پژوهش‌های محیط‌زیست، سال 4، شماره 8، پاییز و زمستان 1392، از صفحه 81 تا 90

ارایه الگوی مدیریت محیط‌زیستی کارخانه‌های تایرسازی به روش شش‌سیگما (مطالعه موردی: شرکت ایران یاسا)

سید علی جوزی*[1]، لیلی ناز عبدالهی[2]

1 دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی
2 دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی

(تاریخ دریافت: 1390/9/29؛ تاریخ تصویب: 1392/11/21)

چکیده

در راستای دستیابی به اهداف مدیریت محیط‌زیست، در این مقاله سعی شده است، به کمک روش شش‌سیگما، الگوی مدیریت محیط‌زیستی برای کارخانه‌های تایرسازی ارایه شود. در این بررسی، شرکت ایران یاسا به‌عنوان نمونه مطالعاتی برگزیده شده است. برای دستیابی به هدف مورد نظر، فرایندهای تولید، انواع ضایعات و میزان آن‌ها، وضعیت موجود و محیط زیست تحت تأثیر کارخانه با جزئیات کامل مورد بررسی قرار گرفت. سپس با استفاده از مدل مربوط به روش شش‌سیگما، DMAIC، اقدام به اجرای این روش شد. در این روش از نرم‌افزار MINITAB برای تجزیه و تحلیل اطلاعات مورد استفاده قرار گرفت. در فاز اول (تعریف) شناخت مشکل و تعیین هدف انجام می‌شود. در فاز دوم (اندازه‌گیری) با رسم نمودار پارتو خطایی که بیشترین احتمال بروز را دارد، با استفاده از حالات خارج از کنترل نمودار P، علل مهم بروز ضایعات و نمودار هیستوگرام درصد بروز ضایعات را مشخص کرده و سپس با استفاده از آزمون ANOVA و داده‌های منتج از مراحل قبل، عیب هوا مهم‌ترین نارسایی در نظر گرفته شد. از فاز سوم (تجزیه و تحلیل) به بعد، تمرکز برای به حداقل رسانیدن بروز این عیب و ارایه راه‌حل برای عدم بازگشت به حالت اولیه است.

کلیدواژه‌ها: برنامه‌ریزی، کیفیت محصول، شش‌سیگما، مدیریت محیط‌زیست، شرکت تایرسازی ایران یاسا

* نویسنده مسوول: sajozi@yahoo.comEmail:

سرآغاز

صنعت تایرسازی همانند بیشتر صنایع تولیدی دارای خطرها و تبعات محیط‌زیستی هستند. دلیل عمده این مهم آن است که محصولات نهایی حاصل از فعالیت کارخانه‌ها، فقط شامل تولیدات برنامه‌ریزی شده نیستند، بلکه در کنار آن‌ها اغلب محصولات ناخواسته فرعی نیز تولید می‌شوند. در صنعت مورد مطالعه، این موارد شامل مصرف بالای انرژی (آب، گاز طبیعی و در صورت نبودن این‌ها منابع دیگری مانند: سوخت‌های فسیلی و مازوت)، آلودگی هوا، فاضلاب (انسانی و صنعتی)، قطعات و تایرهای ضایع شده و زباله‌های صنعتی و تایرهای فرسوده است. در خصوص این مشکلات می‌توان با اقدام‌های اصلاحی در فرایند تولید، خسارت وارده به محیط‌زیست را تا حد چشمگیری کاهش داد.

