فصلنامه علمی ـ پژوهشی مطالعات مدیریت
صنعتی سال ششم، شماره ۱۵، زمستان ۸۸
صفحات ۱۶۷ تا ۱۸٤

Motaleat-e modiriat-e sanati
Vol. 6, No.15, Winter 2009

# بهبود کارایی زمان در فرایندهای خدماتی با استفاده از تکنیک طراحی آزمایشات در متدولوژی شش سیگما

دکترجمشید صالحی صدقیانی *

## چکیده

متدولوژی شش سیگما یکی از رویکردهای بهبود فرایند به شمار می رود که هدف آن بهبود بازدهی فرایند، پایایی، رضایت مشتریان و کاهش انحرافاتی همچون ضایعات، دوباره کاری ها و هزینه ها است. تاکنون تکنیک های متفاوتی برای نیل به این اهداف معرفی شده اند که یکی از کارامدترین آنها، طراحی آزمایشات (DOE) است. تکنیک طراحی آزمایشات یک روش علمی برای معرفی پارامترهای اصلی مرتبط با یک فرایند است که کاربرد بهینه این پارامترها را برای افزایش عملکرد و ظرفیت فرایند، معین می سازد. در این مقاله کاربرد DOE در متدولوژی شش سیگما برای کاهش مدت زمان انجام فرایند عقد قراردادهای پیمان سپاری شرکت مهندسی خدمات صنعتی ایران خودرو (ایسیکو) تشریح می شود و پارامترهای اصلی موثر بر

---

* عضو هیئت علمی دانشگاه علامه طباطبایی

تاریخ دریافت: ۸۸/٦/۱۲ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۱۸

زمان شناسایی خواهند شد. همچنین آنالیزهای آماری برای شناسایی اثر متقابل پارامترهای موثر بر هم استفاده خواهند شد و راهکارهای بهبود برای کاهش زمان پیشنهاد می شوند که نهایتاً نتایج به دست آمده مؤید بهبود کارایی زمان انجام پیمان سپاری خواهند بود.

**واژگان کلیدی: طراحی آزمایشات، شش سیگما، طراحی برای شش سیگما، تحلیل های آماری، DMAIC**

**مقدمه**

در دنیای واقعی و در بیشتر مسائل مهندسی، عنصر عدم قطعیت نقش به سزایی دارد و بسیاری از استراتژی‌های بهبود عدم قطعیت را می‌توان در مدل‌های ریاضی جستجو کرد. طی سال‌های اخیر، روش‌های طراحی آزمایش‌های آماری و بهینه‌سازی، که اغلب روش‌های "مهندسی کیفیت"[1] نامیده می‌شوند، برای برخورد با مسأله عدم قطعیت و پیشامدهای تصادفی توسعه یافته‌اند. این روش‌های آماری برای تبدیل مسائل قطعی به مدل‌های احتمالی توسعه یافته‌اند و اثرات عدم قطعیت را مورد سنجش و ارزیابی قرار می‌دهند.

مهندسی کیفیت آماری طی دهه‌های اخیر، روش‌های توسعه یافته‌ای را در حوزه‌های مختلف طراحی نموده است که از آن جمله می‌توان به قابلیت اطمینان ساختاری (کرنل ۱۹۶۹، هاونبیچلر و راک وایس ۱۹۸۱، تافت، کریستینسن و بیکر ۱۹۸۲، مادسن و همکاران ۱۹۸۶، تاندر و کودیالام ۱۹۹۱، ملشرز ۱۹۹۹)، مهندسی کیفیت قطعی تاگوچی (بیرنه و تاگوچی ۱۹۸۷، فادک ۱۹۸۹، راس ۱۹۹۶) و اخیراً مهندسی کیفیت "شش سیگما"[2] (هری ۱۹۹۷، هری و شرودر ۲۰۰۰، پاند و همکاران ۲۰۰۰) اشاره نمود. هر یک از این رویکردها تمرکز متفاوتی را بر تجزیه و تحلیل‌های احتمالی و بهینه سازی دارند. روش‌های مهندسی کیفیت تاگوچی بر اهداف عملکردی متمرکز می‌شوند که بر اساس اهداف قطعی مینیمم و ماکزیمم، هم شامل میانگین و هم واریانس عملکرد می‌باشد. روش‌های تاگوچی، میانگین را

1- Quality Engineering
2- Six-sigma

به سمت یک هدف معین و واریانس عملکرد را به سمت کمینه شدن سوق می‌دهند (فادک، ۱۹۸۹). علاوه بر آن، روش‌های تاگوچی از ماتریس هایی همچون نرخ انحراف به علامت[1] و تابع زیان[2] برای دستیابی به این اهداف استفاده می کنند (راس، ۱۹۹۶). به هر حال، در روش‌های تاگوچی، محدودیت‌ها مدل سازی نمی‌شوند و توسط مدل بهینه‌سازی در نظر گرفته می‌شوند. باید افزود که روش تاگوچی، طراحی آزمایشات (DOE) (مونتگومری، ۱۹۹۶) را برای ارزیابی پتانسیل‌های بهبود به خدمت می گیرد.

