بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه آمار

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی آمار گرایش آمار ریاضی

تعیین اثرات پراکندگی در طرح پارامتری استوار

استاد راهنما:

دکتر هوشنگ طالبی

پژوهشگر:

طاهره عباسی اصل

شهریور ماه ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.

دانشگاه اصفهان
دانشکده علوم
گروه آمار

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی آمارگرایش آمار ریاضی

خانم طاهره عباسی اصل

تحت عنوان

تعیین اثرات پراکندگی در طرح پارامتری استوار

در تاریخ۹۰/۶/۲۸ توسط هیأت داوران زیر بررسی با درجه **بسیار خوب** به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه دکتر هوشنگ طالبی با مرتبه‌ی علمی دانشیار امضاء

۲-استاد داور داخل پایان نامه دکتر ایرج کاظمی با مرتبه ی علمی استادیار امضاء

۳- استاد داور خارج از گروه دکتر سعید پولاد ساز بامرتبه ی علمی استادیار امضاء

امضای مدیر گروه

حمد و سپاس خدا را که جانم داد تا زندگی کنم! توانم داد تا صعود کنم! صبرم داد تا طاقت بیاورم! شجاعتم داد تا نهراسم! امیدم داد تا بخواهم که باشم و بگذرم از فراز و نشیب زندگیم. اینک که لطف خداوند شامل حالم گردیده به جا میدانم از تمامی اساتیدی که در این دوره بر دانشم افزودند تشکر و قدر دانی نمایم. به خصوص از تلاش و زحمات استاد راهنمایم، **جناب آقای دکتر طالبی** که با صبر و حوصله و راهنمایی بی شائبه خویش مرا در تدوین این مجموعه یاری نمودند، خالصانه سپاسگزارم.

تقدیم به

باغبانان باغ زندگیم، مادر و پدر عزیزم

که با محبت همیشه بهاریشان باغ وجودم را از گزند خزان روزگار حفظ نمودند

و خیر دعایشان باران رحمت خدا بود بر وجود و رشد این حقیر

و تقدیم به

برادرانم، گل های امید زندگیم.

چکیده

یکی از روش‌های بهبود کیفیت تولید، شناسایی اثرات پراکندگی در مرحله‌ی آزمایش است. در طرح‌های عاملی، عامل-هایی که روی متغیر پاسخ اثر تغییر پذیری می‌گذارند، به عنوان عامل‌هایی با اثر پراکندگی معرفی می‌شوند. برای شناسایی اثرات پراکندگی در طرح‌های عاملی، از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که توسط محققین ارائه و در ادبیات موضوع موجود است. این روش‌ها برای طرح‌های عاملی با تکرار و بدون تکرار مطرح گردیده‌اند. در این پایان نامه، برخی از این روش‌ها، مرور و ارائه شده‌اند. این روش‌ها عموماً وجود اثرات پراکندگی را شناسایی کرده، اما کارایی لازم در جهت شناسایی و ارائه‌ی عامل‌های اثر گذار روی پراکندگی را ندارند. برای حل این مشکل، شناسایی اثرات پراکندگی در طرح-های پارامتری استوار مطرح گردید.

طرح‌های پارامتری استوار در ادبیات موضوع، برای شناسایی ترکیبی از سطوح عامل‌هایی که به آسانی قابل کنترل و مشخص هستند (عامل‌های کنترل) توسط تاگوچی مطرح گردید. این شناسایی به گونه‌ای است که، متغیر پاسخ هر سیستم (محصول یا فرآیند) به مقدار هدف مشخصی از نظر کیفیت، نزدیک باشد. همچنین، در این طرح‌ها ترکیبی از سطوح عامل‌های کنترل مورد نظر است که، متغیر پاسخ نسبت به تغییرات عامل‌های اغتشاش غیر حساس و استوار باشند. عامل‌های اغتشاش به عامل‌هایی اتلاق می‌شود که غیر قابل کنترل بوده، در محیط، فرآیند ساخت و یا مصرف مشتری دخالت دارند و عموماً کنترلشان در طول تولید و یا مصرف غیر ممکن و یا گران است، اما در طول آزمایش می-توانند در سطوح ثابتی باقی بمانند. محققین به این واقعیت پی بردند که وجود اثر پراکندگی نتیجه‌ی وجود اثر متقابل بین عامل کنترل و عامل اغتشاش است.