روش نو شش‌سیگما را می‌توان راه‌حل مناسبی برای دست‌یابی به این هدف دانست. در این راستا، ابتدا باید مسایل و مشکلات شناسایی و سپس چاره‌ای برای جلوگیری از آن اندیشیده شود. شش‌سیگما بیان می‌کند که با توجه به محدود بودن منابع در دسترس باید به گونه‌ای عمل شود که حداکثر استفاده از این منابع و بهبود کیفیت محصولات صورت گیرد. در واقع، شش سیگما روشی است که با مقایسه فرایندها و تخصیص منابع به فرایندهایی که نیازمند توجه بیشتر هستند، از ابزارهای کیفیتی بسیار مناسب و روش‌های آماری خاص، با توجه به نوع پروژه‌ها بهره می‌برد. با تمرکز به این عوامل، شش‌سیگما با واقعیت‌های موجود و داده‌های حاصل از سنجش وضعیت فرایند، اقدام به حذف هرگونه خطا (عیب)[1] از فرایند می‌کند (Eckes, 2003). به‌منظور برآورده‌سازی کیفیت در سطح شش‌سیگما، فرایند نباید بیش از 3/4 خطا در هر یک میلیون فرصت[2] داشته باشد. نام شش‌سیگما مشتق شده از نماد یک حرف یونانی (سیگما) است که در علم آمار علامتی برای بیان انحراف استاندارد استفاده می شود و یک وسیله سنجش برای میزان نوسان‌ها و تغییرات فرایند است (بهداد و سخاوی، 1384). شش‌سیگما طی یک شب به وجود نیامده است، بلکه سابقه آن به بیش از 80 سال پیش باز می‌گردد. زیر بنای شش‌سیگما از زمان رشد و توسعه مفاهیم علم مدیریت در ایالات متحده تا موفقیت مدیریت در ژاپن ایجاد و مفاهیم اصلی آن با تلاش‌های «کیفیت جامع» در دهه 1970و 1980، پایه‌ریزی شد. در واقع منشای شش‌سیگما به شرکت موتورولای امریکا در سال 1986 برمی‌گردد. در آن زمان، مسئولان شرکت با تهدید رقابت ژاپنی‌ها در زمینه صنعت الکترونیک مواجه و مجبور بودند سطح کیفیت محصولاتشان را تا حد زیادی بالا ببرند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بهبود کیفیت، هزینه‌ها را کاهش می‌دهد. تثبیت این پارادایم ذهنی، اساس استفاده از روش‌شناسی شش‌سیگما را قوت بخشید (ملک زاده، 1384). برای اجرای شش‌سیگما، ابتدا باید تیم‌هایی که متشکل از متخصصان مختلف هستند، در زمینه اصلاح اقدام کنند. نقش‌های کلیدی موفقیت این روش عبارتند از:

- مدیر (رهبر) اجرایی[3]: مدیر اجرایی مسئول تصمیم‌گیری برای اجرای شش‌سیگما و عملی کردن روش‌هاست. وی باید حوزه فعالیت شش‌سیگما را تقویت کرده تا مفاهیم آن در تمامی بخش‌ها توسعه پیدا کند و همه افراد در این سیستم شرکت داده شده و از حمایت آن بهره‌مند شوند. مدیر اغلب در سطح قائم مقام سازمان است و به طور مستقیم به مدیرعامل، رئیس، یا یکی دیگر از مدیران ارشد گزارش می دهد (شجاع صفت، 1387).
- صاحب فرایند (قهرمان)[4]: قهرمان مدیران کلیدی سازمان هستند که وظیفه تهیه منابع و پشتیبانی از فرایند را به عهده دارند.
- کمربند سیاه[5]: این شخص فردی است که به‌طور تمام وقت برای رسیدگی به فرصت‌های بهبود و هدایت آن‌ها برای دست‌یابی به نتایج، فعالیت می‌کند. وی متخصص در استفاده از ابزارها برای تشخیص مشکلات و حل آن‌ها، یا طراحی فرایندها و محصولات است (نورالسناء و همکاران،1383).
- کمربند سیاه ارشد[6]: در اغلب سازمآن‌ها معلم، مربی، یا مشاور کمربند سیاهانی است که بر روی پروژه‌های گوناگون فعالیت می‌کنند. کمربند سیاه ارشد متخصصی واقعی در استفاده از ابزارهای تحلیلی است که بیشتر از مدارج بالای علمی در زمینه مهندسی، علوم و یا مدیریت برخوردار است.
- کمربند سبز[7]: وی فردی است که مهارت‌های شش‌سیگما را اغلب در سطح کمربند سبز آموزش دیده است. کمربند سبز شغلی واقعی در سازمان دارد و به‌عنوان عضوی از تیم، یا رهبر پاره‌وقت شش‌سیگما فعالیت می‌کند (شجاع صفت، 1387).

