دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی صنایع- صنایع

بهینه سازی مسایل چند پاسخه با وجود متغیرهای پاسخ غیر نرمال

استاد راهنما : دکتر امیرحسین امیری

استاد مشاور: دکتر مهدی بشیری

نگارش : حامد موگویی

تابستان ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحیم

تشکر و قدردانی

منت خدای را عزّ و جل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت. اکنون که در پرتو الطاف الهی موفق به گذراندن دوره کارشناسی ارشد خود گردیده و پایان نامه حاضر را به منصه ظهور رسانده ام بر خود واجب می دانم که شکر خدای متعال که همه شرایط و لوازم تحصیل علم را در اختیار من قرار داد به جای آورم.

از خانواده ام که در همه سالهای تحصیل حامی و پشتیبان من بودند کمال تشکر و قدردانی را دارم و امیدوارم که توانسته باشم با موفقیتهای خود اندکی از زحمات ایشان قدردانی کرده باشم.

در مسیر تحقیق صورت گرفته راهنماییهای استاد گرانقدر جناب آقای دکتر امیری همواره راهگشای اصلی من در حل مشکلات بوده و بدون مساعدتهای ایشان این تحقیق به نتیجه مطلوب نمی رسید. همچنین از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر بشیری که به عنوان استاد مشاور پشتیبان من در مسیر این تحقیق بودند کمال امتنان را دارم.

در تحقیق پیش رو دو مطالعه موردی برای تشریح روش پیشنهادی ذکر شده که این مطالعات موردی نتیجه مساعدت جناب آقایان مهندس افشین و مهندس فرخی مدیریت محترم کارخانه و مدیریت کیفیت کارخانه پلاستیک شرکت صنایع ماشین های اداری ایران هستند، جا دارد که از مساعدت ایشان کمال قدردانی را بنمایم.

در پایان امیدوارم این تحقیق گامی مناسب در جهت ارتقای عملکرد صنایع کشور عزیزمان ایران بوده و برای جویندگان دانش منبعی کاربردی و راهگشا واقع شود.

و من الله التوفیق

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

کلیه حقوق این پژوهش متعلق به دانشگاه شاهد بوده و هر گونه استفاده از مطالب و محتویات آن منوط به ذکر منبع و هر گونه کپی برداری از تمام یا بخشی از اثر تنها با کسب مجوز کتبی از دانشگاه مذکور امکانپذیر است.

چکیده

علم طراحی آزمایشات در حالت کلاسیک خود برروی مسایل با یک متغیر پاسخ دارای توزیع نرمال تمرکز می کند، حال آنکه در بسیاری از فرآیندهای تولیدی محصول مورد نظر دارای بیش از یک متغیر پاسخ بوده که این متغیرهای پاسخ ضمن همبسته بودن دارای توزیع های آماری متفاوتی می باشند. در این پایان نامه بهینه سازی مسایل چند پاسخه در طراحی آزمایشات با وجود متغیرهای پاسخ غیر نرمال مورد بررسی قرار می گیرد. رویکرد اصلی در روش پیشنهادی استفاده از شاخص توانایی فرآیند چند متغیره برای تبدیل چند متغیر پاسخ به یک متغیر پاسخ می باشد. محاسبه چنین شاخصی برای چند متغیر پاسخ دارای توزیعهای غیر نرمال خود از نوآوری های این تحقیق می باشد. نوآوری دیگر مطرح شده در این پایان نامه، یافتن تیمار بهینه با در نظر گرفتن میانگین هندسی مقادیر شاخص توانایی فرآیند برای سطوح مختلف متغیرهای کنترلی می باشد. برای محاسبه شاخص توانایی فرآیند مسایل چند پاسخه دو رویکرد به کار برده شده است. (۱) رویکرد ارزیابی و استفاده از روشهای تبدیل داده های غیر نرمال به داده های دارای توزیع نرمال و (۲) استفاده از مدلهای آمیخته گسسته - پیوسته در محاسبه شاخص توانایی فرآیند. کارایی روش پیشنهادی در مسایل با چند متغیر پاسخ پیوسته دارای توزیع غیرنرمال، مسایل با چند متغیر پاسخ گسسته، مسایل با یک متغیر پاسخ نرمال همبسته با یک متغیر پاسخ پواسون و مسایل با یک متغیر پاسخ نرمال آمیخته با یک پاسخ باینری مورد بررسی قرار گرفته است. اثر بخشی روش پیشنهادی از طریق چندین مساله شبیه سازی شده و دو مطالعه موردی صورت گرفته در یک فرآیند تزریق پلاستیک به تصدیق رسیده است. استفاده از روش پیشنهادی با در نظر گرفتن این فرض صورت گرفته است که اثر متقابل بین متغیرهای کنترلی وجود ندارد. نتایج به دست آمده از مثالهای شبیه سازی شده و مطالعات موردی نشان دهنده توانایی روش پیشنهادی در کشف تیمار بهینه برای مسایل طراحی آزمایشات چند پاسخه با وجود متغیرهای پاسخ غیر نرمال می باشد.