یک روش بسیار سریع که در صنعت ایجاد و توسعه یافته و با نگاه مدیریتی به مسأله عدم قطعیت در جستجوی افزایش کیفیت محصولات است، متدولوژی شش سیگما می‌باشد. از مهم‌ترین ابزارهای موجود در شش سیگما، می‌توان طراحی آزمایشات و دیگر روش‌های تجزیه و تحلیل آماری را نام برد که واریانس عملکرد سیستم را بر پایه تمرکز بر دستیابی به شش سیگمای واریانس عملکرد با حدود طراحی شده نشـان می‌دهـند (هری ۱۹۹۷، هری و شرودر ۲۰۰۰، پاند و همکاران ۲۰۰۰). در شش سیگما ابتکارات بهبود و کنترل کیفیت ایجاد می‌شود و طراحی آزمایشات با کمینه کردن تعداد آزمایش‌های فیزیکی ابزاری کلیدی در شش سیگما به شمار می‌رود (کوخ و همکاران، ۲۰۰۴).

هدف اصلی از طرح این مقاله، تشریح کاربرد DOE در رویکرد شش سیگما برای بهبود زمان انجام فرایندهای خدماتی می‌باشد. بنابراین در ابتدا رویکرد شش سیگما تشریح شده و سپس یک مطالعه موردی از شرکت ایسیکو (یکی از مراکز خدماتی شرکت ایران خودرو) ارائه خواهد شد که در آن کاربرد روش DOE در متدولوژی شش سیگما برای افزایش کارایی زمان عقد قرارداد پیمان سپاری تشریح خواهد شد.

## معرفی شش سیگما

نام و ایده شش سیگما به بیل اسمیت نسبت داده می‌شود. وی که در دهه هفتاد و

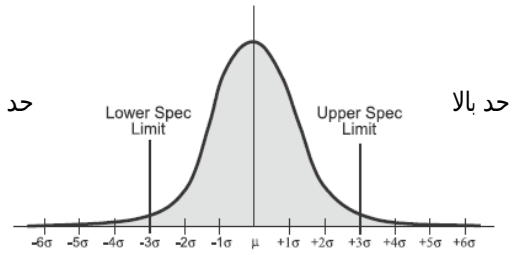
1- Signal-to-noise ratio
2- loss function

هشتاد میلادی به عنوان مهندس ارشد کیفیت و قابلیت اطمینان در شرکت موتورولا مشغول بود؛ اکنون پدر شش سیگما نام دارد. بیل اسمیت با مشاهده نرخ خطا در نتیجه افزایش پیچیدگی محصولات و اضافه شدن بر تعداد قطعات آنها، به ناکارآمد بودن سطح کیفیت سه سیگما پی برد و با تلفیق مفاهیم قابلیت اطمینان و روش‌های مهندسی کیفیت ایده آغازین شش سیگما را در حضور مدیر عامل موتورولا باب گالوین مطرح نمود. با پیوستن مایک هری و جک جرمین (از مدیران وقت موتورولا) به بیل اسمیت، چتر آغازین شش سیگما که در بردارنده آموزش‌های جوران، کنترل فرآیند آماری، ابزار پیشرفته تشخیصی و طراحی آزمایش‌ها بود، شکل گرفت. با اضافه شدن مفاهیم پروژه گرایی و فرایندگرایی به این مجموعه، برنامه شش سیگما در ۱۵ ژانویه ۱۹۸۷ به صورت رسمی توسط باب گالوین معرفی شد. در خلال پیاده سازی شش سیگما در موتورولا، مایکل هری متوجه شد که در سطح کیفیت پنج سیگما سازمان ناگزیر به در نظر گرفتن تامین کنندگان و به کارگیری مفاهیم مدیریت زنجیره تامین می‌باشد و رسیدن به سطح شش سیگما فقط با به کارگیری روش‌هایی نظیر طراحی پایدار و طراحی برای شش سیگما[1] امکان پذیر است. طی سال‌های اخیر، پیاده‌سازی موفق شش سیگما در شرکت‌هایی نظیر جنرال الکتریک، آلاید سیگنال، IBM، کداک، و غیره با ایجاد تغییرات و اصلاحاتی در این رویکرد همراه بوده است. ویژگی انعطاف پذیری شش سیگما، این متدولوژی را همراه با تحولات مستمر در کلیه فرایندهای کسب و کار، متحول ساخته است.

شش سیگما در سطوح بالا یک فلسفه کیفیتی است که با تمام فرایندها مرتبط شده و کیفیت را در پایین ترین سطح اندازه گیری می کند. سیگما ($\sigma$) که یکی از حروف الفبای یونانی است، برای بیان انحراف استاندارد به کار می‌رود. انحراف استاندارد به سنجش انحراف یا میزان پراکندگی از میانگین اشاره دارد. بطورکلی سازمان‌ها به دنبال کسب خروجی‌هایی با انحرافات کلی در محدوده‌ای قابل قبولی می‌باشند. در واقع واریانس عملکرد می‌تواند با چندین انحراف استاندارد نشان داده شود (شکل

1- DFSS

۱).