در این پایان نامه روش‌های شناسایی اثرات پراکندگی در طرح‌های پارامتری استوار مرور و ارائه شده است. یکی از روش‌ها، روش مدل بندی مکانی – پراکندگی است. ناکارایی این روش و اهمیت اثر متقابل بین عامل‌های کنترل و اغتشاش ، منتج به ارائه و استفاده از روش مدل بندی پاسخ گردید. در این مدل بندی علاوه بر اثرات عامل‌های فعال از نظر مکانی، اثرات اصلی و متقابل معنی‌دار بین عامل‌های کنترل و اغتشاش در مدل ظاهر می‌شوند. در این اواخر، محققین با استفاده از روش مدل‌بندی پاسخ برای مدل پاسخ اشباع شده، روش مدل بندی پاسخ را اصلاح کردند که در پایان نامه به صورت مبسوط ارائه شده است. روش‌های نام برده‌ی بالا مبتنی بر فرض ثابت بودن واریانس خطا هستند. برای حالتی که واریانس‌ها ثابت نباشند، روشی با رویکرد مدل‌های خطی تعمیم یافته ارائه گردیده است. برای فهم بیشتر، تأکید و ارائه موارد کاربردی، مثال‌های عددی و محاسباتی ارائه شده است. این مثال‌ها، کارایی کاربردی روش‌ها را در عمل نشان می‌دهد.

در این تحقیق طرح‌های عاملی کسری (کامل) دو سطحی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

واژگان کلیدی: اثرات متقابل، عامل‌های کنترل، عامل‌های اغتشاش، طرح‌های عاملی کسری، عامل‌های اغتشاش تصادفی، طرح‌های پارامتری استوار، اثرات پراکندگی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: تعاریف، اصطلاحات وتاریخچه

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- موضوع و پیشینه تحقیق ۲

۱-۳- ساختار پایان نامه ۶

فصل دوم: طرح‌های عاملی دو سطحی

۲-۱- مقدمه ۸

۲-۲- طرح‌های عاملی دو سطحی کامل ۹

۲-۲-۱- اثرات اصلی و اثرات متقابل ۱۰

۲-۲-۲- سه اصل مهم در طرح عاملی ۱۲

۲-۲-۳- دوخصوصیت مهم ۱۳

۲-۳- طرح عاملی کسری دو سطحی منظم ۱۶

۲-۳-۱- کسر یک دوم طرح 2^k ۱۶

۲-۳-۲- کسر $\frac{1}{2^p}$- ام طرح 2^k ۱۸

۲-۳-۳- وضوح طرح ۱۹

۲-۴- استفاده از مدل‌های خطی در برآورد ۲۲

۲-۵- برآورد اثرات در طرح‌های با تکرار ۲۳

۲-۵-۱- تبدیل لگاریتم واریانس‌های نمونه ۲۴

۲-۶- طرح‌های عاملی در RPD ۲۶

۲-۶-۱- انواع آرایه‌ها ۲۷

۲-۶-۲- مقایسه‌ای بین آرایه‌ی ترکیبی و آرایه‌ی ضربی ۲۸

فصل سوم: اثرات پراکندگی در طرح‌های عاملی

۳-۱- مقدمه ۳۰

۳-۲- نمایی از اثرات پراکندگی..... ۳۱

۳-۳- نمادها و علایم .....

عنوان **صفحه**

۳-۴- روش لنث ۳۴
۳-۵- روش ماکسیمم قدر مطلق ۴۰
۳-۶- مدل پراکندگی ۴۱
۳-۷- روش باکس و میر ۴۳
۳-۷-۱- هویت وجودی بین اثرات مکانی وپراکندگی ۴۵
۳-۷-۲- حذف اثر مکانی ۴۸
۳-۷-۳- ویژگی‌های روش باکس و میر ۴۹
۳-۸- روش وانگ ۵۳
۳-۸-۱- ویژگی‌های روش وانگ ۵۵
۳-۹- روش برگمن و هاینن ۵۷
۳-۹-۱- ویژگی‌های روش برگمن و هاینن ۶۱
۳-۱۰- روش لیائو ۶۳
۳-۱۱- روش مک گراث ولین ۶۴
۳-۱۲- روش ناپارامتری مک گراث ولی ۶۹
۳-۱۳- روش هاروی ۷۳
۳-۱۴- روش ویکلندر و هلم ۷۴
۳-۱۵- روش ماتوس و همکاران ۸۳
۳-۱۶- ارائه راهبُردی برای شناسایی اثرات پراکندگی در مدل‌های خطی و لگ خطی ۸۶
۳-۱۶-۱- مدل پراکندگی خطی ۸۷
۳-۱۶-۲- مدل پراکندگی لگ خطی ۸۹
۳-۱۶-۳- چند نکته ۹۱
۳-۱۶-۴- تصحیح اریبی از طریق روش‌های برآورد تکراری ۹۱