کلمات کلیدی: طراحی آزمایشات، مسایل چند پاسخه، متغیرهای پاسخ غیرنرمال، شاخص توانایی فرآیند، تبدیل توزیع داده ها به توزیع نرمال، روش معکوس نورتا، مدل آمیخته باینری - نرمال.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات ۱
۱-۱- مقدمه..... ۲
۱-۲- مفاهیم وتعاریف اولیه ۲
۱-۲-۱- طراحی آزمایشات ۲
۱-۲-۲- ورودی ها ۳
۱-۲-۳- متغیرهای کنترلی ۳
۱-۲-۴- متغیرهای غیر قابل کنترل یا عوامل اغتشاش ۴
۱-۲-۵- متغیرهای پاسخ ۴
۱-۲-۶- جنس متغیرهای پاسخ ۴
۱-۲-۷- اصول طراحی آزمایشات ۵
۱- ۲-۸- مراحل طراحی آزمایشات ۶
۱-۳- نوآوری های تحقیق ۷
۱-۴- مفروضات تحقیق ۸
۱-۵- کاربردهای تحقیق ۸
۱-۶- روش‌های گردآوری اطلاعات. ۸
۱-۷- نحوه شبیه سازی ۸
۱-۸- ساختار پایان نامه ۹
فصل دوم: مرور ادبیات ۱۰
۲-۱- مقدمه..... ۱۱
۲-۲- مرور ادبیات مسایل چند پاسخه در طراحی آزمایشات ۱۱
۲-۲-۱- رویکرد تبدیل مساله چند پاسخه به مساله تک پاسخه..... ۱۲
۲-۲-۲- رویکرد بهینه سازی مقید..... ۲۳
۲-۲-۳- رویکرد هم پوشانی نمودار های همتراز ۲۹
۲-۲-۴- رویکرد نسبت انطباق..... ۳۱
۲-۲-۵- جمع بندی مرور ادبیات مسایل چند پاسخه ۳۲
۲-۳- مرور ادبیات شاخص های توانایی فرآیند ۳۴
۲-۳-۱- شاخص های توانایی فرآیندتک متغیره نرمال..... ۳۵
۲-۳-۲- شاخص های توانایی فرآیند چند متغیره نرمال ۳۷