در برنامه شش‌سیگما، روش سیستماتیک و منظمی برای حل مسأله و پیشبرد پروژه‌ها استفاده می‌شود که به اختصار چرخه DMAIC نامیده می‌شود. DMAIC شامل پنج مرحله تعریف[8]،

اندازه‌گیری[9]، تجزیه و تحلیل[10]، بهبود[11] و کنترل[12] است. این چرخه را می‌توان چرخه بهبود اثربخش در شش‌سیگما دانست و الگویی می‌باشد که از فرایند تعریف تا کاهش خطا در آن شکل می‌گیرد.

- تعریف: در این فاز، هدف و محدوده پروژه تعیین شده، اهداف و عواید حاصل از اجرای آن شفاف می‌شود.
- اندازه‌گیری: هدف در این فاز جمع‌آوری داده و اطلاعات در مورد شرایط فعلی برای حل مسأله است.
- تحلیل: در این مرحله به شناسایی علل ریشه‌ای و تأیید این علل با استفاده از داده‌ها پرداخته می‌شود.
- بهبود: هدف این فاز، آزمایش و عملی کردن راه‌حل‌های مرتبط با علل ریشه‌ای است.
- کنترل: این مرحله ارزیابی برنامه و راه‌حل‌ها و حفظ دستاوردها با استفاده از استانداردسازی فرایند است (EPA).

در هر یک از مراحل (فازها) گفته شده در بالا، از روش‌های مدیریت کیفیت و روش‌های آماری استفاده می‌شود (بهداد، 1382).

اولین مرحله اجرایی مدل DMAIC، فاز تعریف است. هدف این فاز، تعیین هدف، موضوع و دامنه فعالیت پروژه، جمع‌آوری اطلاعات در مورد مشتریان و فرایندهاست؛ همچنین مشخص کردن آنچه فرایند می‌تواند به مشتریان (داخلی و خارجی) ارایه کند (شجاع صفت، 1387).

پیگیری منطقی مرحله تعریف انجام فاز 2، فاز اندازه‌گیری است. به‌علاوه این مرحله پلی برای گام بعدی، یعنی تجزیه و تحلیل کردن است. مرحله اندازه‌گیری دارای دو هدف مهم زیر می‌باشد (نورالسناء و همکاران، 1383):

1. جمع‌آوری اطلاعات، تصمیم‌گیری اعضا در مورد این مسأله که چه محاسباتی برای کمی کردن اطلاعات خود نیاز دارند (شجاع صفت، 1387).
2. در فاز اندازه‌گیری، هدف این است که با ایجاد درک واقعی از مشکلات و شرایط فرایند موجود، در جست‌وجوی علل ریشه ای بوده و با اندازه‌گیری فرایند در نقاط حساس و مشکل‌دار، به دنبال تشخیص و ریشه‌یابی عوامل معدود و مؤثر باشند (بهداد، 1382).

در فاز اندازه‌گیری، ماهیت واقعی فرایندها کاملاً آشکار شده و جنبه‌هایی از آن مثل تعداد و نرخ ضایعات شناخته می‌شود (شجاع صفت، 1387).

در فاز تحلیل، هدف ارزیابی و کاهش متغیرها، استفاده از تحلیل‌های گرافیکی و آزمون‌های فرض، شناخت عوامل معدود و مؤثر به‌منظور کشف علل ریشه‌ای ضایعات است. اعضای تیم، فرایند را از نظر عوامل بحرانی بررسی کرده و تصمیم می‌گیرند که Xهای معدود و مؤثری که باید کنترل شوند تا بهبودی در Yها حاصل شوند، چه باشند. فاز تحلیل، به کمی کردن شکاف عملکرد (فاصله بین هدف تا واقعیت) و رسیدن به مزایای بهبود فرایند و ایده‌هایی برای بهبود مستمر، کمک خواهد کرد. در مسیر انجام یک فاز ممکن است فقط یک شاخص بهبود یابد؛ اما همان یک شاخص بزرگ‌ترین اثر را بر سطح ضایعات بگذارد. در چنین حالتی دیگر نیازی به انجام فازهای بهبود و کنترل در مدل شش‌سیگما نیست.

