٣٢١ ٢٠٢٧ - ١٥٨٩٩١

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه آمار

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی آمار گرایش آمار ریاضی

افزایش قابلیت اعتماد محصولات، با نگرشی به طرح آزمایش‌ها

استادان راهنما:

دکتر هوشنگ طالبی

دکتر مجید اسدی

پژوهشگر:

مریم معمارزاده کرمانی

آبان‌ماه ۱۳۸۹

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
IRANDOC

۱۵۸۹۹۱

۱۳۹۰/۳/۱۸

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

شیوه نگارش پایان نامه
رعایت شده است.
تحصیلات تکمیلی دانشگاه اصفهان

دانشگاه اصفهان
دانشکده علوم
گروه آمار

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی آمارگرایش آمار ریاضی

خانم مریم معمارزاده

تحت عنوان

افزایش قابلیت اعتماد محصولات با نگرشی به طرح آزمایش ها

در تاریخ **۸۹/۸/۸** توسط هیأت داوران زیر بررسی با درجه **عالی** به تصویب نهایی رسید

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

۲- استاد راهنمای پایان‌نامه دکتر مجید اسدی با مرتبه‌ی علمی استاد امضاء

۳- استاد داور داخل گروه پایان‌نامه دکتر ایرج کاظمی با مرتبه‌ی علمی استادیار امضاء

۴- استاد داور خارج از گروه دکتر فیروزه حقیقی با مرتبه‌ی علمی استادیار امضاء

گروه آمار دانشگاه اصفهان
امضای مدیر گروه

تقدیر و تشکر

چگونه شکر نگویم خدارا، آنگاه که ماهیان دریا و مرغان آسمان زبان به حمدش گشوده اند.

چگونه سپاس نگویمش که مرا دوست داشت تا باشم، هستی ام بخشید و خلقتش را در لحظه ی حیاتم، نو به نو زنده کرد.

نعمت بر من تمام می شود آنگاه که در راه رسیدن، انسان هایی والا و گرانقدر راهبر و راهنمای رقتنم می شوند. ستودنی است

قدرشان، صبرشان و مهرشان:

((جناب آقای دکتر هوشنگ طالبی و جناب آقای دکتر مجید اسدی))

که دریای پر عمق وجودشان، بستر آرام رشد و تعالی است و در آن، برای مروارید شدن، صدف ها آرمیده اند.

در طول تحصیل، بسیار از محضرشان آموختم و در واپسین نامه اکنون، روشنای راهم بودند.

از ایشان به خاطر آنچه از دانش علمی خویش به من تعلیم دادند و بیش از آن به سبب درس های اخلاقی و انسانی که به من آموختند

وسعه صدری که در تحمل کاستی های این شاگرد به کار بردند، سپاسگزارم و آرزومندم که در سایه عنایت پروردگار یکتا، همواره

سلامت، سعادتمند و سربلند باشند.

تقدیم به آنها که بعد از طاعت حق،

احترامشان اولین واجب زندگی من است:

پدر و مادر عزیزم

به پاس جرعه ای از زلال بیکران محبت هایشان

چکیده:

طرح آزمایش‌ها کاربرد گسترده‌ای در صنعت داشته و به منظور افزایش کیفیت محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما در زمینه کاربرد طرح آزمایش‌ها بر روی قابلیت اعتماد، تحقیقات زیادی انجام نشده است. یک آزمایش طراحی شده می تواند به شکل مؤثری اثر تعداد زیادی از عوامل را بر روی عملکرد محصول بررسی کرده و ترکیب بهینه سطوح عوامل مؤثر بر عملکرد را شناسایی کند. اجرای آزمایش‌های افزایش قابلیت اعتماد مشکل‌تر از آزمایش‌های افزایش کیفیت است و این به دلیل دشوار بودن جمع‌آوری داده‌ها می‌باشد.

در آزمایش‌های افزایش قابلیت اعتماد به مطالعه عملکرد محصولات در طول زمان نیاز است که این بر خلاف اندازه های کیفیت است. در آزمایش‌های افزایش کیفیت، عملکرد محصول در یک زمان ثابت مورد آزمایش قرار می‌گیرد.

آزمایش‌های انجام شده به منظور افزایش قابلیت اعتماد دارای دو هدف تعیین عوامل مهم که بر روی قابلیت اعتماد محصول/فرایند اثر دارند و انتخاب سطوحی از این عوامل که منجر به افزایش قابلیت اعتماد می‌گردد، می‌باشند.