**شکل ۱: توزیع نرمال: طرح سه سیگما**

در شکل ۱ فضای زیر توزیع نرمال به احتمال عملکرد واقع شده در آن محدوده مرتبط می‌شود. برای مثال $\pm 1\sigma$ برابر احتمالی معادل با ۰/۶۸۳ می‌باشد. این احتمال در جدول ۱ با درصد واریانس و تعداد معیوب‌ها به ازای یک میلیون محصول نشان داده شده است.

**جدول ۱. سطح سیگما بر اساس درصد انحراف و معیوب در میلیون**

| سطح سیگما | درصد انحراف | معیوب به ازای هر میلیون | معیوب به ازای هر میلیون ( تغییر ۱/۵ سیگما ) |
|---|---|---|---|
| $\pm 1\sigma$ | ۶۸/۲۶ | ۳۱۷۴۰۰ | ۶۹۷۷۰۰ |
| $\pm 2\sigma$ | ۹۵/۴۶ | ۴۵۴۰۰ | ۳۰۸۷۳۳ |
| $\pm 3\sigma$ | ۹۹/۷۳ | ۲۷۰۰ | ۶۶۸۰۳ |
| $\pm 4\sigma$ | ۹۹/۹۹۳۷ | ۶۳ | ۶۲۰۰ |
| $\pm 5\sigma$ | ۹۹/۹۹۹۹۴۳ | ۰/۵۷ | ۲۳۳ |
| $\pm 6\sigma$ | ۹۹/۹۹۹۹۹۹۸ | ۰/۰۰۲ | ۳/۴ |

در شکل ۱ حدود پایین[1] و بالای[2] سطح سه سیگما نشان داده شده‌اند. بطوری که اگر ارزش عملکرد در این حدود سه سیگما باشد، ۹۹/۷۳٪ تغییرات در حدود پایین

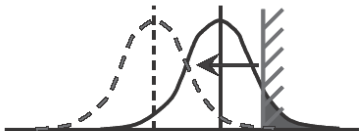
1- LSL
2- USL

و بالا قرار دارند و یا احتمال مواجهه با محصول مورد تایید تحت این حدود ۹۹/۷۳٪ می‌باشد که ۲۷۰۰ معیوب در میلیون را به دنبال خواهد داشت. در عین حال سطح سیگما، به عنوان معیار سنجش این رویکرد، مقدار ۱/۵σ± را به منظور تغییر مکان میانگین در نظر می‌گیرد. درصد بهبود در نرخ خطا در واحد میلیون با درصد بهبود در سطح کیفیت سیگما برابر نمی‌باشد، به عبارت دیگر این رابطه غیر خطی است. هدف اصلی و سمبولیک رویکرد شش سیگما بهبود مستمر فرایندها و رسیدن به کلاس جهانی شش سیگما می‌باشد (هری و شرودر، ۲۰۰۰). کیفیت نیز می‌تواند با درصد احتمال واریانس (معادل با قابلیت اطمینان)، یا با تعداد معیوب‌ها به ازای یک میلیون با معیار سطح سیگما (جدول ۱) اندازه‌گیری شود.

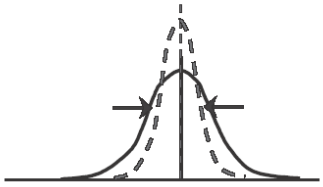
در پیاده‌سازی رویکرد شش سیگما و در طراحی مهندسی یا طراحی برای شش سیگما، انحرافات عملکرد اندازه‌گیری می‌شوند و در صورت نیاز، بهبود با توجه به دو هدف انتقال[1] توزیع عملکرد با در نظر گرفتن محدوده‌های حدود پذیرش (بهبود قابلیت اطمینان) و انقباض[2] (باریک نمودن) توزیع عملکرد و کاهش انحرافات و حساسیت طراحی انجام می‌پذیرد (بهبود استواری[3]). این مفاهیم "انتقال" و "باریک سازی" در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. در شکل ۲ و در قسمت (الف)، توزیع احتمال به سمت محدوده‌های پذیرش انتقال یافته تا به سطح قابلیت اطمینان دست یابد و در قسمت (ب) توزیع عملکرد بگونه‌ای باریک شده است که به کاهش حساسیت و بهبود استواری منجر گردد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1- Shift
2- Shrink
3- Robustness



الف) انتقال



ب) انقباض

**شکل ۲. طراحی برای شش سیگما: الف) قابلیت اطمینان انتقال و ب) نیرومندی انقباض**

مطلوبیت در بهبود طراحی کیفیت برای شش سیگما، انجام انتقال و انقباض عملکرد بطور همزمان می‌باشد. در شکل ۲ این بهبود که توأمان به بهبود قابلیت اطمینان و استواری منجر می‌شود، نشان داده شده است که هدف اصلی در پیاده‌سازی شش سیگما نیز خواهد بود (کوخ و همکاران، ۲۰۰۴).