ابزارهای گرافیکی یا نمودارها، امکان تعیین Xهای معدود و مؤثر را به ما می‌دهند. تیم در ابتدای راه تحلیل، علل ریشه‌ای را شناسایی می‌کند. برای شناخت عوامل بحرانی که بیشترین اثر را بر عملکرد فرایند دارند، تیم از ابزارهایی مثل نمودار علت و معلول و جدول پارتو استفاده می‌کند. سپس برای تمرکز بر علل ریشه‌ای عوامل معدود و مؤثر، از آزمون فرض و طراحی آزمایش‌ها استفاده می‌کند.

شروع فاز 4 با بهبود، انتخاب محصولات و فرایندهایی که عملکردشان باید بهبود داده شود و به سطح خاصی برسند، شروع می‌شود و در پایان مشخصه‌هایی از محصول یا فرایند که مهم‌ترین منبع نوسان‌ها هستند، بررسی می‌شوند.

در فاز بهبود تیم باید آماده توسعه، آزمون و اجرای راه‌حل‌های بهبوددهنده برای کاهش نوسان در خروجی‌های مهم که به دلیل عوامل معدود و مؤثر پیش آمده‌اند، باشد. تیم باید راهکارهایی ارایه دهد که واقعاً کارساز باشد.

در این فاز، اعضای تیم همه ایده‌های مربوط به بهبود را جمع آوری، تحلیل و ارزیابی می‌کنند و از بین آن‌ها بهترین گزینه را انتخاب کرده و برای اجرای آن برنامه‌ریزی و در پایان هم نتایج کار را از نظر آماری ارزیابی می‌کنند (شجاع صفت، 1387).

مرحله پایانی، فاز کنترل است. هدف فاز کنترل اجرای برنامه‌های عملیاتی لازم برای انعکاس نتایج فاز بهبود و نگهداری وضعیت فرایند در آن حالت بهبود یافته است. تیم باید مطمئن شود که

فرایند جدید با روش‌های کنترلی، مستندسازی و پایش می‌شود. EPA نیاز به نتایج پروژه، گاهی ممکن است فاز کنترل چند بار تکرار شود.

تصور دور شدن از پروژه‌ای که تیم چند ماه به آن پرداخته است، یا آغاز پروژه‌ای دیگر و بازگشت به کار معمولی، ممکن است دشوار باشد. اما در مرحله کنترل، تیم‌ها این کار را نیز انجام می دهند. موفقیت نهایی پروژه شش‌سیگما مربوط به افرادی است که پروژه حل شده در حیطه فعالیت‌های روزمره آن‌هاست. هنگامی‌که این افراد ارزش راه‌حل‌های جدید نتایج آن را که به واسطه فرایند DMAIC توسعه یافته می‌بینند، توانمندی بالقوه سیستم شش‌سیگما را درک می‌کنند و این توفیق واقعی پروژه شش‌سیگماست (Kimball, 2004).

در زمینه مورد مطالعه، کتاب‌ها و مقاله‌های زیادی در کشورهای مختلف منتشر شده است. در زیر به برخی از منابع مورد اعتماد که در این نوشتار نیز به آن‌ها استناد شده است، اشاره می‌شود:

-مقاله استفاده از شش سیگما در طراحی سیستم مدیریت محیط زیستی

فرضیه تحقیق آن است که روش شش‌سیگما را می‌توان برای طراحی سیستم مدیریت محیط‌زیستی به‌کار بست. این روش به این دلیل انتخاب شده بود که به‌طور موفقیت‌آمیزی در بسیاری از شرکت‌های بزرگ با هدف بهبود کیفیت محصولات و فرایندهای تجاری اجرا شده بود.

شش‌سیگما روش مشخص و دارای ساختاری را فراهم می‌آورد که تعریف مشکل یا فرصت، سنجش، تجزیه‌وتحلیل، بهبود و کنترل آن‌ها را میسر می‌سازد. این موضوع به شیوه‌ای منجر می شود که می‌توان از آن بارها و بارها برای طراحی یا بهبود سیستم مدیریت محیط‌زیستی بهره جست. با این‌حال، فرایند شش‌سیگما به‌خودی خود ساختاری است که شاید در طراحی سیستم مدیریت محیط‌زیستی بسیار مفید باشد و در مقابل تمرکز بر ابزارهایی قرار می‌گیرد که طی فرایند DMAIC مورد استفاده هستند (Campbell, 2004).