در آزمایش‌های افزایش قابلیت اعتماد معمولاً دو نوع داده طول عمر و فرسایشی جمع‌آوری می‌شود.

در این نوشتار دو روش تاگوچی و رویکرد مدل پاسخ را به منظور افزایش قابلیت اعتماد محصولات بر روی داده‌های طول عمر مورد بررسی قرار داده و سپس با ذکر مثال مورد مقایسه قرار می‌دهیم. همچنین روش‌های مختلف افزایش قابلیت اعتماد شامل رویکردهای برآورد طول عمر، مدل خاکستری، اثرات تصادفی و روش افزایش همزمان کیفیت و قابلیت اعتماد را بر روی داده‌های فرسایشی با ذکر مثال مورد مطالعه قرار داده‌ایم.

همچنین رابطه بین عوامل مختلف و قابلیت اعتماد مانند مشخصه‌های کیفیت با انتخاب یک طرح مناسب مطالعه می‌شوند. به طور مثال ممکن است در صنعت مطالعه تعداد زیادی از عوامل در تعداد اجرای نسبتاً کم مورد نیاز باشد. از این رو طرح‌های کسری 2^{K-P} و یا طرح‌های پلاکت برمن، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مواردی که عوامل اغتشاش هم در آزمایش منظور شده باشد از آرایه‌های متقاطع یا تکی استفاده می‌شود.

در این پایان‌نامه داده‌های فرسایشی مربوط به روشنایی لامپ‌های فلورسنت تولید شده در تایوان را شبیه‌سازی کرده و روش‌های مختلف افزایش قابلیت اعتماد را بر روی آن‌ها انجام می‌دهیم . ترکیب بهینه سطوح عوامل کنترل حاصل از همه روش‌های افزایش قابلیت اعتماد یکسان می‌باشد. همچنین با مطالعه نتایج حاصل از محاسبات رایانه‌ای و مباحث نظری ارائه شده ترکیب بهینه‌ای پیشنهاد می‌شود که بهتر از ترکیب حاصل از روش‌های افزایش قابلیت اعتماد ذکر شده در فوق عمل می‌کند. زیرا با انتخاب این ترکیب، کیفیت و قابلیت اعتماد به طور همزمان افزایش می‌یابند.

واژگان کلیدی: عوامل کنترل، عوامل اغتشاش، طرح‌های عاملی، نرخ فرسایش، داده‌های طول عمر، داده‌های فرسایشی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه، تعاریف و اصطلاحات