## مطالعه موردی

پس از گذار از دوران نیمه صنعتی قرن‌های ۱۷ و ۱۸ میلادی و با آغاز عصر انقلاب صنعتی، صنایع خرد، زنجیره‌های تامین، توزیع محصول و خدمات به سرعت رشد پیدا کرده و به عنوان عضو لاینفک صنایع مطرح شدند. از سوی دیگر پراکندگی صنایع متوسط باعث بالا رفتن هزینه‌های سرباری همچون حمل و نقل، خدمات تعمیراتی و نگهداری تجهیزات و غیره گردید. از اینرو ایجاد بنگاه‌هایی که بتوان در

آنها بسیاری از این خدمات عمومی را جمع‌آوری و با استفاده از آنها به صنایع بالادستی بطور مشترک خدمات ارائه کرد، به صورت ایده‌ای مناسب مطرح و اجرا گردید. شرکت ایسیکو به عنوان یکی از این بنگاه‌های اقتصادی، ارائه خدمات به بزرگترین خودروساز خاورمیانه (شرکت ایران خودرو) را بر عهده دارد.

ایجاد ساختار ارزیابی مناسب پیمانکاران در ارائه خدمات، پاسخگویی و شفاف سازی فعالیت‌های خدماتی برای بهره‌برداران داخلی ایران خودرو، رسیدن به هدف کیفیت در کلاس جهانی در بخش خدمات و پشتیبانی که لازمه جهانی شدن ایران خودرو است، کمک به مدیریت فرآیند در تامین و توسعه محصول با مدیریت کامل پیمانکاران مرتبط و ایجاد مراکز ارائه و دریافت خدمات به شرکت ایران خودرو، از دیگر اهداف تاسیس شرکت ایسیکو می‌باشند. شرکت ایسیکو هم اکنون شامل هفت مدیریت و سه اداره کل مستقل است که کلیه فعالیت‌های این شرکت را تحت پوشش قرار می‌دهند. مدیریت بازرگانی شرکت ایسیکو با وظیفه پیمان سپاری و عقد قرارداد با پیمانکاران واجد شرایط، شاهرگ فعالیت‌های اصلی این شرکت می‌باشد که با فرایندهای کلیدی مرتبط با رسالت اصلی شرکت در ارتباط است. یکی از مسائل اساسی این شرکت، عقد قراردادهای طولانی مدت با پیمانکاران و مدیریت قراردادها می‌باشد، بطوری که کاهش این زمان موجب رضایتمندی دو طرف پیمان (بهره‌برداران شرکت ایران خودرو و پیمانکاران ایران خودرو) خواهد شد. در راستای جلب رضایت مشتریان و ارائه خدمات مطلوب‌تر، شرکت اقدام به استقرار پروژه شش سیگما در سطح مدیریت بازرگانی نموده است.

در فرایند پیمان سپاری شرکت، انتخاب پیمانکاران با شیوه‌های متفاوتی انجام می‌پذیرد ولی پس از انتخاب پیمانکار اصلح، فرایند عقد قرارداد در کلیه قراردادها به صورت یکسان انجام شده و عمدتاً در سه مقطع از سال انجام می‌گیرد. نهایتاً مسأله کاهش زمان عقد قرارداد، از زمان انتخاب پیمانکاران تا ابلاغ قرارداد به پیمانکار، مطرح خواهد شد.

## پیاده‌سازی

### پنج فاز رویکرد شش سیگما

پنج فاز اصلی رویکرد شش سیگما عبارتند از: تعریف، اندازه گیری، تحلیل، بهبود و کنترل (شکل ۳). جزئیات این فازها به صورت زیر می‌باشد:

در فاز تعریف، مسائل خاص تعریف شده و اهداف پروژه و قابلیت اجرای آنها تعیین می‌شود. در فاز اندازه‌گیری، یک بازنگری در انواع سیستم‌های اندازه‌گیری و ساختار کلیدی آنها انجام می‌شود. طبیعت و جزئیات جمع آوری داده‌ها[1] باید توسط سازمان به درستی درک شوند. در فاز تحلیل، روش‌ها و ابزارهای آماری خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند، بطوری که این اطلاعات برای تعریف تعداد معیوب‌ها مهم و ضروری خواهند بود. در فاز بهبود، عوامل کلیدی که دلیل اصلی مسائل هستند، کشف می‌شوند. در فاز کنترل نیز فرایندهای ایجاد محصول یا خدمت کنترل شده و به صورت مداوم نمایش داده می‌شوند تا از وقوع مشکل عدم اطمینان، جلوگیری به عمل آید.

**شکل۳.** مراحل پیاده سازی رویکرد شش سیگما[2] (**DMAIC**).

در مراحل اجرای رویکرد شش سیگما، ابزارهای آماری بهترین امکان را برای استفاده و تحلیل اطلاعات در دسترس ایجاد می کنند، بطوری که طی سال‌های اخیر کاربرد آنها در رویکردهای مختلف بهبود و به خصوص شش سیگما وسیع‌تر نیز شده است. در جدول ۲، ۲۲ ابزار متداول آماری مورد استفاده در شش سیگما و مراحل به کارگیری آنها در رویکرد DMAIC نشان داده شده است. از بین این ابزارها روش DOE، ابزاری کارامد است که در فاز تحلیل و بهبود به عنوان ابزاری برای بهبود بازدهی فرایند، پایایی، رضایت مشتریان و کاهش انحرافات فرایندی به کار

1- Data collection
2- Define, Measure, Analyze, Improve, Control

می‌رود (بریفوگل، ۱۹۹۹).

