر این موضوعات بر عملکرد فرایندهای نظام مدیریت کیفیت، تفاوت معنی‌داری ایجاد می‌کند یا خیر؟
لازم به ذکر است که بررسی و ارزیابی تأثیر سایر عوامل رضایت شغلی و دیگر عوامل بر روی عملکرد فرایندها و زیرفرایندهای سازمان در چارچوب نظام مدیریت کیفیت به دلیل حجم بسیار زیاد عملیات ریاضی و آماری مورد نیاز و اهمیت کم‌تر در تحلیل‌های آماری مرتبط از دستور کار این پژوهش خارج شد، اما طبیعی است که اساس و روش کار مشابه خواهد بود. فرمول‌های مورد استفاده در تحلیل واریانس دوطرفه به شرح ذیل است:^[۱۰]

$$SS_{Treatment} = \frac{1}{b} + \sum_{i=1}^a Y_{io}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^a Y_{io})^2}{a \times b} \quad (1)$$

$$MS_{Treatment} = \frac{SS_{Treatment}}{a - 1} \quad (2)$$

$$SS_{Block} = \frac{1}{a} + \sum_{j=1}^b Y_{oj}^2 - \frac{(\sum_{j=1}^b Y_{oj})^2}{a \times b} \quad (3)$$

$$MS_{Block} = \frac{SS_{Block}}{b - 1} \quad (4)$$

$$SS_{Error} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij})^2}{a \times b} \quad (5)$$

$$MS_{Error} = \frac{SS_{Error}}{(a - 1)(b - 1)} \quad (6)$$

$$F_{Treatment} = \frac{MS_{Treatment}}{MS_{Error}} \quad (7)$$

$$F_{Block} = \frac{MS_{Block}}{MS_{Error}} \quad (8)$$

در فرمول‌های پیش‌گفته $SS_{Treatment}$ جمع مقادیر تیماری، SS_{Block} جمع مقادیر تیماری یا ستونی، a تعداد حالات تیماری یا سطری، b تعداد حالات اغتشاش یا ستونی است. همچنین $MS_{Treatment}$ میانگین مقادیر تیماری و MS_{Block} میانگین مقادیر اغتشاش، Y_{io} جمع مقادیر سطر i ام، Y_{oj} جمع مقادیر ستون j ام، SS_{Error} جمع مقادیر خطا، Y_{ij} مقادیر موجود در سطر i ام و ستون j ام و MS_{Error} میانگین خطاست.

چنان که پیش‌تر نیز اشاره شد، داده‌های جمع‌آوری شده در صنایع منتخب ده‌گانه‌ی سازمان صنایع دفاع در چارچوب نظام مدیریت کیفیت و به‌صورت میانگین در هر حوزه به‌ازای دو عامل مهم یادشده در این تحقیق — نوع برنامه‌ریزی آموزشی و سبک مدیریتی مدیران — بوده است. به‌عنوان مثال در ده معاونت تضمین کیفیت در ده صنعت منتخب سازمان، میانگین بازده عملکرد اهداف کیفیت این حوزه در طی یک دوره پنج‌ساله، در شرایط دو نوع برنامه‌ریزی آموزشی (در پنج صنعت غیر متمرکز و در پنج صنعت دیگر متمرکز) در اولین ستون مربوطه ثبت شده است. همچنین میانگین بازده عملکرد اهداف کیفیت این حوزه طی همان دوره پنج‌ساله، در شرایط دو نوع سبک مدیریتی (در پنج صنعت مدیریت باز و در پنج صنعت دیگر مدیریت بسته) در پایین همان ستون قبلی ثبت شده است. نتایج حاصل از جمع‌آوری داده‌ها در جدول ۲ قابل مشاهده است.

سبک مدیریتی باز در محدوده مدیریت تفویضی، مشارکتی و حمایتی معنی شده و سبک مدیریتی بسته در این تحلیل به‌صورت مدیریت آمرانه در نظر گرفته می‌شود. در آزمون‌های فرض زیر $F_{Treatment}$ آماره‌ی توزیع F برای تیمار و

از آنجا که چارچوب مورد نظر پژوهش‌گران این تحقیق نظام مدیریت کیفیت برای فرایندها و زیرفرایندهای سازمان صنایع دفاع است، و در سازمان مذکور وسعت و تنوع تأثیر عوامل مختلف بسیار زیاد است، لذا در مواجهه با عوامل مذکور، شناسایی و دسته‌بندی این عوامل، تقویت اثرات مثبت و کاهش یا حتی از بین بردن اثرات عوامل منفی امری اجتناب‌ناپذیر به‌شمار می‌رود. برای دسترسی به این هدف، کاربرد تکنیک طراحی و تحلیل آزمایش‌ها به‌دلیل قدرت بالای آماری، بسیار ثمربخش خواهد بود.