۱-۱- معرفی موضوع و پیشینه تحقیق ۱

۱-۲- اهداف تحقیق ۷

۱-۳- کاربرد نتایج تحقیق ۸

۱-۴- معرفی ساختار پایان‌نامه ۸

فصل دوم: طرح آزمایش‌ها

۲-۱- طرح آزمایش چیست؟ ۱۰

۲-۱-۱-مراحل انجام آزمایش..... ۱۱

۲-۱-۲- کاربرد طرح آزمایش‌ها ۱۲

۲-۲- طرح‌های عاملی کامل در دو سطح ۱۳

۲-۲-۱- برآورد اثرات عاملی و جدول تحلیل واریانس ۱۴

۲-۲-۲- استفاده از مدل های خطی در برآورد اثرات ۱۷

۲-۲-۳- نمودارهای نرمال و نیم نرمال..... ۲۳

۲-۳- آزمایش‌های غربال‌گری ۲۸

۲-۴- آرایه‌های متعامد ۲۹

۲-۴-۱- آرایه‌های متعامد منظم ۳۱

عنوان **صفحه**

۲-۴-۲- آرایه‌های متعامد نامنظم ۳۶

۲-۴-۲-۱-الگوی هم اثری در طرح‌های نامنظم ۳۸

۲-۵- آرایه‌های متقاطع ۴۳

۲-۶- آرایه‌های تکی ۴۷

۲-۷-مقایسه آرایه‌های متقاطع و تکی ۴۹

۲-۸-مدل‌سازی در آرایه‌های متقاطع ۵۰

۲-۸-۱- تحلیل آزمایش لایه نشانی ۵۱

۲-۹- رویکرد مدل پاسخ ۵۲

فصل سوم: افزایش قابلیت اعتماد با داده‌های طول عمر

۳-۱- روابط بین توزیع‌ها ۵۷

۳-۲- رویکرد مدل زیان ۵۸

۳-۳- رویکرد مدل پاسخ در افزایش قابلیت اعتماد ۶۱

۳-۳-۱. تحلیل آزمایش لامپ‌های فلورسنت ۶۹

۳-۳-۲. تحلیل آزمایش ترموستات ۷۲

فصل چهارم: افزایش قابلیت اعتماد با داده‌های فرسایشی

۴-۱- افزایش قابلیت اعتماد و رویکرد برآورد طول عمر ۷۶

۴-۱-۱- افزایش قابلیت اعتماد لامپ‌های فلورسنت با رویکرد برآورد طول عمر ۷۷

۴-۲- افزایش قابلیت اعتماد با استفاده از مدل اثرات تصادفی ۸۳

۴-۳- آزمایش افزایش قابلیت اعتماد با نگرشی به مدل پیش بین خاکستری..... ۸۶

۴-۴- افزایش همزمان کیفیت و قابلیت اعتماد با رویکرد طرح آزمایش‌ها..... ۹۱

۴-۴-۱-مدل‌سازی..... ۹۳

۴-۴-۲-بهینه‌سازی..... ۹۵

۴-۴-۳- برآورد پارامترها ۹۸

۴-۴-۴-افزایش کیفیت و قابلیت اعتماد در سویچ‌های خنک‌کننده..... ۱۰۱

عنوان **صفحه**

فصل پنجم: مطالعه شبیه‌سازی در مبحث افزایش قابلیت اعتماد

۵-۱-افزایش قابلیت اعتماد در داده‌های شبیه‌سازی شده با رویکرد برآورد طول عمر..... ۱۱۰

۵-۲-افزایش قابلیت اعتماد با داده های شبیه سازی شده و مدل اثرات تصادفی..... ۱۱۵

۵-۳- افزایش همزمان کیفیت و قابلیت اعتماد با داده‌های شبیه‌سازی شده..... ۱۱۶

پیوست‌ها ۱۲۰

منابع و مآخذ ۱۴۷

فهرست پیوست‌ها

عنوان **صفحه**

برنامه‌های رایانه‌ای

۱. طرح مربوط به آرایه کنترل در آزمایش تیغه‌های مته ۱۲۰

۲. طرح مربوط به آرایه اغتشاش در آزمایش تیغه‌های مته..... ۱۲۱

۳. سانسور در داده‌های آزمایش تیغه‌های مته..... ۱۲۲

۴. برازش توزیع وایبل به داده‌های آزمایش تیغه‌های مته..... ۱۲۳

۵. رسم اثرات متقابل برای $D \times E$ و $M \times Q$ و $M \times P$ در آزمایش تیغه‌های مته..... ۱۲۳

۶. مدل رگرسیونی در آزمایش تیغه‌های مته به صورت مدل و برآورد پارامترها..... ۱۲۴

۷. ساخت طرح و معرفی داده‌های مربوط به آزمایش لامپ‌های فلورسنت با داده‌های طول عمر..... ۱۲۴

۸. برازش مدل در آزمایش لامپ‌های فلورسنت با داده‌های طول‌عمر..... ۱۲۵

۹. برآوردهای ماکسیمم درستنمایی و مقدار- p مربوط به آزمایش فلورسنت با داده‌های طول‌عمر..... ۱۲۵

۱۰. طرح پلاکت برمن ۱۲ اجرایی برای آزمایش ترموستات..... ۱۲۵

۱۱. برازش توزیع لگ نرمال به داده‌های آزمایش ترموستات..... ۱۲۷

۱۲. مدل رگرسیونی به کار برده شده در آزمایش ترموستات و برآورد پارامترهای مدل..... ۱۲۸

۱۳. برنامه برآوردپارامترها، و رسم نمودار باقیمانده‌ها در لامپ‌ها، با رویکرد برآورد طول عمر..... ۱۲۸

۱۴. برنامه تقریب درستنمایی اثرات آمیخته در آزمایش لامپ‌های فلورسنت..... ۱۳۱

۱۵. رسم نمودار فرسایش در مقابل زمان در لامپ با روش اثرات تصادفی..... ۱۳۲

۱۶. برازش مدل در روش اثرات تصادفی با استفاده از لامپ‌های فلورسنت..... ۱۳۳

۱۷. برآورد اثرات در مدل اثرات تصادفی..... ۱۳۳

عنوان **صفحه**

۱۸. شبیه‌سازی طرح وبرازش مدل به داده‌های فلورسنت..... ۱۳۴

۱۹. برآورد اثرات اصلی در مدل، برآورد خطای استاندارد، مقدار-p و رسم نمودار احتمال نرمال..... ۱۳۸