فصل چهارم: اثر پراکندگی در طرح پارامتری استوار

۴-۱- مقدمه ۹۵
۴-۲- تحلیل داده‌ها از طریق ***SNR*** ۹۶
۴-۴- روش مدل بندی پاسخ ۱۰۲

عنوان **صفحه**

فصل چهارم: اثر پراکندگی در طرح پارامتری استوار

۴-۴-۱- روش تحلیل داده‌ها با روش مدل بندی پاسخ ۱۰۳

۴-۵- روش پزوئتا و همکاران ۱۰۷

۴-۵-۱- رابطه‌ی بین مدل نظری پاسخ y و مدل متناظر با واریانس ۱۰۸

۴-۵-۲- روش پیشنهادی ۱۱۰

۴-۶- شناسایی عامل اغتشاش تأثیر گذار بر متغیر پاسخ ۱۱۶

۴-۶-۱- معیار تشخیص در آرایه‌ی ضربی ۱۱۷

۴-۶-۲- معیار تشخیص در آرایه‌ی ترکیبی ۱۱۹

۴-۷- تفسیر اثرات پراکندگی با عامل‌های اغتشاش تصادفی ۱۲۲

۴-۸- شناسایی و برآورد اثرات پراکندگی با رویکرد مدل خطی تعمیم یافته ۱۲۵

۴-۸-۱- برازش مدل و الگوریتم *IRLS* ۱۲۷

۴-۹- متغیرهای اغتشاش رسته‌ای ۱۲۹

فصل پنجم: محاسبات عددی و مقایسه‌ی روش‌ها

۵-۱- مقدمه ۱۳۵

۵-۲- تحلیل مثال با روش مدل بندی مکانی – پراکندگی ۱۳۷

۵-۳- تحلیل مثال با روش SNR ۱۳۸

۵-۴- تحلیل مثال با روش مدل بندی پاسخ ۱۳۹

۵-۵- تحلیل مثال با روش پزوئتا و همکاران ۱۴۳

۵-۶- تحلیل مثال با روش گوش و دردرین ۱۴۵

۵-۷- برآورد اثرات پراکندگی با مدل‌های خطی تعمیم یافته ۱۴۸

۵-۸- تحلیل مثالی با متغیر اغتشاش رسته‌ای ۱۵۰

پیوست ۱۵۶

منابع و مآخذ ۱۷۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲- ۱- نمودار احتمال نرمال اثرات داده‌های نرخ تصفیه ۱۵
شکل ۲- ۲- تصویر کردن طرح 2_{III}^{3-1} با رابطه ی معرف I=-ABC بر سه طرح عاملی 2^2 کامل ۲۰
شکل ۲- ۳- انواع مختلف تغییرات اجرا (زنگ و همکاران، ۲۰۰۵) ۲۶
شکل ۲- ۴- آرایه ضربی $\mathbf{2_{IV}^{4-1}} \times \mathbf{2^2}$ با ۳۲ اجرا ۲۷
شکل ۳- ۱- نمودار احتمال نرمال اثرات داده‌های جوشکاری ۳۳
شکل ۳- ۲- تصویر داده‌های جوشکاری بر دو عامل B و C ۳۳
شکل ۳- ۳- نمودار احتمال نیم نرمال اثرات مکانی داده‌های طول فنر ۳۸
شکل ۳- ۴- نمودار احتمال نیم نرمال اثرات پراکندگی داده‌های طول فنر ۳۸
شکل ۳- ۵- آزمایش جوشکاری: لگاریتم اثرات پراکندگی (الف) نمودار اثرات پراکندگی خام $\boldsymbol{ln\, F_k}$, یعنی قبل از حذف اثرات مکانی B و C ؛ (ب) نمودار اثرات پراکندگی تصحیح شده $\boldsymbol{ln\dot{F}_k}$ بعد از حذف اثرات مکانی (ج) مقادیر لگاریتم اثرات پراکندگی برای دو حالت (الف) و (ب)..... ۴۴
شکل ۳- ۶- توزیع $\boldsymbol{D_A^{BM}}$ (و $\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}\boldsymbol{lnD_A^{BH}}$) در هر یک از موارد زیر می باشد.(الف) وضعیت صفر: $\boldsymbol{\Delta_A=\Delta_B=\Delta_{AB}=0}$،(ب) وضعیتی که تشخیص صحیح صورت گرفته: $\boldsymbol{\Delta_A=1,\Delta_B=\Delta_{AB}=0}$،(ج) وضعیت تشخیص اشتباه: $\boldsymbol{\Delta_A=1,\Delta_B=-1.67,\Delta_{AB}=1.67}$، (د) وضعیت تشخیص جعلی: $\boldsymbol{\Delta_A=0}$، $\boldsymbol{\Delta_B=-1.67,\Delta_{AB}=1.67}$ ۵۱
شکل ۳- ۷- نمودار احتمال نرمال اثرات مکانی مثال (۳- ۴) آزمایش کیفیت رنگرزی ۵۹
شکل ۳- ۸- توزیع برآوردگرهای بدون تکرار و با تکرار $\boldsymbol{\Delta_A}$ در حالتی که $\boldsymbol{\Delta_A=1}$، $\boldsymbol{\Delta_B=-1.67}$ $\Delta_{AB}=1.67$ و $N=2^4$ می‌باشد. (الف) توزیع D_A^H (D_A^{BN}) ، (ب) توزیع MLE برای Δ_A ۹۰
شکل ۴- ۱- نمودار احتمال نیم نرمال هفت اثر روی مکان در مثال مقاومت ساییدگی تایر ۱۰۱
شکل ۴- ۲- نمودار احتمال نیم نرمال هفت اثر روی پراکندگی با $\ln s_i^2$ در مثال مقاومت ساییدگی تایر..... ۱۰۱
شکل ۴- ۳- نمودار احتمال نیم نرمال ۳۱ اثر برآورد شده روی y ۱۰۵
شکل ۴- ۴- نمودار متقابل برای اثر AR ۱۰۶
شکل ۴- ۵- مدل درجه دوم ومدل خطی برای $\mathrm{Var}(\hat{y})$ در برابرعامل A ۱۰۷
شکل ۴-۶- ضرایب $\mathrm{Var}(y)$ در دو نمودار که بستگی به خطای استاندارد دارند ۱۱۳