۲-۳-۳- شاخص های توانایی فرآیند برای متغیرهای پاسخ تک متغیره غیر نرمال ۴۶
۲-۳-۴- شاخص های توانایی فرآیند چند متغیره غیر نرمال ۵۹
۲-۴- بهینه سازی مسایل چند پاسخه با رویکرد استفاده از شاخص توانایی فرآیند ۶۶
۲-۴-۱- رویکرد ارائه شده توسط آواد و کوواچ (۲۰۱۱) ۶۶
۲-۴-۲- تابع مطلوبیت مبتنی بر شاخص های توانایی فرآیند ۶۹
۲-۴-۳- استفاده از رویکرد ارائه شده توسط پلانته (۲۰۰۱) ۷۲
۲-۴-۴- استفاده از شاخص توانایی فرآیند با رویکرد بهینه سازی مقید ۷۴
۲-۵- نتیجه گیری..... ۷۵
فصل سوم: روش های پیشنهادی ۷۷
۳-۱- مقدمه..... ۷۸
۳-۲- روش پیشنهادی..... ۷۹
۳-۲-۱- رویکرد استفاده از روش تبدیل معکوس نورتا ۷۹
۳-۲-۲- استفاده از مدلهای آمیخته گسسته - پیوسته برای محاسبه شاخص توانایی فرآیند ۹۰
۳-۳- نتیجه گیری..... ۹۶
فصل چهارم: مثالهای عددی و مطالعات شبیه سازی ۹۷
۴-۱- مقدمه..... ۹۸
۴-۲- مسایل شبیه سازی شده و مطالعات موردی مربوط به رویکرد تبدیل توزیع داده های غیر نرمال ۹۹
۴-۲-۱- ارزیابی عملکرد روش تبدیل معکوس نورتا در روش ارائه شده توسط عباسی و نیاکی (۲۰۱۰) برای محاسبه شاخص توانایی فرآیند چند متغیره غیرنرمال ۹۹
۴-۲-۲- الگوریتم شبیه سازی برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی در یافتن تیمار بهینه ۱۰۲
۴-۲-۳- ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی در یافتن تیمار بهینه در مسایل چند پاسخه با متغیرهای پاسخ نرمال ۱۰۴
۴-۲-۴- ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی در یافتن تیمار بهینه در مسایل چند پاسخه با متغیرهای پاسخ غیر نرمال پیوسته ۱۰۵
۴-۲-۵- ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی در یافتن تیمار بهینه در مسایل چند پاسخه با متغیرهای پاسخ غیر نرمال گسسته ۱۰۶
۴-۲-۶- مطالعه موردی، بهینه سازی یک فرآیند تزریق پلاستیک با متغیرهای پاسخ آمیخته پواسون - نرمال ... ۱۰۷
۴-۳- مثالهای مربوط به استفاده از مدل آمیخته باینری - نرمال ۱۱۴
۴-۳-۱- محاسبه شاخص توانایی فرآیند برای متغیرهای پاسخ باینری - نرمال ۱۱۴
۴-۳-۲- مطالعه موردی، بهینه سازی یک فرآیند تزریق پلاستیک با متغیرهای پاسخ آمیخته باینری - نرمال ... ۱۱۵
۴-۴- نتیجه گیری..... ۱۱۸

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات برای مطالعات آتی ۱۱۹
۵-۱- مقدمه..... ۱۲۰
۵-۲- جمع بندی و نتیجه گیری ۱۲۰
۵-۳- پیشنهادات برای مطالعات آتی ۱۲۳
منابع و مراجع..... ۱۲۴

فهرست جداول

جدول۲- ۱- روابط محاسبه نسبت سیگنال به اغتشاش ۱۹

جدول۲- ۲- مقایسه نتایج سه روش بهینه سازی ۲۸

جدول۲- ۳- مقایسه مقادیر C_p و (PPM) قطعات معیوب برای چند توزیع با چولگی متفاوت ۴۹

جدول۲- ۴- چند ردیف از جدول ارائه شده توسط زیمر و بر (۱۹۶۳) ۵۶

جدول ۴- ۲- مقایسه نتایج روش معکوس نورتا و روش تبدیل توانی برای محاسبه شاخص توانایی فرآیند داده های آمیخته پواسون - نرمال ۱۰۲

جدول ۴- ۳- مقایسه نتایج روش معکوس نورتا و روش تبدیل توانی برای محاسبه شاخص توانایی فرآیند داده های آمیخته پواسون - نرمال ۱۰۴

جدول ۴- ۴- اطلاعات لازم برای انجام شبیه سازی مساله دارای پاسخ های غیر نرمال پیوسته ۱۰۵

جدول ۴- ۵- اطلاعات لازم برای انجام شبیه سازی مساله دارای پاسخ های غیر نرمال گسسته ۱۰۶

جدول ۴- ۶- متغیرهای کنترلی و سطوح آنها در مطالعه موردی اول ۱۰۸

جدول ۴- ۷- آزمایش انجام شده در مطالعه موردی اول و مقادیر متغیر پاسخ در هر تیمار ۱۰۹

جدول ۴- ۸- نتایج تحلیل واریانس چند متغیره بر روی داده های مطالعه موردی اول ۱۱۱

جدول ۴- ۹- نتایج تست جارک و برا (۱۹۸۷) برروی داده های مطالعه موردی اول ۱۱۱

جدول ۴- ۱۰- مقادیر محاسبه شده برای PCI در هر تیمار ۱۱۲

جدول ۴- ۱۱- میانگین هندسی شاخص توانایی فرآیند برای هریک از سطوح متغیرهای کنترلی در مطالعه موردی اول ۱۱۲