۲۰. برازش مدل اثرات تصادفی برای داده‌های شبیه‌سازی..... ۱۳۹

۲۱. رسم نمودار U(t) در مقابل t (زمان) برای داده‌های شبیه‌سازی..... ۱۴۰

۲۲. برازش مدل داده‌های شبیه‌سازی و نتایج حاصل از آن..... ۱۴۰

۲۳. رسم نمودار خطای استاندارد در مقابل مقادیر برآورد شده..... ۱۴۱

۲۴. رسم نمودار انتخاب اجرای بهینه..... ۱۴۲

۲۵. برآورد پارامترهای مدل داده‌های شبیه‌سازی شده در روش جوزف و یو (۲۰۰۶)..... ۱۴۲

۲۶. برازش مدل در داده‌های شبیه‌سازی..... ۱۴۵

فصل اول

مقدمه، تعاریف و اصطلاحات

۱- ۱. معرفی موضوع و پیشینه تحقیق

از دوران تولید سنتی محصولات تا امروز که دوران نانوتکنولوژی و سیستم‌های پیشرفته‌ی اتوماسیون می‌باشد ابزار و ماشین‌آلات، به عنوان عوامل اصلی تولید، به کار می‌روند. در دوران تولید سنتی امکان جایگزینی انسان به جای ابزار میسر بود. با پیشرفته شدن صنعت احتمال جایگزینی انسان به جای ماشین‌آلات به صفر می‌رسد. بنابراین جهت جلوگیری ازتوقف‌ها و ازکارافتادگی‌های بی‌مورد، که خود ریشه تمامی مشکلات یک واحد صنعتی است، لزوم ایجاد واحد تعمیرات و نگهداری از ضروریات اصلی یک کارخانه به شمار می‌رود. همچنین، حفظ سرمایه‌ها از یک سو و ارزبری بالای خرید ماشین‌آلات و دستگاه‌ها از سوی دیگر باعث می‌شوند که انجام عملیات تعمیر و نگهداری تضمین‌کننده‌ی کارکرد طولانی مدت ماشین‌آلات باشند. در بیشتر مواقع با وجود واحد تعمیر و نگهداری در کارخانه‌ها ضرر و زیان‌های ناشی از خرابی ماشین‌آلات بسیار چشمگیر است و این معمولاً برگرفته از عدم استفاده از اصول علمی و مشاوره‌های تخصصی است. در اکثر کارخانه‌ها انتظار برای خراب شدن ماشین و تعمیر آن در موقع ازکارافتادگی، کارایی سیستم را پایین می‌آورد؛ که شاید این مسئله ناشی از عدم وجود فرهنگ پیشگیری در بین ما باشد. در موارد زیادی دیده می‌شود که هزینه تعمیر سیستم از قیمت خرید یک

سیستم جدید هم بیشتر می‌شود. بنابراین لزوم داشتن قابلیت اعتماد بالا برای یک سیستم یا محصول، ضروری به نظر می‌رسد. همچنین در صنعت، رقابت کارخانه‌ها برای تولید محصول بهتر است. از معیارهای برتری کالا، کیفیت و قابلیت اعتماد محصول است که بیشتر کارخانه‌ها معیار بالا بودن کیفیت را مد نظر قرار می‌دهند. اما نباید به کیفیت و قابلیت اعتماد به عنوان اصول جداگانه‌ای نگریست زیرا آنها اصول و مقوله‌های یکسان اما در دو چارچوب زمانی متفاوتند. در واقع قابلیت اعتماد به عنوان کیفیت در طول زمان تعریف می‌شود؛ که فهم این مطلب باید مورد توجه طراحان محصول در امر تجارت قرار گیرد.

در بسیاری از زمینه‌های تحقیقات علمی، آزمایش یکی از ابزارهای اساسی برای به دست آوردن یافته‌های جدید، درک بهتر وقایع و یا دستیابی به ایده‌ی تازه برای بهبود کیفیت و قابلیت اعتماد یک محصول صنعتی است. طرح‌های آزمایش بخشی از علوم و روش‌هایی هستند که توانایی انجام بهتر آزمایش، تحلیل کارامد داده‌ها و ایجاد ارتباط بین نتایج حاصل از تحلیل و اهداف اصلی آزمایش را به آزمایشگر می‌دهند (مونت گمری[1]، ۲۰۰۹). همچنین، طرح آزمایش زمینه را برای افزایش قابلیت اعتماد محصولات صنعتی فراهم می‌کند. در انجام این آزمایش‌ها جمع آوری دو نوع داده، طول عمر و فرسایشی، را مد نظر قرار می‌دهیم.