عنوان **صفحه**

شکل ۴- ۷- نمایش ارتباط دو عامل A وC با $\mathrm{Var}(y)$]نمودار سمت چپ از رابطه‌ی (۴- ۱۸) و نمودار سمت راست از رابطه‌ی(۴- ۱۹)] ۱۱۴
شکل ۴- ۸- گروه‌های عامل‌ها مؤثر در یک محصول (لئون و همکاران، ۱۹۹۳) ۱۲۳
شکل ۴- ۹- PPM معیوب (الف) زمانی که $\mu_{\text{Category 1}} = \mu_{\text{Category 2}} = \mu_{\text{Category 3}}$.(ب) زمانی که $\mu_{\text{Category 1}} < \mu_{\text{Category 2}} < \mu_{\text{Category 3}}$ ۱۳۳
شکل ۵- ۱- نمودار احتمال نرمال اثرات مکانی مثال قالب‌گیری تزریقی ۱۳۸
شگل ۵- ۲- نمودار احتمال نرمال اثرات پراکندگی مثال قالب‌گیری تزریقی ۱۳۸
شکل ۵- ۳- نمودار احتمال نرمال اثرات بر اساس $\hat{\eta}$ برای مثال قالب تزریقی ۱۳۹
شکل ۵- ۴- نمودار احتمال نرمال برای برآورد اثرات اصلی ومتقابل‌های دوتایی کنترل با اغتشاش روی y برای مثال قالب تزریقی ۱۴۰
شکل ۵- ۵- نمودار متقابل برای اثرات CN و EN به ترتیب در سمت راست و چپ ۱۴۱
شکل ۵- ۶- مدل واریانس رابطه‌ی (۵- ۵)در سمت راست و رابطه‌ی (۵- ۶) در سمت چپ بر اساس عامل E زمانی که عامل C در سطح بالا (خط ممتد) و در سطح پایین (خط چین) قرار گیرد ۱۴۱
شکل ۵- ۷- نمودار اثر اصلی شرطی عامل N در چهار ترکیب عامل‌های C و E ۱۴۲
شکل ۵- ۸- نمودار احتمال نرمال برای ضرایب $\mathrm{Var}(y)$ (نمودار سمت راست ضرایب درجه‌دوم و نمودار سمت چپ سایر ضرایب) ۱۴۵
شکل ۵- ۹- نمودار مسیر میانگین فرآیند به عنوان تابعی از عامل‌های سرعت و فشار که با برآورد واریانس فرآیند به عنوان تابعی از سرعت آمیخته شده است.$p_1 = ۰/۵\ ,\ p_2 = p_3 = ۰/۲۵$ مربع نشان دهنده‌ی جایی است که برآورد میانگین فرآیند ۵/۳۵ می‌باشد ۱۵۲
شکل ۵- ۱۰- نمودار اثر متقابل سرعت و کارگزاران زمانی که فشار۳/۲ باشد ۱۵۳
شکل ۵- ۱۱- نمودار فشار - کارگزار برای ماکسیمم قدرت جداره، زمانی که سرعت ۳۲ می‌باشد ۱۵۳
شکل ۵- ۱۲- نمودار مسیر برآورد واریانس فرآیند به عنوان تابعی از p_1 و p_2 هنگامی که سرعت ۳۲ است. مربع زمانی را نشان می‌دهد که واریانس فرآیند کمترین مقدار است(۰/۳۴۸). ۱۵۴