جدول ۴- ۱۲-نتایج آزمایش صحه گذاری مطالعه موردی اول ۱۱۳

جدول ۴- ۱۳- اطلاعات لازم برای شبیه سازی محاسبه شاخص توانایی فرآیند باینری - نرمال ۱۱۴

جدول ۴- ۱۴-نتایج شبیه سازی محاسبه شاخص توانایی فرآیند باینری - نرمال ۱۱۵

جدول ۴- ۱۵- متغیرهای کنترلی و سطوح آنها در مطالعه موردی دوم ۱۱۶

جدول ۴- ۱۶- آزمایش انجام شده در مطالعه موردی دوم و مقادیر متغیر پاسخ در هر تیمار ۱۱۷

جدول ۴- ۱۷- میانگین هندسی شاخص توانایی فرآیند برای هریک از سطوح متغیرهای کنترلی در مطالعه موردی دوم ۱۱۸

فهرست اشکال

شکل ۱- ۱- یک فرآیند و اجزای آن ۳
شکل ۲- ۱- منحنی های هم تراز متغیرهای پاسخ در یک مساله ۳۰
شکل ۲- ۲- دسته بندی رویکردهای موجود در مسایل چند پاسخه ۳۳
شکل ۲- ۳- ناحیه فرآیند و ناحیه حدود مشخصات فنی و ناحیه تبدیل یافته ۴۰
شکل ۲- ۴- ناحیه تبدیل یافته ارائه شده درروش تام (۱۹۹۳) ۴۱
شکل ۲- ۵- ضعف عدم در نظر گرفتن دقیق مساحت ناحیه فرآیند ۴۳
شکل ۲- ۶- ضعف عدم تشخیص فرآیند غیر توانا ۴۳
شکل ۲- ۷- تاثیر چولگی بر محاسبه نسبت اقلام معیوب ۴۸
شکل ۲- ۸- توزیع داده های مربوط به داده های جدول ۲-۳ ..... ۵۱
شکل ۲- ۹- تبدیلات انواع مختلف شاخص ها به هم دیگر ۵۲
شکل ۲- ۱۰- نمودار تابع مطلوبیت S شکل ۷۱
شکل ۳- ۱- مراحل روش پیشنهادی در رویکرد استفاده از تبدیل داده های اولیه دارای توزیع غیرنرمال به داده های دارای توزیع نرمال..... ۸۰
شکل ۳- ۲- شمای کلی روش معکوس نورتا ۸۴
شکل ۳- ۳- مقایسه مقدار CD برای داده های دارای توزیع غیر نرمال و داده های تبدیل شده به ازای مقادیر مختلف اندازه نمونه n ۸۶
شکل ۳- ۴- عدم توانایی تبدیل جانسون در تبدیل داده های گسسته به داده های پیوسته ۸۷
شکل ۳- ۵- نمودار داده های یک فر ایند دارای متغیرهای پاسخ آمیخته پواسون - نرمال ۹۰
شکل ۳- ۶- نمودار داده های یک فرآیند دارای متغیرهای پاسخ آمیخته باینری - نرمال ۹۰
شکل ۴- ۱- آزمون نیکویی برازش توزیع پواسون برای داده های متغیر پاسخ تعداد مکش ۱۰۸
شکل ۴- ۲- تست نرمال بودن توزیع داده های متغیر پاسخ اندازه طول لبه پایین ۱۰۸
شکل ۴- ۳- تحلیل های مربوط به مقادیر باقی باقی مانده مربوط به متغیر پاسخ اندازه طول لبه پایین ۱۱۰
شکل ۴- ۴- تحلیل های مربوط به مقادیر باقی مانده مربوط به متغیر پاسخ تعداد مکش ۱۱۰
شکل ۴- ۵- شمای کلی قطعه جلد باتری خودرو ۱۱۶
شکل ۴- ۶- اثر گاز برروی سطح قطعه ۱۱۶

پیش گفتار

امروزه شرایط رقابتی بازار محصولات صنعتی باعث شده است که واحدهای تولیدی نیاز به برآورده سازی الزمات و خواسته های مشتری را بیش از پیش مد نظر قرار دهند. به عبارت بهتر امروزه افزایش کیفیت محصولات برای افزایش میزان رضایتمندی مشتری تبدیل به یک تصمیم راهبردی برای هر سازمان تولیدی شده است که بدون در نظر گرفتن این مهم حفظ سهم بازار و بقا در عرصه تولید بعید به نظر می رسد.