۷. چگونگی نحوه‌ی ارزیابی و تحلیل عوامل مختلف

به‌منظور ارزیابی و تحلیل‌های آماری تکنیک طراحی و تحلیل آزمایش‌ها برای موضوع یادشده، در صورت وجود منبعی برای سنجش از روش تحلیل واریانس یک‌طرفه، و در صورت وجود دو منبع برای سنجش از تحلیل واریانس دوطرفه، و در صورت وجود سه منبع برای سنجش از طرح مربع لاتین، و در صورت وجود چهار منبع برای ارزیابی و سنجش از طرح مربع لاتین — گریکو استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که در سنجش آماری منابع یادشده، اولین منبع به‌عنوان تیمار و سایر منابع به‌عنوان اغتشاش در نظر گرفته می‌شود؛ در صورت وجود فرض منابع متعدد به‌عنوان تیمارهای مختلف و مستقل، از فرمول‌های تعمیم یافته در حالت کلی استفاده می‌شود.^[۱۰]

۸. مورد کاوی در سازمان صنایع دفاع

در این پژوهش ده صنعت برتر از صنایع تابعه‌ی سازمان صنایع دفاع انتخاب شد و به‌دلیل ساختار مشابه سازمانی، عملکرد واحدهای ستادی در تحقق اهداف عملیاتی به روش تحلیل واریانس دوطرفه مورد توجه قرار گرفت. علت انتخاب این روش در تحقیق انجام شده، بررسی و ارزیابی تأثیر عوامل مختلف به‌صورت دوجانبه بر عملکرد واحدهای ستادی صنایع ده‌گانه بود. این واحدهای ستادی در صنایع یادشده عبارت‌اند از: ۱. معاونت تضمین کیفیت؛ ۲. معاونت طرح و برنامه؛ ۳. معاونت بازرگانی؛ ۴. معاونت مالی و امور اقتصادی؛ ۵. معاونت منابع انسانی؛ ۶. مدیریت ایمنی و بهداشت؛ ۷. مدیریت مخازن.

لازم به ذکر است که امتیاز عملکرد هر واحد، میانگین امتیاز آن واحد در صنایع ده‌گانه‌ی سازمان است، ضمن این که دوره زمانی مورد بررسی در صنایع یادشده برای بازه زمانی پنج سال اخیر بوده است. از سوی دیگر در یک نظرسنجی داخلی که در بحث رضایت شغلی در درون سازمان انجام شده است، از بین عوامل مختلف دسته‌بندی شده در رضایت شغلی کارکنان که بر عملکرد تمام واحدها تأثیر مستقیم داشته، دو عامل مهم اعلام شده در نظرسنجی جداگانه سازمان از کارکنان منتخب صنایع تابعه که بیشترین اهمیت را (بالای ۵۰ درصد) برای کارکنان سازمان داشته، عبارت است از: ۱. نوع برنامه‌ریزی آموزشی صنایع؛ ۲. سبک مدیریتی مدیران صنایع. با توجه به این دو عامل در تحقیق حاضر، و با استفاده از تکنیک طراحی آزمایش‌ها بررسی شد که آیا تأثیر این عوامل تفاوت معنی‌داری در عملکرد واحدهای صنایع تابعه ایجاد کرده یا خیر؟ تا از این رهگذر معلوم شود که عملکرد زیرفرایندهای هر واحد در یک نظام مدیریت کیفیت چقدر تابع عوامل بیرون از نظام مدیریت کیفیت است. اگرچه موضوع آموزش و تعهد مدیریت در نظام مدیریت کیفیت به صراحت تعریف شده، اما نوع برنامه‌ریزی آموزشی در درون یک سازمان یا سبک مدیریتی مدیران ارشد صنایع در نظام مدیریت کیفیت به صراحت تعریف نشده و اثرات آن

جدول ۲. داده‌های تحلیل واریانس دوطرفه عملکرد.