در مقاله تأثیر شش‌سیگما در عملکرد برنامه پیشگیری از آلودگی،اشاره شده که گسترش پیشگیری از آلودگی با موانع بین المللی مثل ایستادگی در برابر تغییر، حمایت ناکافی از جانب مسئولان تصمیم‌گیر، رهبری نامشخص پروژه‌ها، پاسخگویی ناکافی کارمندان و ساختارهای تغییرناپذیر سازمانی مواجه است. تحلیل‌های کمی 2096 پروژه پیشگیری از آلودگی که بین سال های 1995 تا 2007 انجام گرفته از این نتیجه‌گیری حمایت می‌کند که اجرای برنامه کنترل آلودگی پس از انجام برنامه شش سیگما با افزایش روبه‌رو بوده است. افزون‌بر این، 1096 مورد تحلیل جلوگیری از آلودگی و 31133 برنامه شش‌سیگما برای کاهش هزینه‌ها در 27 کشور مبین آن است که در کشورهایی است که اجرای شش‌سیگما در آن‌ها معنادارتر است، آلودگی بیشتر از کشورهایی که اجرای شش‌سیگما در آن‌ها بدون معناست. تحلیل‌های آماری فرضیه این تحقیق را اثبات کرد. در واقع، اجرای همراه با ساختار سازمانی و روش پژوهش شش سیگما به‌صورت چشمگیری اجرای برنامه پیشگیری از آلودگی را مؤثرتر کرده است. بنابراین، با مقایسه 6 سال قبل از اجرای شش سیگما با 6 سال پس از اجرای آن به این نکته پی برده شد که تعداد کل پروژه‌های پیشگیری از آلودگی 6/9 برابر افزایش یافته است و میزان کلی آلودگی جلوگیری شده تا 62٪ بیشتر شده است. در همه موارد این تحقیق به تعریف تأثیر روشی سازمانی برای بهتر ساختن اجرای برنامه پیشگیری از آلودگی کمک می کند (Ceravolacalia et al., 2009).

در گزارش محیط زیست، بهداشت و ایمنی شرکت گودیر در سال 2004، آمده که شرکت Good Year در چهارمین سال سفر خود از شش‌سیگما استفاده کرده است. همچنین اشاره شده است که برای اجرای شش‌سیگما به تعهد کامل مدیریتی برای برتری، رضایت مشتری، پیشرفت فرایندها و تصمیم‌گیری مستقیم نیاز است. این شرکت دستاوردهای خود را در استفاده از شش‌سیگما این‌گونه اعلام می‌دارد:

افزایش نتایج شغلی به‌همراه ارج و رضایت مشتری با شش‌سیگما پروژه‌ها به‌صورت موفق موجب کاهش اتلاف هزینه‌های تولید، صرفه‌جویی در انرژی، کاهش استفاده از مواد خام، کاهش هزینه ها، کاهش عوامل ریسک اقتصادی و کاهش میزان خسارت شده اند. افراد مجرب حوزه شش‌سیگما در Global EHS دارای وظایف کادری زیر بوده‌اند: افزایش بازده آزمایشگاهی، کوتاه کردن تصویب فرایند EHS برای مواد خام، صرفه‌جویی روغن همزن، کاهش میزان ضایعات فرستاده شده به محل‌های دفن زباله و بهبود فرایندهای مدیریتی، هزینه محل درمان ناتوانی آموزشی. پروژه‌های شش‌سیگما و پروژه‌های پیشرفت فرایند، صرفه‌جویی را افزایش داده و از مواد خام استفاده مجدد می‌کنند. افزون‌بر این که، آگاهی و دسترسی به اطلاعات مخاطره‌آمیز را افزایش می‌دهد.

در گزارش، به نحوه مدیریت محیط‌زیستی این شرکت نیز اشاره شده است.