توجه به مقوله کیفیت کالا و خدمات تولیدی به طور جدی از اواخر قرن هجدهم با شروع انقلاب صنعتی مطرح گردید. در این دوره به دلیل افزایش چشمگیر میزان تولید و تفکیک عملیات تولیدی دیگر امکان کنترل کیفی به روش های سنتی ممکن نبود و این تحولات باعث شکل گیری روند شکل گیری و توسعه مباحث مربوط به کیفیت گردید.

با نگاهی گذرا به تاریخچه مباحث مربوط به کیفیت متوجه می شویم که روند تحول مباحث کیفیت از رویکردهای اصلاحی به سمت رویکردهای پیشگیرانه بوده است. به عبارت دیگر سیر تکاملی ماحث کیفیت به سمت بهبود پیشایش کیفیت می باشد. تقریباً تا پیش از سال ۱۹۰۰ میلادی توجه به مقوله کیفیت صرفاً معطوف به کنترل کیفیت کارگری بوده که تا حدود سال ۱۹۱۸ ادامه یافته است. سپس با توجه به افزایش میزان تولید و تقسیم کارها و عملیات تولیدی به ترتیب کنترل کیفیت سرپرستی و کنترل کیفیت بازرسی در سالهای ۱۹۱۸ میلادی و ۱۹۳۷ میلادی پا به عرصه وجود گذاردند. ضعف عمده این رویکردها تمرکز بر محصول نهایی بود چرا که وقتی یک محموله تولیدی مردود شناخته می شد حجم انبوهی از تولیدات ضایع شده و یا نیاز به دوباره کاری داشتند.

پس از عصر کنترل کیفیت بازرسی استفاده از رویکرد کنترل آماری فرآیند که در آن فرآیند تولیدی به طور مستمر با استفاده از نمونه گیری های آماری پایش می گردید از اوایل دهه شصت میلادی قرن بیستم آغاز گردید. انتقادی که به رویکرد کنترل فرآیند آماری وارد بود این نکته بود که کنترل کیفیت صرفاً متمرکز بر فرآیندهای تولیدی در سازمان بود حال آنکه برای حفظ و بهبود کیفیت محصولات تولیدی مجموعه ای از عوامل مدیریتی و پشتیبانی در سازمان هم مورد

نیاز می باشد. به همین منظور از اوایل دهه هشتاد میلادی مباحث مربوط به مدیریت کیفیت جامع (TQM۱) و به تدریج سیستم های مدیریت کیفیت سری ۹۰۰۰ مطرح گردیدند.

با شکل گیری چارچوب مدیریت کیفیت جامع در سازمانهای تولیدی به تدریج ابزارهای کارآمدی نه تنها برای کنترل کیفیت بلکه ابزارهایی برای طراحی کیفیت مانند تابع گسترش کیفیت QFD۲، تجزیه و تحلیل حالات بالقوه خرابی FMEA۳، طراحی پیشاپیش کیفیت و کنترل کیفیت محصول (APQP۴) و طراحی آزمایشات(DOE۵) به طور فزاینده ای مورد توجه واقع شدند.

نکته بارز این تکنیکها رویکرد پیش فعال در مواجهه با مقوله کیفیت می باشد، به این معنا که در این رویکردها راهکار کشف محصول معیوب و رفع ایراد آن مورد توجه نیست بلکه به طور پیش بینانه راهکارهایی برای حفظ و بهبود کیفیت محصول ارائه می گردد. با توجه به اینکه در این پایان نامه موضوع اصلی بحث طراحی آزمایشات است در ادامه به بیان توضیحاتی در مورد آن می پردازیم.

- طراحی آزمایشات علمی است که در آن با برنامه ریزی و هدایت یک سری آزمایشات اثر متغیرهای قابل کنترل در فرآیند برروی متغیرهای خروجی فرآیند که متغیرهای پاسخ نامیده می شوند بررسی شده تا نتایج قابل تحلیلی برای بهبود فرآیند حاصل گردد (مونتگومری ، ۲۰۰۵). طراحی آزمایشات در حالت کلاسیک خود برروی مسایلی با یک متغیر پاسخ دارای توزیع نرمال تمرکز دارد حال آنکه در بسیاری از فرآیندهای تولیدی محصولات مورد نظر دارای بیش از یک