Y_{i0}	مدیریت مخازن	مدیریت ایمنی و بهداشت	معاونت منابع انسانی	معاونت مالی و اقتصادی	معاونت بازرگانی	معاونت طرح و برنامه	معاونت تضمین کیفیت	اغتشاش
								تیمار
۵۶۶,۲۳	۷۵,۱۵	۶۳,۲۵	۶۴	۱۱۵	۹۵,۷۰	۸۹,۴۲	۶۳,۷۱	برنامه‌ریزی آموزشی غیر متمرکز
۶۵۴,۰۹	۱۱۰	۹۴,۰۵	۴۹,۷۵	۸۵,۳۰	۱۰۸,۲۵	۹۱,۴۲	۱۱۵,۳۲	برنامه‌ریزی آموزشی متمرکز
۱۲۲۰,۳۲	۱۸۵,۱۵	۱۵۷,۳	۱۱۳,۷۵	۲۰۰,۳	۲۰۳,۹۵	۱۸۰,۸۴	۱۷۹,۰۳	Y_{0j1}
۶۴۳,۸۶	۸۷	۱۰۲,۲۵	۷۳,۱۲	۱۱۲,۲۵	۸۷,۳۱	۹۲,۷۸	۸۹,۱۵	سبک مدیریتی باز
۶۸۵,۸۸	۱۰۷	۹۵	۹۳,۱۲	۸۲,۱۹	۱۲۱,۳۵	۱۱۷,۲۲	۷۰	سبک مدیریتی بسته
۱۳۲۹,۷۴	۱۹۴	۱۹۷,۲۵	۱۶۶,۲۴	۱۹۴,۴۴	۲۰۸,۶۶	۲۱۰	۱۵۹,۱۵	Y_{0j2}

F_{Block} آماره‌ی توزیع F برای اغتشاش است.

ب) تحلیل

ملاحظه می‌شود که تغییر نحوه‌ی برنامه‌ریزی آموزشی از روش غیرمتمرکز به متمرکز، برخلاف انتظار، تفاوت معنی‌داری در عملکرد زیرفرایندهای سازمان ایجاد نکرد زیرا در برنامه‌ریزی آموزشی غیرمتمرکز نیازهای آموزشی از سطوح مختلف کارکنان دریافت و اولویت نیازهای آموزشی با مشارکت کامل کارکنان به‌کندی انجام می‌شود، در حالی که در برنامه‌ریزی آموزشی متمرکز، تصمیم‌گیرندگان براساس نیاز صنعت و سازمان برای نیازهای آموزشی سطوح مختلف کارکنان به‌سرعت تصمیم می‌گیرند. بنابراین شاید معنای خاص عدم بروز تغییر خاص در عملکرد کارکنان، در گذار از برنامه‌ریزی آموزشی غیرمتمرکز به متمرکز این باشد که تأثیر برنامه‌ریزی هوشمند توسط یک تیم تخصصی در امر آموزش بر عملکرد زیرفرایندهای سازمان به‌مراتب بیشتر است تا تمرکز یا عدم تمرکز. از سوی دیگر سبک مدیریتی نیز برخلاف انتظار، تفاوت معنی‌داری در عملکرد زیرفرایندهای سازمان ایجاد نکرد که علت آن نیز می‌تواند عدم تفاوت در سبک‌های مدیریتی تعریف شده باشد. به عبارت دیگر برداشت و درک مدیران سازمان از انواع سبک‌های مدیریتی در سازمان تفاوت قابل توجهی ندارد، لذا عملکرد زیرفرایندهای سازمان نیز در این تحلیل تفاوت معنی‌داری نخواهد داشت، در حالی که اکثر تحقیقات مدیریتی نوین در زمینه‌ی انواع سبک‌های مدیریت، فواید بی‌شماری در زمینه‌ی سبک مدیریتی باز در محدوده‌ی مدیریت تفویضی، مشارکتی و حمایتی اعلام نموده‌اند. از طرف دیگر، به دلیل ساختار یکسان واحدها و وجود سلسله‌مراتب مشابه، تفاوت واحدها نیز در هر دومورد معنی‌داری نیست. در این حالت نیز انتظار می‌رفت بازده عملکرد واحدهای ستادی دارای کارکرد بیشتر علمی (نظیر تضمین کیفیت یا طرح و برنامه) در مقایسه با واحدهای ستادی دارای کارکرد کم‌تر علمی (نظیر بازرگانی و مخازن)، تفاوت معنی‌داری از خود نشان دهند.