**جدول ۲: کاربرد ابزارهای آماری در شش سیگما**

| ابزارهای آماری | | مراحل شش سیگما | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ردیف | ابزار | تعریف | اندازه‌گیری | تحلیل | بهبود | کنترل |
| ۱ | هیستوگرام | | * | * | | |
| ۲ | نمودار نقطه‌ای | | * | * | * | |
| ۳ | نمودار سری‌های زمانی | | * | | | |
| ۴ | نمودار نرمال | | * | * | | |
| ۵ | نمودار پارتو | * | * | | | |
| ۶ | نمودار پراکندگی | | * | * | | |
| ۷ | نمودار جعبه‌ای | | * | | | |
| ۸ | تبدیل Box-Cox | | * | * | | |
| ۹ | نمودار کنترل | | * | * | * | * |
| ۱۰ | رگرسیون خطی | | | * | | |
| ۱۱ | نمودار ماتریسی | | | * | | |
| ۱۲ | آزمون t | | | * | | |
| ۱۳ | رگرسیون لجستیکی | | | * | | |
| ۱۴ | آنالیز واریانس | | | * | | |
| ۱۵ | آزمون برابری واریانس‌ها | | | * | | |
| ۱۶ | نمودار و اثرات اصلی | | | * | | |
| ۱۷ | طراحی آزمایشات | | | * | * | |
| ۱۸ | نمودارهای عاملی | | | * | | |
| ۱۹ | نمودار اثرات متقابل | | | * | * | |
| ۲۰ | نمودار مکعبی | | | * | * | |
| ۲۱ | نمودار قبل و بعد | | | | | * |
| ۲۲ | آزمون‌های ناپارامتری | | | * | | |

## مرحله اول: تعریف

در این مرحله مسأله شش سیگما با عنوان کاهش زمان عقد قرارداد تعیین می‌شود. منافع حاصل از این مسأله افزایش رضایت مشتریان اعم از پیمانسپار و

پیمانکار است. بطور متوسط زمان عقد قرارداد ۳۵ روز به طول می‌انجامد که این امر مشکلاتی را برای شرکت پیمانسپار و پیمانکار به دنبال خواهد داشت. هدف مسأله به صورت کمی کاهش زمان عقد قرارداد به ۱۵ روز تعیین می‌گردد. در گام بعدی اعضای تیم بهبود و زمانبندی اجرای پروژه مشخص خواهند شد.

## مرحله دوم: اندازه گیری

در مرحله اندازه‌گیری، ابتدا فرایند عقد قرارداد (به صورت نمودار SIPOC) ترسیم می‌شود و ورودی‌ها و خروجی‌های فرایند و مشتریان آن تعیین می‌گردند. سپس زمان انجام آن در طی ۵ دوره گذشته (تعداد دوره‌هایی که داده‌های معتبر در اختیار هستند) جمع آوری می‌شوند.

## مرحله سوم: تحلیل

در مرحله تحلیل، نمودارهای روند و هیستوگرام داده‌ها ترسیم شده و با تحلیل آنها تعدادی از عوامل افزاینده زمان شناسایی می‌شوند. سپس اعضای تیم بهبود با استفاده از روش طوفان ذهنی کلیه عوامل مرتبط با افزایش زمان پیمان سپاری را فهرست می‌نمایند. در این مرحله ۲۷ عامل شناسایی شده و با استفاده از فنون تصمیم‌گیری و تجزیه و تحلیل عوامل شکست، تعداد این عوامل به ۱۰ عامل اساسی‌تر کاهش می‌یابد. پس از شناسایی عوامل، تعدادی از بهبودهای کم هزینه و سهل الوصول برای کاهش زمان انجام کار نظیر زمان سنجی انجام فرایند و اجرای پنج اس برای کاهش اتلاف‌ها انجام می‌پذیرند.

## مرحله چهارم: بهبود

پس از آنکه تعدادی از عوامل تاثیرگذار بر زمان انجام فرایند شناسایی شدند، چند عامل به ظاهر اساسی (با نظر کارشناسان) که اهمیت تاثیر آنها برای اعضای تیم به وضوح مشخص نمی‌باشد، تعیین می‌شوند. این عوامل به صورت زیر تشریح می‌شوند:

**عامل تعداد امضاء**: در انجام فرایند عادی عقد قرارداد، قرارداد توسط مدیریت

عامل، کارفرما و در سه مدیریت پیمانسپار، بازرگانی، مالی به امضاء مدیر و مدیرکل هر مدیریت می‌رسد که جمعاً نیازمند ۸ امضاء است. با نظر جمعی از کارشناسان، انجام تایید و امضاء توسط مدیر هر مدیریت غیرضروری و زمان بر تلقی می‌شود در حالی که از دید مدیران، این تاییدات از نظر بررسی مجدد قراردادها مورد نیاز بوده و از لحاظ افزایش زمان تاثیر بسیارکمی خواهند داشت.