داده‌های طول عمر در مورد زمان شکست محصول اطلاع می‌دهند. به طور مثال، در لامپ‌های روشنایی، زمانی که لامپ از کار بیفتد را، به عنوان داده‌ی طول عمر یا داده‌ی زمان شکست ثبت می‌کنند. در بعضی از مواقع به دلیل طولانی بودن عمر محصول، آزمایش در نقطه t متوقف می‌شود و داده‌های به دست آمده‌ی حاصل از این توقف، داده‌های سانسور شده نامیده می‌شوند. گاهی اوقات برای اینکه زمان شکست محصول پیش از طول عمر طبیعی آن اتفاق افتد آزمایش را تحت شرایط خاصی قرار می‌دهند. مثلاً دما را افزایش داده یا ولتاژ را تغییر می‌دهند. این عوامل را که باعث می‌شوند زمان شکست محصول زودتر اتفاق افتد را تسریع کننده می‌نامند (وو و هامادا[2] ، ۲۰۰۹). برخی دیگر از محصولات با گذشت زمان دچار فرسودگی و ساییدگی می‌شوند که این فرایند، فرسایش نامیده می‌شود (یو و چیائو[3] ، ۲۰۰۲). داده‌هایی که مشخصه فرسایش را در طول زمان کار کردن محصول نشان می‌دهند را داده‌های فرسایشی می‌نامند. این داده‌ها اطلاعات کامل‌تری را نسبت به داده‌های طول عمر در اختیار آزمایشگر قرار می‌دهند. همچنین می‌توان با تعریف یک مقدار به عنوان آستانه شکست، داده‌های

---

[1]-D.C.Montgomery
[2]-C.F.Wu and M.Hamada
[3]-H.F.Yu and C.H.Chiao

طول عمر را از داده‌های فرسایشی به دست آورد (جوزف و یو[1]، ۲۰۰۶). به طور مثال، در لامپ‌های فلورسنت روشنایی یک مشخصه کیفیت است که در طول زمان کاهش می یابد. برای جمع آوری داده‌های فرسایشی، میزان روشنایی لامپ‌ها در فواصل معینی اندازه گیری شده و ثبت می‌گردند. این داده‌ها از یک روند نزولی برخوردارند. با تعیین یک مقدار خاص به عنوان آستانه شکست می‌توان داده‌های طول عمر را از داده‌های فرسایشی به دست آورد. مثلاً هرگاه میزان روشنایی به مقدار معین شده، λ، رسید زمان شکست محصول آنجاست.

همان‌طور که اشاره شد چگونگی جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها را تحت عنوان طرح‌آزمایش‌ها مطرح می‌کنند. منظور از طرح‌آزمایش‌ها، طرح‌ریزی فرایندی است که داده‌های مناسب را جمع‌آوری کرده و استنتاج‌های معتبر و عینی را با استفاده از روش‌های آماری به دست آورد. در واقع طرح آزمایش‌ها هنر جمع آوری و تحلیل داده‌ها است. در بیشتر آزمایش‌ها برای افزایش قابلیت اعتماد لازم است اثر دو یا چند عامل به طور همزمان مورد بررسی قرار گیرد. در این موارد طرح آزمایش‌های عاملی[2] کاربرد گسترده‌ای دارند و معمولاً با هدف مطالعه تأثیر تغییر سطوح عوامل مختلف بر روی متغیر پاسخ به کار می‌روند. به عنوان اولین قدم در این آزمایش‌ها که بر پایه تجربه و دانسته‌های موجود از فرایند تحت مطالعه است؛ عوامل مختلفی که ممکن است روی متغیر پاسخ تأثیرگذار باشند مشخص می‌گردند. برخی از این عوامل مانند نوع مواد به کار رفته در یک محصول، کیفی و بعضی نیز مانند درجه حرارت، کمی هستند. عوامل بر دو دسته‌اند. عواملی که کنترل کردن آن‌ها توسط آزمایشگر میسر باشند را کنترل[3] و عواملی که کنترل کردن آنها توسط آزمایشگر هزینه‌بر، وقت‌گیر و گاهی اوقات غیر ممکن باشد را اغتشاش[4] می‌گویند.