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲- ۱- ترکیب‌های تیماری طرح 2^2 ..... ۹
جدول ۲- ۲- ماتریس طرح ومقادیر پاسخ در آزمایش نرخ تصفیه ۱۴
جدول ۲- ۳- برآورد اثرات داده‌های نرخ تصفیه ۱۵
جدول ۲- ۴- جدول +و – برای طرح عاملی 2^3 ..... ۱۷
جدول ۲- ۵- طرح 2_{IV}^{4-1} با رابطه‌ی معرف I=ABCD ۲۱
جدول ۲- ۶- برآورد اثرها و هم اثرهای مثال ۱-۲ ..... ۲۱
جدول ۲- ۷- اثرات واضح برای طرح‌های (I)و (II) و (III) ۲۹
جدول ۳- ۱- ماتریس طرح و مقدار پاسخ برای داده‌های جوشکاری ۳۲
جدول ۳- ۲- عوامل و سطوح آزمایش فنر ۳۶
جدول ۳- ۳- ماتریس طرح و داده‌های طول آزاد فنربرای مثال (۳- ۲) ۳۷
جدول ۳- ۴- برآورد اثرات عاملی در آزمایش فنر ۳۷
جدول ۳- ۵- مقادیر $|t_{PSE}|$ و t_{PSE_i} برای اثرات پراکندگی آزمایش فنر ۳۹
جدول ۳- ۶- مقادیر $|t_{PSE}|$ و t_{PSE_i} برای اثرات پراکندگی آزمایش فنر ۳۹
جدول ۳- ۷- هشت ستون بدست آمده از $x_{j|4-}$ برای j=0, ... ,7 ..... ۴۷
جدول ۳- ۸- نتایج شبیه سازی باکس و میر: مدل پراکدگی لگ خطی ۵۲
جدول ۳- ۹- مقادیر مربع مانده‌های استاندارد شده در مثال جوشکاری ۵۵
جدول ۳- ۱۰- مقادیر آماره‌ی روش وانگ برای مثال جوشکاری ۵۵
جدول ۳- ۱۱- نتایج شبیه سازی اثر پراکندگی روش وانگ ۵۶
جدول ۳- ۱۲- ماتریس طرح و مقادیر پاسخ برای آزمایش کیفیت رنگرزی ۵۹
جدول ۳- ۱۳- مقابله‌های مورد استفاده در تشخیص اثر پراکندگی عامل E ۶۰
جدول ۳- ۱۴- مقادیر آماره‌ی روش برگمن و هاینن برای پنج عامل در داده‌های رنگرزی ۶۰
جدول ۳- ۱۵- مقادیر آماره و مقدار= p شناسایی اثرات پراکندگی با چندین روش برای داده‌های آزمایش جوشکاری ۶۴
جدول ۳- ۱۶- مقادیر آماره‌ی مک گراث و لین و p- مقدار برای مثال رنگرزی ۶۸
جدول ۳- ۱۷- مقادیر بحرانی برای آماره‌ی SSDR ۷۲
جدول ۳- ۱۸- مقادیر آماره‌ی SSDR مثال رنگرزی ۷۲

عنوان **صفحه**

جدول ۳- ۱۹- ضرب‌های هادامارد برای طرح عاملی کامل 2^4 ..... ۷۷

جدول ۳- ۲۰- آرایه‌ی طرح و متغیرهای پاسخ مثال بازدهی مشتقات رنگ ۸۲

جدول ۳- ۲۱- شبیه‌سازی IRLS با استفاده از روش MLE و REML برای برآورد پراکندگی تحت مدل مکانی $L = \{I, A\}$ برای مدل‌های مختلف پراکندگی ۹۳

جدول ۳- ۲۲- شبیه‌سازی IRLS با استفاده از روش MLE و REML برای برآورد پراکندگی تحت مدل مکانی $L = \{I, A, B\}$ برای مدل‌های مختلف پراکندگی ۹۳

جدول ۳- ۲۳- شبیه‌سازی IRLS با استفاده از روش MLE و REML برای برآورد پراکندگی تحت مدل مکانی $L = \{I, A, B, C\}$ برای مدل‌های مختلف پراکندگی ۹۴

جدول ۳- ۲۴- شبیه‌سازی IRLS با استفاده از روش MLE و REML برای برآورد پراکندگی تحت مدل مکانی $L = \{I, A, B, C, D\}$ برای مدل‌های مختلف پراکندگی ۹۴