**عامل انسانی**: تاثیر عوامل انسانی و توانمندی دو کارشناس مسئول قراردادها در زمان نیز نامعلوم به نظر می‌رسد.

**نحوه جا به جایی قراردادها**: از آنجایی که همه مدیریت‌های شرکت در یک ساختمان قرار دارند، در فرایند کنونی جا به جایی قراردادها توسط کارشناس مسئول آنها به صورت دستی انجام می گیرد، ولی این امکان نیز وجود دارد که این قراردادها توسط اتوماسیون به مراکز تایید ارسال شده و تایید شوند.

## استفاده از طراحی آزمایشات

طراحی آزمایشات برای بهبود سطح سیگما با مسأله تطبیق داده شد. آزمایش عامل‌های اصلی $2^k$ با سه عامل انجام پذیرفت. برای انجام طرح عاملی $2^3$، به ۱۶ آزمایش نیاز بود که در هر گروه ۵ آزمایش انجام گرفت. این ۸۰ آزمایش طی مدت دو ماه آغازین سال که مرحله اول عقد قراردادهای شرکت صورت می‌پذیرد، انجام شد، بطوری که ماتریس طراحی آزمایش آن به صورت جدول ۳ ارائه می‌شود.

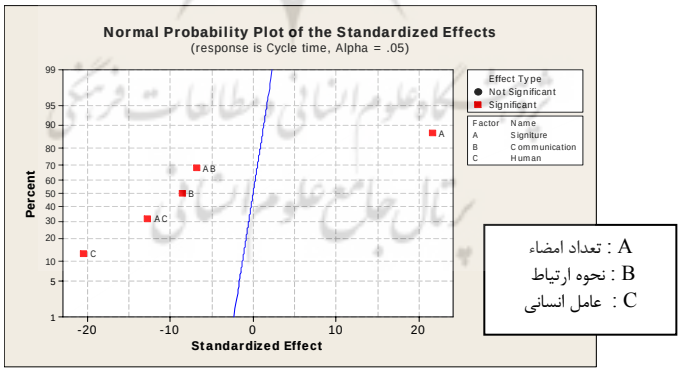
با توجه به نتایج به دست آمده سه عامل کارشناس مسئول پروژه، تعداد تایید و نحوه ارسال قراردادها، به عنوان عوامل آزمایش تعیین می‌شوند. در هر گروه، زمان سیکل در ۵ نمونه اندازه‌گیری می‌شود و عدد میانه به عنوان متغیر پاسخ در نظر گرفته می‌شود. عامل انسانی در دو حالت کارشناس زن و مرد، تعداد تاییدات در دو حالت ۸ امضاء و ۵ امضاء و عامل نحوه ارسال قراردادها نیز به صورت دستی و اتوماسیون سطح بندی می‌شوند.

جدول ۳: سطح فاکتورها در آزمایش اولیه

| | بالا | پایین |
|---|---|---|
| تعداد امضاء | ۸ امضاء | ۵ امضاء |
| شیوه ارتباط | اتوماسیون | دستی |
| عامل انسانی | خانم | آقا |

## تحلیل نتایج

در این مرحله، مطالعه بر روی تعیین اثرات عامل تعداد تاییدات، شیوه ارتباط و عامل انسانی انجام می‌گیرد. اثر اصلی، توسط تغییر متغیر پاسخ (زمان) به ازای تغییر هر یک از عوامل در سطوح آنها و همچنین اثر متقابل عوامل تعریف می‌شود. اثر متقابل عوامل وقتی مشخص می‌شود که یک عامل در سطوح مختلف عامل دیگر، اثرات متفاوتی بر روی متغیر پاسخ داشته باشد (وو و هامادا ۲۰۰۰، مونتگومری ۲۰۰۱). از نمودار احتمال نرمال (شکل ۴) و همچنین نمودار طرح اثر اصلی مشخص است که اثرات AC,AB,C,B,A به ترتیب عامل تعداد امضاء، نحوه ارتباط، عامل انسانی، اثر متقابل تعداد امضاء با نحوه ارتباط و همچنین تعداد امضاء با عامل انسانی، معنادار می‌باشند. محاسبات این قسمت توسط نرم افزار Minitab صورت گرفته است.




شکل ٤. نمودار احتمال نرمال

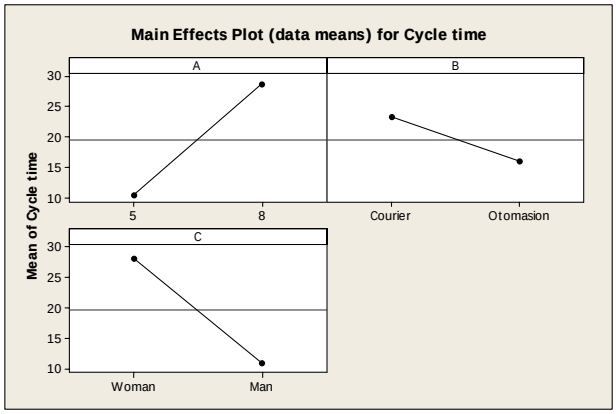
پس از آنکه مشخص گردید اثرات BC و ABC، اثرات معناداری در متغیر پاسخ نیستند، آنها را از مدل خارج کرده و ابعاد مدل کاهش خواهد یافت. جدول تحلیل واریانس آزمایش کاهش یافته نشان می‌دهد که اثرات اصلی و متقابل دوگانه جدید معنادار هستند.