در مجموع، از به‌کارگیری فرایند طراحی آزمایش در صنایع منتخب ده‌گانه‌ی سازمان صنایع دفاع در ارتباط با دو موضوع روش برنامه‌ریزی آموزشی و سبک‌های مدیریتی، می‌توان چنین نتیجه گرفت که در عرصه‌ی آموزش و سبک مدیریت سازمان، بازنگری جدی در تغییر مفاهیم موجود امری ضروری است تا تغییرات لازم در هر دو زمینه، تأثیرات مثبت خود را نشان دهد. گستره‌ی این بازنگری در زمینه‌ی برنامه‌ریزی آموزشی به‌جای تمرکز یا عدم تمرکز می‌تواند بر تخصصی‌تر شدن نیازسنجی آموزشی تکیه داشته باشد یا در زمینه‌ی سبک‌های مدیریتی به‌جای سبک‌های باز و بسته می‌تواند بر مدیریت هوشمند و هدف‌گرا با تکیه بر سرمایه‌های دانشی سازمان تأکید داشته باشد. بنابراین عارضه‌یابی دلایل عدم تأثیرگرزینه‌های به ظاهر مؤثر بر عملکرد فرایندها و زیرفرایندهای یک نظام مدیریت کیفیت می‌تواند نتایج غیر منتظره به بار آورد. روی دیگر این سکه آن است که فرایندها و زیرفرایندهای سازمان تابع عوامل مختلف بیرونی نیستند و به‌شدت غیرمنعطف و بسیار ناپویا عمل می‌کنند؛ در واقع

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : F_T \leq F_{\alpha, a-1, (a-1) (b-1)} \quad \text{منبع تیماری تفاوت معنی‌داری ایجاد نمی‌کند.} \\ H_1 : F_T > F_{\alpha, a-1, (a-1) (b-1)} \quad \text{منبع تیماری تفاوت معنی‌داری ایجاد می‌کند.} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : F_B \leq F_{\alpha, b-1, (a-1) (b-1)} \quad \text{منبع اغتشاش تفاوت معنی‌داری ایجاد نمی‌کند.} \\ H_1 : F_B > F_{\alpha, b-1, (a-1) (b-1)} \quad \text{منبع اغتشاش تفاوت معنی‌داری ایجاد می‌کند.} \end{array} \right.$$

الف) محاسبات

$$SS_{Programming\ of\ Trainnig} = 551,38$$

$$MS_{Programming\ of\ Trainnig} = 551,38$$

$$SS_{Department} = 2846,64$$

$$MS_{Department} = 474,44$$

$$SS_{Error} = 5883,35$$

$$MS_{Error} = 98,056$$

$$F_{Programming\ of\ Trainnig} = 0,56 < 5,99 = F_{0,05,1,6}$$

$$F_{Department} = 0,48 < 4,28 = F_{0,05,6,6}$$

$$SS_{Management\ Style} = 126,12$$

$$MS_{Management\ Style} = 126,12$$

$$SS_{Department} = 1176,36$$

$$MS_{Department} = 196,06$$

$$SS_{Error} = 3115,825$$

$$MS_{Error} = 519,30$$

$$F_{Management\ Style} = 0,24 < 5,99 = F_{0,05,1,6}$$

$$F_{Department} = 0,38 < 4,28 = F_{0,05,6,6}$$

جدول ۳. اطلاعات جامعه آماری.

عنوان	تعداد	سطح تحصیلات	درصد تحصیلات	میزان آشنایی با نظام مدیریت کیفیت	درصد آشنایی با نظام مدیریت کیفیت	میزان آشنایی با تکنیک طراحی آزمایش‌ها	درصد آشنایی با تکنیک طراحی آزمایش‌ها
مدیران	۱۳	لیسانس	۸۰	خیلی زیاد	۱۵	خیلی زیاد	۱۰
				زیاد	۵۰	زیاد	۳۵
کارشناسان	۱۳	فوق لیسانس	۲۰	متوسط	۳۰	متوسط	۴۵
				کم یا خیلی کم	۵	کم یا خیلی کم	۱۰

جدول ۴. نتایج تجزیه و تحلیل.