---

[1]Total quality management

[2]Quality function deployment

[3]Failure mode and effects analysis

[4]Advanced product quality planning and control planing

[5]Design of experiments

متغیر پاسخ هستند که توزیع آنها الزاماً دارای توزیع نرمال نمی باشد. به طور مثال یک فرآیند تزریق پلاستیک را در نظر بگیرید. برخی از متغیرهای پاسخ مانند اندازه و یا وزن و یا میزان مقاومت در خط جوش متغیرهای پیوسته ای هستند که می توانند دارای توزیع نرمال و یا سایر توزیع های پیوسته باشند. از طرفی برخی دیگر از متغیرهای پاسخ مانند تعداد عیوب سطحی، داشتن یا نداشتن نوع خاصی از یک عیب و یا میزان شدت برخی از عیوب توصیفی متغیرهای پاسخ گسسته هستند. با توجه به اینکه متغیرهای پاسخ اعم از گسسته یا پیوسته تحت تاثیر تغییرات متغیرهای کنترلی هستند، در نتیجه می توان ادعا نمود که متغیرهای پیوسته و گسسته دارای همبستگی بوده و بایستی به طور همزمان بهینه گردند. روشهای ارائه شده برای مسایل چند پاسخه در طراحی آزمایشات عمدتاً برای مسایل با متغیرهای پاسخ نرمال ارائه شده اند و حالاتی که متغیرهای پاسخ دارای توزیعهای غیرنرمال گسسته یا پیوسته هستند مورد مطالعه قرار نگرفته اند.

در این پایان نامه برای مسایل چند پاسخه با وجود متغیرهای پاسخ غیر نرمال روشی بر مبنای محاسبه شاخص توانایی فرآیند چند متغیره غیر نرمال ارائه می شود. در روش پیشنهادی با استفاده از دو رویکرد تبدیل توزیع داده های اولیه اولیه غیرنرمال به داده های با توزیع نرمال و رویکرد استفاده از مدلهای آمیخته گسسته - پیوسته شاخص توانایی فرآیند مربوطه محاسبه شده و این شاخص به عنوان متغیر پاسخ تجمیعی برای تعیین ترکیب بهینه متغیرهای کنترلی مورد استفاده قرار می گیرد.

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه

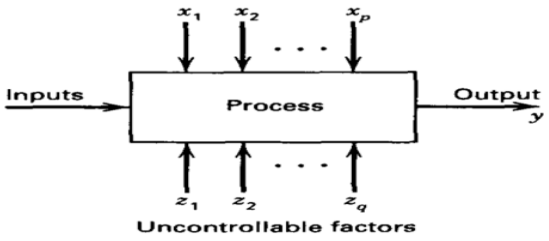
در این فصل به بیان مفاهیم کلی، تعاریف و توضیح اصطلاحاتی خواهیم پرداخت که در فصلهای بعدی به دفعات از آنها استفاده خواهیم کرد. همچنین در این فصل موضوع تحقیق، مفروضات تحقیق، کاربردهای تحقیق، روش جمع آوری اطلاعات، نحوه شبیه سازی ها، نوآوری های تحقیق و در پایان ساختار پایان نامه تشریح می شود.

۱-۲- مفاهیم وتعاریف اولیه

در این قسمت به تعریف برخی مفاهیم اولیه مورد نیاز در طراحی آزمایشات پرداخته می شود. تعاریف ذیل از کتاب طراحی و تحلیل آزمایشات مونتگومری (۲۰۰۵) ارائه می شود.

۱-۲-۱- طراحی آزمایشات

طراحی آزمایشات شامل یک آزمایش یا یک سری آزمایشهایی است که به طور آگاهانه در متغیرهای ورودی فرآیند تغییراتی ایجاد می شود تا از این طریق میزان تغییرات حاصل در متغیر پاسخ خروجی فرآیند مشاهده وشناسایی شود. هر فرآیند را می توان ترکیبی از دستگاهها، روشها وافرادی تصور نمود که مواد اولیه را به یک محصول خروجی تبدیل می کنند. در شکل ۱-۱ شمای کلی اجزای یک فرآیند نشان داده شده است.