**Analysis of Variance for Cycle time (coded units)**

| Source | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Main Effects | ۳ | ۲۷۳۲.۷۵ | ۲۷۳۲.۷۵ | ۹۱۰.۹۱۷ | ۳۱۹.۶۲ | ۰.۰۰۰ |
| 2-Way Interactions | ۲ | ۵۹۴.۵۰ | ۵۹۴.۵۰ | ۲۹۷.۲۵۰ | ۱۰۴.۳۰ | ۰.۰۰۰ |
| Residual Error | ۱۰ | ۲۸.۵۰ | ۲۸.۵۰ | ۲.۸۵۰ | | |
| Lack of Fit | ۲ | ۴.۵۰ | ۴.۵۰ | ۲.۲۵۰ | ۰.۷۵ | ۰.۵۰۳ |
| Pure Error | ۸ | ۲۴.۰۰ | ۲۴.۰۰ | ۳.۰۰۰ | | |
| Total | | | | | | |

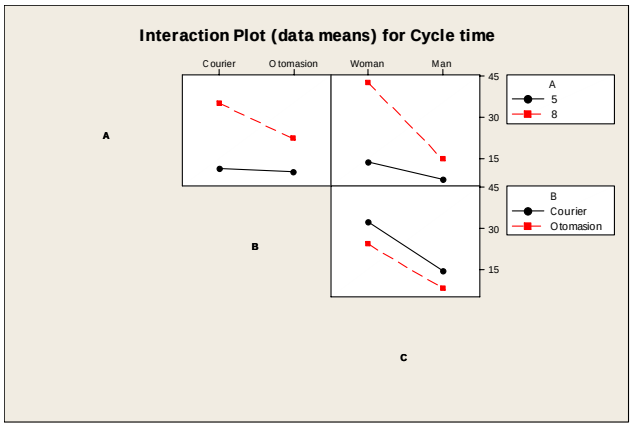
در شکل ۵ اثرات متقابل عوامل به نمایش در آمده‌اند. در نمودار A شکل ۵، عامل تعداد امضاءها نشان می‌دهد که افزایش تعداد امضاءها از ۸ به ۵ کاهش زمان حدود دو هفته‌ای را در مدت عقد قرارداد به دنبال داشته است. در نمودار B نیز مشخص است که انتقال قراردادها به صورت اتوماسیون کاهش زمان یک هفته‌ای را به دنبال داشته و در نمودار C مشاهده می‌گردد که عامل انسانی می‌تواند تا سه هفته در کاهش زمان عقد قرارداد موثر باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی




**شکل ۵. نمودار اثرات اصلی برای کارایی زمان**

در شکل ۶، نمودار اثر متقابل گویای این است که دو نمودار از سه نمودار مرتبط با عوامل، وجود اثر متقابل بین عوامل را تایید می‌کنند. در مورد اثر متقابل عوامل تعداد امضاءها و نوع انتقال قرارداد می‌توان گفت که وقتی ۵ امضاء انجام می‌شود، تفاوتی نمی‌کند که انتقال به صورت اتوماسیون یا به صورت دستی انجام شود، در حالی که وقتی ۸ امضاء انجام می‌شود، ارسال قراردادها به صورت اتوماسیون موجب کاهش مشخص زمان سیکل فرایند می‌شود. اثرات متقابل عوامل انسانی و تعداد تاییدات نیز گویای این است که عامل انسانی در سطح بالای امضاءها (۸ امضاء) بسیار مشخص‌تر از سطح پایین آن (۵ امضاء) است و نمودار سوم نیز نشان می‌دهد که نحوه ارسال قرارداد در عامل انسانی تاثیر متفاوت و محسوسی نداشته و اتوماسیون نمودن ارسال ها در دو کارشناس بطور یکسان موثر خواهد بود.




شکل ٦. نمودار اثر متقابل برای کارایی زمان

**Estimated Effects and Coefficients for Cycle time (coded units)**

| Term | Effect | Coef | SE Coef | T | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Constant | | 19.625 | 0.4220 | 46.50 | 0.000 |
| A | 18.250 | 9.125 | 0.4220 | 21.62 | 0.000 |
| B | -7.250 | -3.625 | 0.4220 | -8.59 | 0.000 |
| C | -17.250 | -8.625 | 0.4220 | -20.44 | 0.000 |
| A*B | -5.750 | -2.875 | 0.4220 | -6.81 | 0.000 |
| A*C | -10.750 | -5.375 | 0.4220 | -12.74 | 0.000 |
| S = 1.68819 | R-Sq = 99.15% | R-Sq(adj)=98.73% | | | |

جدول همبستگی و اثرات برآورد شده نیز اثبات می‌کنند که پنج عامل منتخب با P-value کمتر از ۰/۰۰۵ عوامل تاثیر گذار بر زمان می‌باشند، بطوری که ۹۸/۷۳٪ از تغییرات متغیر پاسخ ( زمان) ناشی از این عوامل بوده است.