سیستم مدیریت محیط‌زیستی Goodyear شامل ارزیابی مداوم خط‌مشی‌های جهانی محیط‌زیستی و بهبود اجرای خط‌مشی‌های محیط‌زیستی شرکت است. مسئولیت اجتماعی و فرایندهای گسترش تجارت با ملاحظه مدیریت برتر در طراحی آینده تجاری گنجانده شده است. مسایل محیط‌زیستی، بهداشتی و ایمنی (EHS) از طریق فرایندهای جدید تولید مورد بررسی قرار گرفته اند. از این طریق است که همه کارخانه‌ها گواهی ISO 14001 را دارا هستند.

این شرکت هر جا که ممکن باشد به دنبال روش‌های جایگزین استفاده برای مواد زاید است تا استفاده از محل دفن زباله را کاهش دهد. افزون‌بر برنامه‌های فروش یا استفاده مجدد تایرهای فرسوده، به دنبال راه‌هایی برای استفاده مجدد و بازیافت همه مواد زاید هستند.

Goodyear با استفاده از روش‌های زیر و دیگر تلاش‌ها در سال 2004 به این موفقیت‌ها دست یافت:

7/5 درصد کاهش در انتشار حلال‌ها و 9 درصد کاهش در ضایعات روانه شده به محل‌های دفن زباله در هر تن از تولید.

در سال 2004، تأکید Goodyear بر بهبود مستمر از طریق شش‌سیگما به تلاش‌ها برای صرفه‌جویی کمک کرده و پروژه‌ها را به‌سوی بهبود بازده انرژی سوق داده است.

در گزارش محیط زیست، بهداشت و ایمنی شرکت گودیر در سال 2005 اشاره شده است که این شرکت با استفاده از ابزار بهبود مستمر، رویکرد هماهنگی را برای دست‌یابی به عملکرد استاندارد جهانی در زمینه بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست دنبال کرد. عبارت «بهبود مستمر» بر استفاده یکپارچه Goodyear از شش سیگما، EPA و دیگر روش‌های پیشرفت و ارتقای کیفیت اشاره دارد.

برنامه‌های محیط‌زیستی، بهداشت و ایمنی، منجر به کاهش ضایعات ارسالی به محل‌های دفن زباله، استفاده از حلال‌های آلی و انتشار آن‌ها و همچنین کاهش مصرف منابع طبیعی مانند آب و انرژی شده است (Goodyear, 2005).

Goodyear به کمک اصل 3-R[13] (کاهش، استفاده مجدد و بازیافت) همه ضایعات احتمالی را ارزیابی می‌کند، قبل از این که هر نوع موادی را برای دفن به‌عنوان زباله ارسال کند. ابتدا رویکرد را کاهش می‌دهد، پس از آن به دنبال استفاده مجدد است و در پایان بازیافت را در نظر می‌گیرد. به دلیل این که دفن ضایعات، سابقه بدی از نظر محیط‌زیستی دارد- به‌دلیل از دست دادن منابع قابل استفاده مجدد و آلودگی احتمالی که از مواد دفن شده منتج می‌شود- Goodyear، کاهش مقدار ضایعات فرستاده شده برای دفن را در اولویت قرار می‌دهد. از سال 2001، این شرکت توانسته است 31 درصد مقدار ضایعات دفن شده در هر تن تولید را کاهش دهد (Goodyear, 2004).

مواد و روش‌ها

ابتدا با مراجعه به کتابخانه مرکزی، دانشکده محیط‌زیست و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، سایت‌های اینترنتی، کتاب‌ها و مقاله‌هایی که درخصوص صنعت تایرسازی، مدیریت نوشته شده و برنامه‌های ارایه شده در این صنعت مطالب مرتبط با روش شش‌سیگما، اطلاعات پایه جمع‌آوری شد. سپس برای ادامه تحقیق، بازدید از شرکت ایران یاسا و گردآوری داده های مربوط به این کارخانه، صورت پذیرفت. در این شرکت برای اطمینان از اطلاعات جمع‌آوری شده و انجام روش شش‌سیگما، جلساتی با حضور کارشناسان مربوط برگزار شد. استخراج نتایج به وسیله نرم‌افزار MINITAB16 بوده است.

در ادامه، ابزارهایی که در این پروژه برای اجرای مدل DMAIC استفاده شده است، به اختصار توضیح داده می‌شود.