جدول ۴- ۱- مقادیر پاسخ در آرایه‌ی ضربی $2^2 \times 2^3$ برای مقاومت ساییدگی تایر، مثال ۴- ۱، با میانگین و واریانس نمونه در هر ترکیب عامل کنترل ۱۰۰

جدول ۴- ۲- ضرایب مدل پاسخ متناظر با عامل‌های اغتشاش ۱۱۰

جدول ۴- ۳- ضرایب برای بعضی از عبارات مدل در روش پیشنهادی پژوئتا و همکاران ۱۱۱

جدول ۴- ۴- روش بدست آوردن ضرایب x_A و x_C مدل واریانس رابطه‌ی (۴- ۱۷) در شرایط آزمایش . ۱۱۵

جدول ۴- ۵- مقادیر S_i^2 و S_{il}^2 و $SS_i^{N_l}$ (l=1 ,2) ۱۲۰

جدول ۴- ۶- مقادیر $SS_i^{N_l}/S_{il}^2$ و $SS_i^{N_l}/S_i^2$ (l=1 ,2) ۱۲۱

جدول ۴- ۷- نسبت متوسط $SS_i^{N_l}$ ها در دو سطح بالا و پایین هر عامل کنترل ۱۲۱

جدول ۴- ۸- اثرات متقابل عامل‌های کنترل با اغتشاش و مجموع توان‌های دوم آنها ۱۲۲

جدول ۵- ۱- طرح آزمایش و مقادیر پاسخ برای داده‌های مثال قالب‌گیری تزریقی ۱۳۶

جدول ۵- ۲- مقادیر میانگین و واریانس نمونه و SNR برای اجراهای آرایه‌ی کنترل ۱۳۶

جدول ۵- ۳- مقادیر برآورد اثرات مکانی و پراکندگی به ترتیب با استفاده از $\bar{y}_i$ و $\ln s_i^2$ و مقادیر SNR..۱۳۷

جدول ۵- ۴- اثرات متقابل سه تایی مخلوط شده با اثرات متقابل دوتایی عامل‌های اغتشاش و کنترل ۱۴۳

جدول ۵- ۵- اثرات قابل برآورد متناظر با عامل‌های اغتشاش ۱۴۳

جدول ۵- ۶- مقادیر S_i^2 و S_{il}^2 و $SS_i^{N_l}$ (l=1 ,2 ,3) ۱۴۶

جدول ۵- ۷- مقادیر $SS_i^{N_l}/S_{il}^2$ و $SS_i^{N_l}/S_i^2$ (l=1 ,2 ,3) ۱۴۶

عنوان **صفحه**

جدول ۵- ۸- نسبت متوسط $SS_i^{N_2}$ ها در دو سطح بالا و پایین هر عامل کنترل ۱۴۷
جدول ۵- ۹- اثرات متقابل عامل‌های کنترل با اغتشاش و مجموع توان‌های دوم آنها ۱۴۷
جدول ۵- ۱۰- نتایج کاربرد الگوریتم IRLS برای آزمایش قالب گیریی تزریقی ۱۴۹
جدول ۵- ۱۱- متغیر، دامنه و واحد متغیرها در فرآیند آب بندی کردن قوطی ۱۵۰

فصل اول

تعاریف، اصطلاحات وتاریخچه

۱- ۱. مقدمه

بیشتر دانش ما در مورد محصولات وفرآیندها در مهندسی و رشته‌های علمی از آزمایش کسب می‌گردد. طرح آزمایش، دنباله‌ای از آزمون‌هایی است که در آنها تغییرات مورد نظر در متغیرهای ورودی فرآیند یا سیستم اعمال می‌شوند، به طوری که بتوان علل تغییرات در پاسخ خروجی را مشاهده و مشخص کرد. به طور معمول در تحقیقات با چندین متغیر ورودی یا به عبارتی همان عامل‌ها سر وکار داریم. عامل‌ها ممکن است کمی و یا کیفی باشند و هر عامل دارای چندین سطح (حالت) می‌تواند باشد. یکی از اهداف طرح آزمایش‌ها، مشخص کردن عامل‌های مؤثر بر پاسخ و انتخاب سطوحی از عامل‌ها برای نزدیک شدن پاسخ به مقدار بهینه است.

کاربرد تکنیک‌های اولیه طرح آزمایش‌ها در توسعه فرآیند تولید می‌تواند نتایج زیر را فراهم کند:

الف) صرفه جویی در زمان و کل هزینه برای رسیدن به نتیجه‌ی دلخواه

ب) اصلاح نتایج فرآیند

ج) کاهش تغییرپذیری و مطابقت مقدار پاسخ با مقدار مورد نظر که به آن مقدار هدف[1] می‌گویند.