یک آزمایش عاملی کامل، اجرای همه‌ی ترکیبات سطوح مختلف عوامل دخیل در آزمایش است. پس از انجام آزمایش می‌توان از تحلیل آماری برای مطالعه‌ی اثر عوامل و تعامل بین آن‌ها استفاده کرد. به این ترتیب اگر متغیر پاسخ، طول عمر باشد می‌توان به درک بهتری در مورد تأثیر متغیرهای ورودی بر طول عمر دست یافت و بهترین ورودی‌ها را انتخاب نمود. برای تحلیل داده‌ها در آزمایش‌های عاملی، به اندازه‌گیری تأثیر عوامل یا اثرات متقابل[5]

---

[1] -V.R.Joseph and I.T.Yu
[2]- Factorial Experiments
[3] -Control Factors
[4] -Noise Factors
[5]- Intraction Effects

آنها بر روی پراکندگی میانگین مقادیر متغیر پاسخ پرداخته می‌شود. در اینجا متغیر پاسخ همان قابلیت اعتماد (طول عمر) است.

دسته مهمی از طرح‌های عاملی آن‌هایی هستند که برای بررسی f عامل دو سطحی در 2^f ترکیب اجرا می‌گردند. این طرح‌ها به عنوان طرح‌های عاملی 2^f شناخته می‌شوند و به دلیل اینکه هر عامل تنها دو سطح دارد، برای بررسی اثر خطی عوامل بر روی متغیر پاسخ (طول عمر) به کار می‌روند. با افزایش تعداد عوامل آزمایش، تعداد اجراهای لازم برای انجام طرح‌های عاملی کامل 2^f به سرعت افزایش می‌یابد. این مسئله استفاده از این طرح‌ها را در بسیاری از مواقع، به خصوص در مواردی که اجراها پر هزینه یا زمان‌گیر هستند، غیر ممکن می‌سازد. در چنین مواردی می توان با انتخاب زیر مجموعه مناسبی از اجراهای طرح عاملی کامل، تعدادی از اثرات مهم را برآورد کرد که این امر به انجام طرح‌های عاملی کسری منتهی می‌شود. کاربرد عمده‌ی طرح‌های عاملی کسری در آزمایش‌های غربال‌گری[1] است. آزمایش‌های غربال‌گری یکی از مراحل اولیه آزمایش‌های عاملی هستند که به منظور تعیین عوامل مهم، از بین عوامل آزمایش به کار می‌روند. یک دسته از این طرح‌ها، طرح‌های کسری منظم هستند که متداول‌ترین گزینه برای انتخاب طرح‌های کسری می‌باشند (باکس و هانتر[2] ، ۱۹۶۱ و فرایز[3] و هانتر، ۱۹۸۰) . در این گونه طرح‌ها آزمایشگر با تعداد مشاهدات کمتر، توانایی برآورد تعدادی از اثرات متقابل مراتب بالاتر را فراهم می‌کند. گروه دیگری از طرح‌های کسری، طرح‌های کسری نامنظم هستند که متداول ترین طرح‌های کسری نامنظم طرح‌های پلاکت برمن (پلاکت و برمن[4] ، ۱۹٤٦) می‌باشند.

قابلیت اعتماد یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی هر سیستم می‌باشد. حال با در نظر گرفتن قابلیت اعتماد به عنوان متغیر پاسخ می‌توان از بین عوامل مؤثر بر طول عمر، آن‌هایی را که مؤثرترند انتخاب کرده و سپس بهترین ترکیب از سطوح این عوامل را طوری برگزید که طول عمر ماکسیمم شود. طرح‌های آزمایش زمینه را برای رسیدن به این هدف مهیا می‌سازد. لذا مبحث افزایش قابلیت اعتماد با نگرشی به طرح آزمایش‌ها مورد توجه می‌باشد. به طور کلی، افزایش طول عمر محصولات صنعتی با استفاده از طرح آزمایش‌ها در دو گام انجام می‌شود:

۱- تعیین عوامل تأثیر گذار بر قابلیت اعتماد محصول

۲- تعیین بهترین ترکیب از سطوح عوامل انتخاب شده در گام ۱.

---

[1]- Screening Experiments
[2]- Box and Hunter
[3]- Fries
[4]-R.L.Placket and J.P.Burman

همچنین لیندزلی[1] (۱۹۹۲) در مورد الویت قرار گرفتن ۲۶ مورد روی تولید محصول قابل اعتماد، از کمپانی‌های صنعتی با تکنولوژی‌های بالا نظر سنجی به عمل آورد. طبق این نظرسنجی طرح آزمایش‌ها در رتبه ششم قرار گرفت. این رتبه در بین ۲۶ مورد نشان از اهمیت طرح آزمایش‌ها دارد. از آنجا که طرح آزمایش برای بهینه‌سازی فرایندها به کار می‌رود لذا آزمایش‌های طراحی شده زمینه را برای افزایش قابلیت اعتماد محصولات فراهم می‌کنند(نیر[2] و همکاران، ۲۰۰٤).