اولویت تأثیر بر اساس آزمون فریدمن	واریانس نظرات	میانگین نظرات	صحة‌گذاری کاربرد تکنیک طراحی آزمایش‌ها در نظام مدیریت کیفیت
—	۲٫۵	۷٫۱۷	اهمیت آماری تکنیک یاد شده در بررسی و ارزیابی تأثیر عوامل مختلف در عملکرد فرایندهای سازمانی
۲	۰٫۷۸	۶٫۹۵	تأثیر در ارزیابی و تحلیل ویژگی‌ها و روند فرایندها و محصولات سازمان
۱	۱٫۴۵	۷٫۳۰	تأثیر در تولید محصول منطبق در سطح سازمان
۳	۰٫۴۲	۵	تأثیر در ارتقاء رضایت مشتری از محصولات سازمان

فرایندهای سازمان صنایع دفاع با امتیاز ۷٫۱۷ از ۹ دارای امتیاز بالایی است؛ ولی واریانس ۲٫۵ اتفاق نظر بالایی را در صنعت دفاعی نمونه نشان نمی‌دهد. این امر دلایل متعددی می‌تواند داشته باشد. از سوی دیگر پیامدهای این تکنیک طبق اولویت‌بندی آزمون فریدمن در نرم‌افزار Spss عبارت است از:

۱. تولید محصول منطبق با اولویت اول؛
۲. تحلیل ویژگی‌ها و روند فرایندها و محصولات با اولویت دوم؛
۳. ارتقاء رضایت مشتری با اولویت سوم.

پیامدهای فوق مطابق یک پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد در دانشگاه مالک اشتر تهران که به دنبال الگویی در به‌کارگیری اثربخشی نمون آماری مهندسی کیفیت برای اجرای نظام مدیریت کیفیت بوده، مورد توجه و ارزیابی تحلیلی کامل واقع شده است.^[۱۱]

نکته‌ی حائز اهمیت در این سنجش آن است که از نظر پاسخ‌دهندگان جامعه‌ی آماری صنعت نمونه، تأثیر کاربردی این تکنیک در تولید محصول منطبق بیشتر از تأثیر کاربرد تکنیک فوق‌الذکر در ارزیابی و تحلیل ویژگی‌ها و روند فرایندها و محصولات سازمانی است، اگرچه این برتری خیلی محسوس نیست و اتفاق نظر کم‌تری در آن وجود دارد. در پایان نیز کم‌ترین تأثیر تکنیک مذکور در ارتقاء رضایت مشتری از محصولات سازمان با امتیاز ۵ از ۹ است که از دید پاسخ‌دهندگان با اتفاق نظر قابل قبول ۰٫۴۲ در واریانس اعلام شده است. لازم به ذکر است هرچه واریانس پاسخ‌دهندگان کم‌تر باشد، اتفاق نظر بیشتر و هرچه واریانس پاسخ‌دهندگان بیشتر

دچار نوعی بی‌تفاوتی و رخوت شده‌اند که در درازمدت برای سازمان عواقب نامناسبی در بر خواهد داشت و بدون شک در بهره‌وری نظام‌های مدیریت کیفیت اثر منفی خواهد گذاشت.

۹. صحة‌گذاری بر کاربرد تکنیک طراحی آزمایش‌ها

در بخش پایایی این مقاله، به‌منظور صحة‌گذاری بر کاربرد تکنیک یاد شده به نتایج یک تحقیق میدانی در یک صنعت دفاعی نمونه از صنایع تابعه‌ی سازمان صنایع دفاع پرداخته می‌شود.

۹.۱. اطلاعات جامعه‌ی آماری تحقیق

این پژوهش در یکی از صنایع دفاعی نمونه‌ی تابعه‌ی سازمان صنایع دفاع، مطابق جدول ۳ برای یک جامعه‌ی آماری منتخب انجام شده است. در این جامعه‌ی آماری سطح تحصیلات، میزان آشنایی با نظام مدیریت کیفیت همچنین میزان آشنایی با تکنیک طراحی آزمایش‌ها مورد توجه قرار گرفته است.

۹.۲. تحلیل جامعه‌ی آماری

چنان که ملاحظه می‌شود از بین ۲۶ کارمند منتخب در صنعت دفاعی نمونه، نیمی مدیر و نیمی دیگر کارشناس بوده‌اند. از بین این تعداد کارمند، ۸۰٪ دارای مدرک تحصیلی لیسانس و ۲۰٪ دارای مدرک تحصیلی فوق لیسانس بوده اند.