در ابتدای فاز، تعریف منشور پروژه شکل می‌گیرد که قراردادی بین رهبر سازمان و تیم پروژه می‌باشد. این مدرک همزمان با شروع پروژه شروع شده، در فاز تعریف توسعه می‌یابد و طی پروژه تکامل پیدا می‌کند. این منشور به پروژه و تیم پروژه رسمیت می‌دهد، هدف و موضوع کار را معین می‌کند و در نتیجه آن میزان مصرف منابع و زمان برای پروژه، با این منشور روشن می شود. (EPA).

تهیه این فرم الزامی است، زیرا به وسیله آن هر فرد در سازمان می‌تواند به اصول و مبنای پروژه واقف شده، بداند چه چیزی مدنظر پروژه است، چه کسانی درگیر هستند، چه زمانی پروژه شروع خواهد شد و اصولاً چرا چنین پروژه‌ای در دست اقدام است.

از دیگر ابزارهای مورد استفاده در این روش، نقشه کلی فرایند می‌باشد. تیم باید فرایند کلیدی را که پروژه بر آن متمرکز خواهد شد، مشخص کند. این کار شامل طراحی نقشه، یا نمودار جریان عملکرد است که فرایندها را تعریف می‌کند. در این نقشه نقاط شروع و پایان فرایند مشخص می‌شود (شجاع‌صفت، 1387).

نقشه جامع فرایند، SIPOC، شامل تأمین‌کنندگان[14]، داده ها[15]، فرایند[16]، ستانده‌ها[17] و مشتریان[18] است.

براساس خروجی فرایند در مورد کیفیت قضاوت می‌شود. کیفیت خروجی فرایند با تحلیل ورودی‌ها و متغیرهای فرایند بهبود داده می‌شود.

SIPOC یک ابزار ارتباطی بسیار کاراست. تهیه SIPOC این اطمینان را فراهم می‌کند که تمام اعضای تیم، فرایند را به یک صورت می‌بینند. همچنین SIPOC به رهبران تیم نشان می‌دهد که اعضای تیم به طور دقیق برروی چه چیزی کار می‌کنند. بنابراین، SIPOC باید در مراحل اولیه پروژه انجام شود (بهداد، 1382).

نمودار پارتو یکی دیگر از ابزارهایی است که در اجرای شش سیگما و در این پروژه از آن استفاده می‌شود.

به‌ندرت اتفاق می‌افتد که تیم شش‌سیگما بتواند یا بخواهد به تمام علل ریشه‌ای مسأله‌ای حمله کند. اغلب لازم است که بر مهم‌ترین آن‌ها متمرکز شد، آن را تحلیل کرد، بهبود بخشید و کنترل کرد. این نمودار، براساس اصل اثبات شده 20- 80 «ویلفرد پارتو» بنا نهاده شده است: 80٪ از معلول‌ها ناشی از 20٪ علل هستند. بنابراین، تیم پروژه باید بتواند عوامل معدود و مؤثر را از سایر عوامل متعدد و کم‌اهمیت تشخیص دهد. روش معمول برای تشخیص عوامل معدود و مؤثر استفاده از تحلیل پارتو است (شجاع‌صفت، 1387).

نمودار پارتو، فراوانی نسبی یا اندازه مربوط به مشکلات را به شکل میله‌ای و به ترتیب نزولی نشان می‌دهد و بر روی مشکلاتی که قدرت بیشتری برای بهبود دارند، تأکید می‌کند. به طور معمول، بلندترین میله نشان‌دهنده مشکلی است که بیشترین سهم را داشته است و این‌گونه به نظر می‌رسد که رفع این مشکل در اولویت قرار دارد (بهداد و سخاوی، 1384).

نمودارهای کنترلی، ابزاری هستند که داده‌ها را در قالب الگویی نشان می‌دهند که می‌توان آن‌ها را از نظر آماری آزمایش کرد و در نتیجه اطلاعاتی در مورد رفتار محصول یا فرایند به‌دست آورد. برای ارزیابی این رفتار از آمارهای اولیه فرایند، مانند میانگین‌ها، نوسان‌های استاندارد، حدود کنترلی آماری و آزمون‌های مختلف در مورد شرایط خارج از کنترل استفاده می‌شود.