اولین بار مسئله قابلیت اعتماد پس از جنگ جهانی دوم مطرح شد. در آن زمان ارتش آمریکا با تحقیقاتی که انجام داد متوجه نتایج جالبی شد. به عنوان مثال مشخص گردید که در نیروی دریایی فقط سی درصد از وسایل الکترونیکی فعالند. در قسمت‌های دیگر هم بین $\frac{2}{3}$ تا $\frac{3}{4}$ از تجهیزات قابل استفاده بودند. با تحقیقات نیروی هوایی آمریکا مشخص گردید که تعمیر دستگاه‌ها به اندازه دو برابر قیمت اصلی هر دستگاه هزینه داشته است. مطالعات فوق همراه با مطالعات دیگری، زمینه را برای تحقیق بیشتر در مورد قابلیت اعتماد در صنایع فراهم کرد. از سال ۱۹۵۰ سایر کشورها از قبیل انگلیس و ژاپن به کاربرد قابلیت اعتماد در محصولات خود علاقه‌مند شدند. چنانکه فعالیت‌هایی از بررسی ساده گرفته تا تحلیل‌های پیشرفته آماری در برنامه کار بسیاری از صنایع از قبیل پایگاه‌های تولید انرژی مخصوصاً انرژی اتمی و سیستم‌های تولید برق، پتروشیمی و هواپیما سازی قرار گرفت (کوندرا[3]،۲۰۰۱).

تاگوچی که در زمینه طرح‌های استوار از شهرت بالایی برخوردار است در زمینه کاربرد طرح‌های آزمایش برای قابلیت اعتماد محصولات گام نخست را برداشت. او با معرفی معیار $\frac{S}{N}$ که S به نشانه پیام[4] و N اغتشاش هستند؛ ابتدا مبحث طرح استوار و سپس قابلیت اعتماد استوار را مطرح کرد. منظور از طرح استوار تولید محصولی است که نسبت به تغییرات عوامل اغتشاش غیر حساس باشد. به عنوان مثال در یک کارخانه لاستیک سازی باید چنان لاستیکی برای اتومبیل‌ها ساخته شود که توانایی تحمل گرمای زیاد تابستان و سرمای شدید زمستان را داشته باشد و از بین نرود. در این مثال دما یک عامل اغتشاش می‌باشد. همچنین منظور از قابلیت اعتماد استوار نیز ساخت محصولی است که با تغییرات عوامل اغتشاش قابلیت اعتماد آن تغییر نکند.

---

[1]- M.Lindsley
[2] -V.N.Nair
[3]-L.W.Condra
[4] -Signal

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
IRANDOC
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

پس از تاگوچی، ولش[1] (۱۹۹۰) معیار زیان را معرفی کرده و نشان داد که این معادل با معیار تاگوچی است. از معیار زیان برای دستیابی به قابلیت اعتماد استوار استفاده می‌شد. سپس تاگوچی با تغییری که در معیار ولش ایجاد کرد توانست معیار جدیدی را برای افزایش قابلیت اعتماد به وجود آورد. از این معیار مدت‌ها برای افزایش قابلیت اعتماد محصولات صنعتی استفاده می‌شد تا اینکه هامادا (۱۹۹۳) با انتقاد از این معیار، رویکرد مدل پاسخ را پیشنهاد کرد. او توصیه کرد که مدل پاسخ نه تنها دارای مدل ساده‌تری است بلکه اطلاعات مهم را مانند مدل زیان پنهان نمی‌کند. او چندین مثال را ارائه کرد که در بسیاری از آنها رویکرد مدل پاسخ همان نتایجی را می‌داد که روش تاگوچی بیان می‌کرد. بنابراین روش تاگوچی به طور کامل کنار گذاشته نشد و در کنار رویکرد مدل پاسخ مورد استفاده قرار می‌گرفت.