میزان آشنایی پاسخ‌دهندگان با نظام مدیریت کیفیت در دامنه‌ی متوسط تا زیاد ۸۰ درصد بوده است در حالی که میزان آشنایی همین پاسخ‌دهندگان با تکنیک طراحی آزمایش‌ها برای دامنه‌ی متوسط تا زیاد نیز ۸۰ درصد بوده است. بیشترین آشنایی پاسخ‌دهندگان با نظام مدیریت کیفیت در دامنه‌ی زیاد و ۵۰ درصد بوده است، در حالی که بیشترین آشنایی همین پاسخ‌دهندگان با تکنیک طراحی آزمایش‌ها در دامنه‌ی متوسط و ۴۵ درصد بوده است.

۹.۳. تحلیل نتایج پژوهش

در این مرحله، نتایج حاصل از بررسی پرسش‌نامه‌های توزیع شده در یک صنعت دفاعی نمونه که از بین صنایع منتخب ده‌گانه‌ی سازمان انتخاب شده، طبق جدول ۴ تنظیم شده است که در آن نتیجه‌ی اهمیت به‌کارگیری تکنیک یاد شده و نیز تأثیر سه پیامد مهم به کارگیری این تکنیک اعلام شده است.

چنان که در جدول ۴ ملاحظه می‌شود از نظر پاسخ‌دهندگان اهمیت آماری تکنیک طراحی آزمایش‌ها در بررسی و ارزیابی تأثیر عوامل مختلف در عملکرد

جدول ۵. قابلیت اطمینان تحقیق.

Reliability Statistics		
تعداد موارد	ضریب آلفای کرونباخ	ضریب آلفای کرونباخ
۴	۰٫۸۵۵	۰٫۸۵

باشد، اتفاق نظر کم تر است. به عبارت دیگر بین واریانس نظرات پاسخ دهندگان با اتفاق نظر ایشان رابطه‌ی معکوس وجود دارد.

۴.۹. قابلیت اطمینان تحقیق

به منظور حصول اطمینان قابل قبول از دقت نتایج حاصل از پرسش نامه‌ها، قابلیت اطمینان پژوهش سنجیده شد. در این راستا ضریب آلفای کرونباخ با نرم افزار SPSS برای داده‌های آماری این تحقیق محاسبه شده است. ضمن این که برای انجام تحلیل‌های مناسب و کاربردی در سطوح اصلی پژوهش از نرم افزار MiniTab استفاده شده است (برای امتیازدهی به پاسخ‌های شرکت‌کنندگان در نظرسنجی از مقیاس لیکرت از ۱ تا ۹ استفاده شده است). قابلیت اطمینان این تحقیق برای اطلاعات فوق مطابق جدول ۵ حاصل شده است.

ملاحظه می‌شود که قابلیت اطمینان داده‌های آماری این پژوهش عدد ۰٫۸۵ است که حد بسیار قابل قبولی را نشان می‌دهد.

۱۰. نتیجه‌گیری

مقدمه‌ی این تحقیق پس از تعریف تکنیک طراحی و تحلیل آزمایش‌ها، شامل بررسی ضرورت کاربرد این تکنیک در استاندارد ISO ۹۰۰۱ است؛ جایی که ویژگی‌ها و روند فرایندها و محصولات در دامنه‌ی یک نظام مدیریت کیفیت مورد درخواست است. در این مرحله عنوان شد که اگرچه ابزارهای قدرت‌مندی از فنون آماری مهندسی کیفیت، برای حصول اطمینان از تحت کنترل بودن فرایندها و مطلوبیت خروجی فرایندها و نیز سنجش ماهیت صحیح عملکرد فرایندها وجود دارند، هیچ‌کدام نظیر طراحی آزمایش‌ها قادر به تخمین میزان تأثیر عوامل بیرونی بر عملکرد فرایندهای نظام مدیریت کیفیت نیستند.