[1]- Target value

در یک طرح آزمایش بعد از شناسایی و بیان مسأله به انتخاب عوامل و سطوح آن می‌پردازند. سپس بعد از انتخاب متغیر پاسخ مناسب نوبت به انتخاب طرح آزمایش می‌رسد. برای انتخاب طرح، در نظر داشتن هدف‌های آزمایش مهم می‌باشد. همچنین در بعضی از آزمایش‌ها مهندس پیشاپیش اطلاعاتی از بعضی عوامل داردکه به آنها در انتخاب طرح کمک می‌کند. بعد از انتخاب طرح و انجام آن و مشاهده‌ی مقدارهای پاسخ با استفاده از روش‌های آماری به تجزیه وتحلیل پرداخته و نتایج نهایی مشخص می‌شود.

طرح آزمایش‌ها انواع گوناگونی دارند که از مشهورترین آنان طرح‌های عاملی کامل و طرح‌های عاملی کسری می‌باشند. در طرح عاملی کامل، از هر عامل یک سطح انتخاب شده و با در کنار هم قرار گرفتن این سطوح یک اجرای طرح ساخته می‌شود. در طرح عاملی کامل،تعداد اجرای کل یک طرح برابر با تعداد کل ترکیبات سطوح عامل‌هاست. طرح‌های عاملی کسری همان‌گونه که از نامش مشخص است؛ کسری از طرح عاملی کامل می‌باشد. اجراهای منتخب برای طرح عاملی کسری منظم از طرح عاملی کامل توسط رابطه‌ی معرف مشخص می‌شود.

۱- ۲. موضوع و پیشینه تحقیق

طول عمر هر محصول یا سیستم تابعی مستقیم از کیفیت آن محصول یا سیستم خاص می‌باشد. لذا یکی از مهمترین مسائل در تولید محصول و یا یک سیستم خاص، کنترل کیفیت است. به طور معمول این مسأله در مرحله ساخت محصول انجام می‌پذیرد. در این نوع کنترل کیفیت، به طرق مختلف نمونه‌گیری صورت می‌گیرد و سپس نمونه‌ها بررسی می‌شوند تا محصول دارای مشخصات خاص و فرآیند تحت کنترل باشد. نوع دیگری از کنترل کیفیت وجود دارد که آن در مرحله طرح ریزی آزمایش برای تولید محصول یا فرآیند انجام می‌شود، یعنی قبل از مرحله‌ی ساخت. این نوع کنترل کیفیت، کنترل کیفیت خارج از خط تولید (آزمایشگاهی) می‌باشد.

گرچه محققین برای بالا بردن کیفیت در دهه‌ی گذشته فقط نزدیک بودن مقدار پاسخ به مقدار هدف را مد نظر داشتند و عامل‌هایی که روی میانگین (مکان) مشخصه‌ی کیفیت اثر می‌گذاشتند را بررسی می‌کردند، اما کیفیت در تولید محصول یا فرآیند تنها به بررسی اثر عامل‌ها روی مکان ختم نمی شود؛ بلکه مسأله دیگری که در کیفیت نقش بسزایی دارد میزان تغییر پذیری محصول و یا فرآیند است. یکی از روش‌های تقلیل تغییرات فرآیند، طرح-

های پارامتری استوار[1] (RPD) است که در منابع آن‌ها را تحت نام‌های مختلفی معرفی می‌کنند مانند: طرح پارامتر و طرح استوار. طرح‌های استوار که اولین بار توسط تاگوچی[2] در ۱۹۵۰ در ژاپن و در آمریکا در اواسط ۱۹۸۰ مطرح شد روش کنترل کیفیت خارج ازخط تولید (آزمایشگاهی) است (رابینسون[3] و همکاران، ۲۰۰۴). طبق روش تاگوچی (۱۹۸۶) هدف، تنظیم سطوح پارامترهاست به طوری که تغییر پذیری مشخصه‌ی مورد نظر حداقل باشد، حتی اگر سیستم و پارامترهای محیطی تغییر کنند. این جستجو برای سطوح پارامتری است که با آنها، مشخصه‌ی مورد نظر پایدار است. به عبارتی هدف وی را در دو مسأله می‌توان خلاصه کرد:

۱) غیر حساس کردن محصول‌ها و فرآیندها نسبت به عوامل محیطی یا دیگر عامل‌هایی که به سختی کنترل می‌شوند و نیز نسبت به تغییرات انتقالی از این عناصر
۲) پیدا کردن سطوحی از متغیرهای فرآیند که میانگین پاسخ را به مقدار مخصوص (هدف) نزدیک کند و در عین حال تغییرات اطراف این مقدار را کاهش دهد.