شکل ۱- ۱-یک فرآیند و اجزای آن

۱-۲-۲- ورودی ها

ورودی یک فرآیند به مجموعه عواملی گفته می شود که در آنها نمی توان تغییر ایجاد کرد و در طول آزمایش به طور یکسان در فرآیند مورد استفاده قرار خواهند گرفت.به طور مثال در یک فرآیند تولیدی که در آن نوع مواد اولیه مورد استفاده فقط یک نوع خاص بوده و امکان تغییر در نوع آن در حین آزمایش وجود ندارد یک متغیر وروردی محسوب می شود. در شکل ۱-۱ ورودیها با عبارت Inputs نمایش داده شده اند.

۱-۲-۳- متغیرهای کنترلی[1]

متغیرهای کنترلی که در شکل ۱-۱ با نماد بردار $(x_1, x_2, \ldots, x_p)$ نشان داده شده اند به متغیرهایی گفته می شود که در طی یک سری آزمایش مقادیر مربوط به آنها را می توان تغییر داد. به طور مثال در یک فرآیند تزریق پلاستیک دمای مذاب و فشار تزریق و سرعت تزریق متغیرهای کنترلی محسوب می شوند.

[1] Controllable factors

۱-۲-۴- متغیرهای غیر قابل کنترل یا عوامل اغتشاش[۱]

متغیرهای غیر قابل کنترل به متغیرهایی گفته می شود که در حین آزمایشات نمی توان آنهارا تغییر داد. این متغیرها بعضاً قابل تشخیص هستند مانند دمای هوا (در حالتی که تغییر دادن آن ممکن نباشد)، شب یا روز بودن زمان آزمایش و...، و برخی از این متغیرها حتی قابل تشخیص هم نیستند مانند میزان امواج ناشناخته موجود در محیط.

۱-۲-۵- متغیرهای پاسخ[۲]

متغیرهای پاسخ که در شکل ۱-۱ به صورت y نشان داده شده است مشخصه کیفی ای[۳] از محصول است که مایلیم آن را بهبود دهیم. به طور مثال در یک فرآیند شیمیایی تولید مس، میزان خلوص مس تولید شده می تواند به عنوان متغیر پاسخ تعریف شود. مسایل طراحی آزمایشات از حیث تعداد متغیر پا سخ به دو دسته مسایل تک پاسخه[۴] و چند پاسخه[۵] تقسیم می شوند. در مسایل چند پاسخه ممکن است متغیر های پاسخ همبسته باشند و یا اینکه متغیرهای پاسخ مستقل باشند.

۱-۲-۶- جنس متغیرهای پاسخ

متغیرهای پاسخ از حیث جنس متغیر به سه دسته زیر تقسیم می شوند.

---

[1] Nuisance factors

[2] Response variables

[3] Quality characteristic

[4] Single response

[5] Multiple response

متغیرهای بیشینه مطلوب[1](LTB): به متغیرهایی گفته می شود که تمایل داریم مقدار متغیر پاسخ آنها هر چه بیشتر باشد. به طور مثال در فرآیندهای تولید شیمیایی خلوص محصول تولید شده متغیری بیشینه مطلوب است.

متغیرهای هدف مطلوب[2](NTB): به متغیرهایی گفته می شود که تمایل داریم مقدار متغیر پاسخ آنها هر چه بیشتر به یک مقدار مشخص نزدیک باشد. به طور مثال در فرآیندهای تولید یک شفت قطر شفت تولید شده یک متغیر هدف مطلوب است .

متغیرهای کمینه مطلوب [3](STB): به متغیرهایی گفته می شود که تمایل داریم مقدار متغیر پاسخ آنها هر چه کمتر باشد. به طور مثال در فرآیندهای ریخته گری تعداد مک موجود در سطح قطعه ریخته شده یک متغیر پاسخ کمینه مطلوب می باشد.

۱-۲-۷- اصول طراحی آزمایشات

طراحی آزمایشات بر پایه سه اصل تصادفی بودن[۴] ، تکرار پذیری[۵]و بلوکه کردن[۶] استوار است (مونتگومری، ۲۰۰۵) که در ذیل به بیان توضیحاتی در مورد آنها می پردازیم.

اصل تصادفی بودن: تصادفی بودن سنگ بنای استفاده از روشهای آماری در طراحی آزمایشات است. منظور ازتصادفی بودن اینست که هم ترتیب انجام آزمایشات وترکیبات مختلف اجزای طراحی آزمایشات به طور تصادفی صورت بگیرد.

---

[1] Larger the better

[2] Nominal the best

[3] Smaller the better

[4] Randomization

[5] Replication

[6] Blocking