تا قبل از سال ۱۹۹۵ آزمایش‌های افزایش قابلیت اعتماد با استفاده از داده‌های طول عمر انجام می‌گرفت. در سال های بعد از ۱۹۹۵ با روشن شدن خواص داده‌های فرسایشی، روند آزمایش‌ها به سمت استفاده از این نوع داده‌ها پیش رفت. اولین مثال کار بردی انجام شده با استفاده از داده‌های فرسایشی توسط سنگ[2] و همکاران در تایوان بود. آنها با اجرای یک طرح کسری 2^{3-1} پنج لامپ فلورسنت را در هر اجرا مورد آزمایش قرار دادند. سپس با استفاده از مدلی که برای لامپ‌های فلورسنت پیشنهاد شده بود (لین[3]، ۱۹۷٦)، طول عمر هر لامپ را برآورد کردند. پس از آن اجرایی را که دارای میانگین طول عمر بیشتر و واریانس کمتری بود به عنوان بهترین اجرا برگزیدند. به طوری که با انتخاب این اجرا قابلیت اعتماد ماکسیمم می‌شود. در این آزمایش میزان روشنایی لامپ‌ها هر ۱۰۰۰ ساعت یک بار اندازه‌گیری و ثبت گردید. این کار در اجرای اول و سوم تا ٦۰۰۰ و در اجرای دوم و چهارم تا ۱۲۰۰۰ ساعت انجام شد. این مسئله که آزمایش چه زمانی خاتمه پیدا کند موضوعی شد تا سنگ و یو[4] (۱۹۹۷) روشی را برای تعیین زمان پایان آزمایش‌های فرسایشی ارائه کنند.

چیائو و هامادا (۲۰۰۱) برای داده‌های فرسایشی مدل اثرات تصادفی را پیشنهاد کردند. با استفاده از این مدل جامعه‌ای از مسیرهای فرسایش توصیف می‌شوند.

---

[1]- Welch
[2]-Tseng
[3]- Lin
[4]-Yu

از آنجایی که در این گونه آزمایش‌ها حجم نمونه کوچک است لذا چیائو و وانگ[1] (۲۰۰۲) از مدل پیش‌بین خاکستری[2] برای افزایش قابلیت اعتماد استفاده کردند. این مدل با فرایند تولید داده در مواردی که حجم نمونه کم باشد خوب عمل می‌کند. موضوع تعیین حجم نمونه و تعداد مراجعات برای اندازه‌گیری مشخصه فرسایش انگیزه‌ای شد که یو و چیائو (۲۰۰۲) به طراحی یک آزمایش فرسایشی بهینه بپردازند. آنها با استفاده از یک الگوریتم ۵ گامی بهترین مقدار برای حجم نمونه و تعداد مراجعات را پیشنهاد کردند به طوری که کارایی آزمایش افزایش قابلیت اعتماد ماکسیمم شود. از معیارهای مورد توجه در این روش بالا بودن دقت آزمایش و حداقل بودن هزینه‌ها بود.

در کارخانه‌های صنعتی معمولاً یا به مسئله‌ی کیفیت محصول توجه می‌شود و قابلیت اعتماد نادیده گرفته می‌شود و یا بالعکس. در حالی که سازندگان محصول باید تدبیری بیندیشند تا در محصولات تولیدی کیفیت و قابلیت اعتماد هر دو لحاظ شوند. زیرا خریداران همواره به دنبال محصولاتی هستند که هم از کیفیت عالی برخوردار بوده و هم دارای طول عمر بالایی باشند. جوزف و یو (۲۰۰۶) با استفاده از داده‌های فرسایشی و با یک دسته‌بندی جدید از عوامل اغتشاش و دستیابی به یک ساختار خاص از واریانس مشخصه‌ی فرسایش توانستند به این مهم دست یابند. آن‌ها با یک عمل بهینه‌سازی توانستند روشی را ارائه دهند که کیفیت و قابلیت اعتماد محصولات به طور همزمان افزایش یابند.

گاهی اوقات افزایش قابلیت اعتماد منجر به کاهش کیفیت می‌شود که برای رفع این مشکل ابتدا کیفیت را قربانی طول عمر کرده و در مرحله بعد زیان حاصل از کیفیت را کاهش می‌دهند (جوزف و یو، ۲۰۰۸).

۱-۲. اهداف تحقیق

هدف اولیه از انجام این تحقیق، ارائه جدیدترین نتایج حاصل از مطالعه و سیر گسترش افزایش قابلیت اعتماد با نگرشی به طرح آزمایش‌ها تا کنون است. هدف دوم از انجام این تحقیق، دستیابی به نتایج حاصل از اعمال روش‌های مطالعه شده، بر روی داده‌های شبیه سازی شده‌ی لامپ‌های فلورسنت کارخانه‌ای در تایوان است.

---

[1] -Wang
[2] -Grey Forecasting Model