پس از شناسایی عوامل موثر بر زمان و میزان تاثیر هر یک، راهکارهای بهبود برای بهینه‌سازی کارایی زمان عقد قرارداد ارائه می‌شوند، بطوری که ابتدا عوامل موثر بر زمان در جمع اعضای تیم مطرح و سپس با استفاده از روش طوفان ذهنی راهکارهای بهبود ارائه خواهند شد. در مرحله بعد راهکارهای موثرتر با استفاده از ابزارهای تصمیم‌گیری و نظر کارشناسان انتخاب شده و برای اجرایی شدن برنامه‌ریزی

می‌شوند. از جمله این راهکارها می‌توان به کاهش تعداد تاییدات قرارداد به ۵ امضاء با توجیه مراکز تایید برای بررسی دقیق‌تر قراردادها، الگوبرداری از فرایند انجام کار کارشناس کاراتر، زمانبندی انجام کار و مشخص نمودن گلوگاه‌ها و ایستگاه‌های انتظار، انجام آموزش‌های تخصصی به کارشناسان برای کاهش اشتباهات و دوباره کاری‌ها و همچنین ارسال قراردادها به صورت اتوماسیون پس از بررسی‌های امنیتی و تایید مراکز ذی صلاح را نام برد.

نهایتاً مدت زمان عقد قرارداد پس از اعمال بهبودهای جهشی و اساسی اندازه‌گیری می‌شود، بطوری که نتایج این پایش، کاهش مدت زمان عقد قرارداد به ۱۸ روز را نشان می‌دهند.

## نتیجه‌گیری

اگرچه شش سیگما ابتدا در بخش‌های تولیدی معرفی شد، ولی به سرعت توانسته است تمایل سازمان‌های خدماتی را نیز به خود معطوف سازد. در فاز بهبود رویکرد شش سیگما، روش DOE برای شناسایی عوامل موثر بر خروجی و بهینه‌سازی آنها می‌تواند به کار رود. بدون شک، DOE هسته اصلی ابزارهای آماری برای بهبود شش سیگما می‌باشد. هدف اصلی این مقاله، تشریح کاربرد DOE در رویکرد شش سیگما در شرکت ایسیکو معرفی گردید. در این مقاله رویکرد شش سیگما تشریح شده و در فاز بهبود آن با استفاده از روش DOE، عوامل موثر برکارایی زمان عقد قرارداد پیمان سپاری شناسایی شدند. در ادامه راهکارهای بهبود پیشنهاد گردیدند، بطوری که متوسط مدت زمان انجام عقد قرارداد از ۳۵ روز به ۱۸ روز کاهش یافته است.

## منابع و ماخذ


Breyfogle, F.W. III (1999). ***Implementing Six sigma: Smarter solutions using statistical methods***. Wiley, New York.

Byrne, D.M., and Taguchi, S. (1987). ***The Taguchi approach to parameter design***. 40th Annual Quality Congress Transactions. Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality Control, pp. 19–26.

Cornell, C.A. (1969). ***A probability-based structural code***. Journal of American Concrete Institute, 66(12), pp. 974–985.

Harry, M.J. (1997). ***The nature of Six sigma quality***. Shaumburg, Illinois: Motorola University Press.

Harry, M., and Schroeder, R. (2000). ***Six sigma: The breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations***. Doubleday, New York.

Hohenbichler, M., and Rackwitz, R. (1981). ***Non-normal dependent vectors in structural safety***. Journal of Engineering Mechanics, ASCE 107, NO. EM6, pp. 1227–1237.

Koch, P.N., Yang, R.-J., and Gu, L. (2004). ***Design for six sigma through robust optimization***. Structural and Multidisciplinary Optimization, 26(3-4), pp. 235-248.

Madsen, H.O., Krenk, S., and Lind, N.C. (1986). ***Methods of structural safety***. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Melchers, R.E. (1999). ***Structural reliability: Analysis and prediction***. 2nd edn. Ellis Horwood Series in Civil Engineering. John Wiley & Sons, New York.

Montgomery, D.C. (1996). ***Design and analysis of experiments***. John Wiley & Sons, New York.

Montgomery, D.C. (2001). ***Introduction to statistical quality Control***. Wiley, New York.

Pande, P.S., Neuman, R.P., and Cavanagh, R.R. (2000). ***The Six sigma way: How GE, Motorola, and other top companies are honing their performance***. McGraw-Hill, New York.

Phadke, M.S. (1989). ***Quality engineering using robust design***. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Ross, P.J. (1996). ***Taguchi techniques for quality engineering***. 2nd edn., McGraw-Hill, New York.

Thanedar, P.B., and Kodiyalam, S. (1991). ***Structural optimization using probabilistic constraints***. AIAA/ASME/ACE/AHS/ ASC Structures. Structural Dynamics and Materials Conference, pp. 205–212, AIAA-91-0922-CP.

Thoft-Christensen, P., and Baker, M.J. (1982). ***Structural reliability theory and its applications***. Springer-Verlag, Berlin.

Wu, C.F.J., and Hamada, M. (2000). ***Experiments: Planning, analysis, and parameter design optimization***. Wiley, New York.