در صورتی که به یک فرآیند یا محصولی به عنوان یک سیستم نگاه شود، تاگوچی پیشنهاد کرد که دو نوع عامل روی سیستم اثر می‌گذارند: عامل‌های کنترل[4] و عامل‌های اغتشاش[5].عامل‌های کنترل (عامل‌های طرح) ، عامل-هایی هستند که در آنها عوامل به راحتی در سطوح مورد نظر در آزمایشگاه و در جریان طبیعی کنترل می‌شوند (معمولاً با x نمایش می‌دهند). در حالی که کنترل عامل‌های اغتشاش در حالت طبیعی به سختی صورت می‌گیرد و یا هزینه زیادی می‌برد و حتی ممکن است اصلاً قابل کنترل نباشند، مثل عوامل محیطی چون دما و رطوبت (معمولاً با zنمایش می‌دهند). عامل‌های اغتشاش انواع مختلفی دارند که هر یک از محققین دسته بندی خاصی برای آن داشته‌اند. وو و هامادا[6] (۲۰۰۰) این عوامل را به یازده دسته تقسیم بندی کردند.

پس هدف در طرح پارامتری استوار پیدا کردن ترکیبی از سطوح عامل‌های کنترل است که محصول یا فرآیند با این ترکیبات نسبت به تغییراتی که عامل‌های اغتشاش ایجاد می‌کنند، استوار یعنی غیر حساس باشد و پاسخ به هدف یا مقدار بهینه نزدیک شود.

---

[1]- Robust parameter designs
[2]- Taguchi
[3]- Robinson
[4]- Control factors
[5]- Noise factors
[6]- Wu and Hamada

تاگوچی نه تنها بر فلسفه‌ی طرح‌های پارامتری توجه داشت بلکه روش طرح آزمایشی برای شناسایی تنظیمات این عامل‌های کنترل به منظور رسیدن به اجرای استوار داشت و برای این طرح روش تحلیلی پیشنهاد کرد. تاگوچی از طرح‌های عاملی استفاده کرد که شامل متقاطع بودن یک طرح عاملی برای عامل‌های کنترل (آرایه درونی[۱] یا کنترل[۲]) با یک طرح عاملی دیگر برای عامل‌های اغتشاش (آرایه بیرونی[۳] یا اغتشاش[۴]) می‌شد، که به آن آرایه ضربی[۵] یا متقاطع[۶] می‌گویند.

تاگوچی پاسخ در هر ترکیب عامل‌های x را به عنوان تکراری‌هایی برای فرمول بندی یک اندازه‌ی معروف به نام نسبت پیام به اغتشاش[۷](SNR) استفاده کرد. وی با بکارگیری این معیار به تحلیل داده‌های برآمده از آرایه‌ی ضربی پرداخت. تاگوچی مسائل طرح پارامتری را وابسته به هدف محقق به سه دسته تقسیم بندی کرد. دسته بندی تاگوچی عبارت بود از: مشخصه‌ی اندازه گیری شده کوچکتر باشد، بهتر است (کوچکتر- بهتر[۸])، مشخصه‌ی اندازه گیری شده بزرگتر باشد، بهتر است (بزرگتر- بهتر[۹]) و در نهایت مقدار مخصوصی برای مشخصه‌ی اندازه گیری شده مورد نظر باشد (اسمی- بهترین[۱۰]).برای هر یک از دسته‌ها SNR هایی توسط تاگوچی معرفی شده است.

نیر[۱۱](۱۹۹۲) بحث‌ها و نظرات چندین محقق را جمع آوری کرده و سه نقد عمومی بر کارهای تاگوچی آورده است: ۱) استفاده از SNR به عنوان یک اندازه برای تحلیل، ۲) روش‌های تحلیل آن، ۳) انتخاب طرح آزمایش. رابینسون و همکاران (۲۰۰۴) به صورت مروری از منظرهای متفاوتی به مسأله RPD (برآورد و مدل بندی و ساختن طرح در RPD) توجه کردندکه بیشتر بر کارهای صورت گرفته از سال ۱۹۹۲ به بعد اشاره دارند. آرویدسون و گرمیر[۱۲] (۲۰۰۸) اصول، اهداف، روش‌ها و اصطلاحات RPD در ادبیات (مقالات و کتب) مورد بررسی قرار داده‌اند.

---

[1]- Inner array
[2]- Control array
[3]- Outer array
[4]- Noise array
[5]- Product array
[6]- Cross array
[7]- Signal-to-noise ratio
[8]- Smaller - the - better
[9]- Larger - the - better
[10]- Nominal - the - best
[11]- Nair
[12]- Arvidsson and Gremyr