از سوی دیگر پس از مروری فشرده بر سوابق کاربرد طراحی آزمایش‌ها در علوم و صنایع مختلف و آشنایی با جنبه‌های پرقدرت این تکنیک قوی آماری مشخص شد که در مبحث گسترده‌ی نظام‌های مدیریت کیفیت در بخش‌های دفاعی (نظیر سازمان صنایع دفاع)، هیچ پژوهشی در زمینه‌ی تأثیر عوامل مختلف بر عملکرد زیرفرایندهای آن سازمان انجام نشده است. لذا تکنیک مذکور برای انجام این مهم معرفی شد.

از منظر دیگر پس از بیان کاربرد طراحی و تحلیل آزمایش‌ها و ذکر مزایا و محدودیت‌های این تکنیک به لزوم بررسی و ارزیابی تأثیر عوامل مختلف بر فرایند پرداخته و در گام بعدی به تبیین چگونگی ارزیابی و تحلیل این موضوع اقدام شد. موردکاو مهم این تحقیق به طور طبیعی در سازمان صنایع دفاع و صنایع منتخب ده‌گانه‌ی آن بود و در این بین عملکرد هفت واحد ستادی مهم صنایع یادشده مورد توجه قرار گرفت. با محاسبه‌ی عملکرد زیرفرایندهای بخش‌های مذکور تحت تأثیر دو عامل مهم در صدر فهرست رضایت شغلی کارکنان، یعنی نوع برنامه‌ریزی آموزشی و سبک مدیریتی صنایع، تلاش شد تا میزان تبعیت عملکرد زیرفرایندهای

هر واحد در یک نظام مدیریت کیفیت از عوامل بیرونی مشخص شود. پس از معرفی فرمول‌ها و روابط مورد نیاز، محاسبات مربوطه انجام، و با روش محاسبه‌ی تحلیل واریانس دو طرفه، عملکرد زیرفرایندهای سازمان بررسی شد.

فراز مهم این پژوهش نحوه‌ی تحلیل نتایج حاصل از داده‌های آماری است که سعی شد تا منطق آن مشخص شود. در این تحلیل ملاحظه شد که تغییر برنامه‌ریزی آموزشی از غیرمتمرکز به متمرکز یا تغییر سبک مدیریتی از باز به بسته تفاوت معنی‌داری در عملکرد زیرفرایندهای سازمان ایجاد نمی‌کند، که دلایل عمده آن یکسان بودن روش‌های موجود در برنامه‌ریزی و سبک‌های مدیریتی برای سازمان، یا بی‌حرکتی و ناپویایی خود زیرفرایندهاست که در هر دو صورت، ضرورت تغییرات بنیادین در مفاهیم یادشده را در عرصه‌ی اجرایی سازمان می‌طلبد. به عبارت دیگر عارضه‌یابی دلایل عدم واکنش سازمان به تأثیر دو گزینه مهم این تحقیق، در چارچوب یک نظام مدیریت کیفیت، دستاورد اصلی این پژوهش است که می‌تواند توسط یک تیم تخصصی بررسی و اعلام شود.

در بخش پایانی پژوهش، به منظور صحت‌گذاری بر کاربرد تکنیک فوق در مبحث فرایندی نظام مدیریت کیفیت پس از بیان اطلاعات جامعه‌ی آماری در یک صنعت دفاعی نمونه، یک موضوع مهم و پیامدهای اساسی کاربرد تکنیک طراحی آزمایش‌ها در چارچوب نظام مدیریت کیفیت مورد توجه قرار گرفت. موضوع مهم، سنجش میزان اهمیت تکنیک پیشنهادی در نظام مدیریت کیفیت بود که با امتیاز ۷٫۱۷ از ۹ نمره قابل قبولی را به خود اختصاص داد و میانگین سه پیامد مهم کاربرد تکنیک مذکور ۶٫۴۲ از ۹ بود. در نتیجه میزان صحت‌گذاری بر کاربرد تکنیک طراحی آزمایش‌ها در نظام مدیریت کیفیت حدود ۸۰٪ و نیز میزان صحت‌گذاری بر پیامدهای اصلی کاربرد تکنیک مذکور در نظام مورد بحث، بیش از ۷۰٪ ارزیابی شد. آنچه در انتهای این پژوهش به عنوان دستاوردهای مهم این تحقیق می‌توان ارائه کرد عبارت است از:

۱. معرفی قوی‌ترین ابزار آماری (تکنیک طراحی آزمایش‌ها) برای ارزیابی تأثیر عوامل مختلف بیرونی در نظام مدیریت کیفیت.
۲. آشنایی با نحوه‌ی کاربرد و محاسبات تکنیک یادشده در ارزیابی و سنجش موضوعات مهم مؤثر در عملکرد فرایندهای نظام مدیریت کیفیت استقرار یافته در سازمان‌ها و صنایع.
۳. آشنایی با نحوه‌ی تحلیل تکنیک مذکور و این که چنین تحلیلی در عملکرد فرایندهای یک نظام مدیریت کیفیت در یک محیط واقعی و متأثر از عوامل بیرونی متعدد، چه اطلاعات مفیدی ارائه می‌دهد.
۴. آشنایی با روند صحت‌گذاری علمی بر هر تکنیک یا ابزار آماری و غیرآماری که در سازمان‌ها و صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد.
۵. حصول اطمینان از جامعیت سنجش و بررسی ویژگی‌ها و روند فرایندها در یک نظام مدیریت کیفیت به منظور فراهم کردن بستر رشد و پیشرفت برای نیل به افزایش بهره‌وری سازمانی.

پیشنهاد پژوهش‌گران مطالعه‌ی حاضر برای مطالعات بعدی بررسی نحوه‌ی مؤثر به کارگیری تکنیک طراحی آزمایش‌ها در دیگر عوامل استراتژیک نظام‌های مدیریت کیفیت است. ضمن این که با توجه به ظرفیت بالای این تکنیک در سنجش و تحلیل تأثیر موضوعات مختلف در یک محیط واقعی، می‌توان از ظرفیت‌های آن نیز برای تحلیل و ارزیابی تمام متغیرهای مؤثر در نظام‌های مدیریتی استفاده کرد. چنین تحقیقی در کنار عارضه‌یابی دلایل این تأثیر یا عدم تأثیر بر نظام‌های فوق‌الذکر، دستاوردهای قابل توجهی به همراه خواهد داشت؛ دستاوردهای گسترده‌یی که از دیگر فنون آماری و غیر آماری مهندسی کیفیت نمی‌توان انتظار داشت.

منابع (References)

1. Pronzato, L. and Walt, E. "Experiment design in a bounded - error context: Comparison with D-optimality", *Automatica*, **25**(3), pp. 383-391 (May 1989).
2. Walt, E. and Pronzato, L. "Qualitative and quantitative experiment design for phenomenological models-A survey", *Automatica*, **26**(2), pp. 195-213 (March 1990).
3. Franceschini, G. and Sandro, M. "Model - based design of experiments for parameter precision", *Chemical Engineering Science*, **63**(19), pp. 4846-4872 (October 2008).
4. Telen, D., Houska, B., Logist, F., Van Der Linden, E., Diehl, M. and Van Lemp, J. "Optimal experiment design under process noise using Riccati differential equations", *Journal of Process Control*, **23**(4), pp. 613-629 (April 2013).
5. Kacker, R.N. Kuhn, D.R., Lei, Y. and Lawrence, J.F. "Combinatorial testing for software: An adaptation of design of experiment", *Measurement*, **46**(9), pp. 3745-3752 (November 2013).
6. Macak, T., Regnerova, O. and Taht, S. "Design of experiments for analysis factors influencing consumer behaviour", *Procedia Economics and Finance*, **12**, pp. 371-378 (2014).
7. Leme, R.C., Paiva, A.P., Steele Santos, P.E., Bolestrassi, P.P. and de Lima Galvao, L. "Design of experiments applied to environmental variables analysis in electricity utilities efficiency: The Brazilian case", *Energy Economics*, **45**, pp. 111-119 (September 2014).
8. Tuckava, M., Harman, R., Tucek, P. and Tucek, J. "Design of experiment for hysteresis loops measurement", *Journal of Magnetic Materials*, **368**, pp. 64-69 (November 2014).
9. Rabbani, M. and Mohammadipour, M., *Analysis of Data in ISO10017: 2003*, TUV Company of Iran, Tehran (2005).
10. Montgomery, D., *Design and Analysis of Experiments*, First Edition, Translate Noorosana Rasoul, Publications University of Science and Technology, Tehran (In Persian) (2007).
11. Rostamkhani, R. "Presenting a model for effective employment of statistical techniques of quality engineering in implementation of quality management system (Case study in Maham Group)", Master Thesis, Malek Ashtar University of Technology, Tehran (In Persian) (2013).