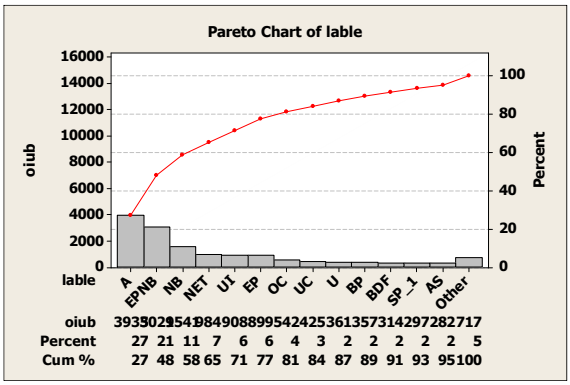
نمودار کنترلی از جهت افقی به محدوده‌هایی تقسیم می‌شود که مبین مقادیر آماری زیرگروه‌های فرایند هستند. خط مرکزی اغلب میانگین نقاط است، بدون توجه به این که چه آماری در نمودار کنترلی به نمایش درآمده است. دو خط دیگر افقی نیز وجود دارند که در فاصله قراردادی ± 3 سیگما از خط مرکزی قرار دارند. این خطوط همان حد بالای کنترل[19] و حد پایین کنترل[20] هستند و طوری طراحی شده‌اند که در فرایندی که تحت کنترل باشد، 99/73٪ نقاط بین این دو خط قرار می گیرند. اگر فرایندی خارج از کنترل باشد، نقاط، خارج از حدود کنترلی قرار گرفته و پراکندگی آن‌ها حالتی منظم و دارای الگو خواهد داشت. شراط خارج از کنترل نشان می‌دهد که رفتار فرایند به‌طور چشمگیری تغییر یافته است. بنابراین، باید مورد بررسی قرار گرفته و برای آن اقدام اصلاحی تعریف شود. ابزار آماری دیگری که استفاده می‌شود تجزیه‌وتحلیل واریانس است. هدف ANOVA آزمودن تفاوت‌های مهم بین دو یا چند ابزار از نظر واریانس‌های بین گروهی است. از ANOVA برای محاسبه مقدار واریانس فرایند و تعیین این که آیا این واریانس واقعی بوده یا تصادفی، استفاده می‌شود (شجاع‌صفت، 1387).

یافته‌ها

جهت انجام پروژه فوق، شرکت ایران یاسا به‌عنوان نمونه مطالعاتی و حوزه عمل این روش انتخاب شد. تمرکز عمده در این مسأله، پیدا کردن عوامل ریشه‌ای بروز ضایعات در این کارخانه است. متأسفانه در ایران حجم عمده ضایعات حاصل از محصولات کارخانه‌های تایرسازی به‌دلیل محدود بودن شرکت های بازیافت قابل استفاده مجدد، یا بازیافت نیستند. این در حالی است که اثر محیطزیستی آن‌ها، غیرقابل انکار است. بنابراین، پول، انرژی و منبع از دست‌رفته تلقی می‌شود. با توجه به اطلاعات به‌دست آمده از شرکت ایران یاسا، ضایعات سالانه در حدود 0/85٪ است که چنان‌چه عوامل بروز مشکلات مشخص شدند، پیش‌بینی می‌شود که این عدد به کمتر از نصف کاهش یابد و می‌توان با ارایه راه‌حل، مشکلات محیطزیستی حاصل از آن را نیز کنترل کرد.

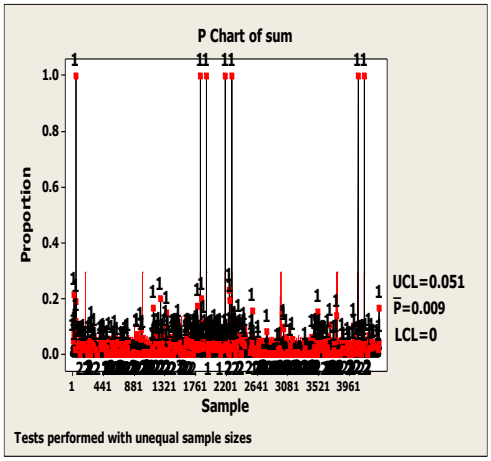
برای رسیدن به هدف فوق، فعالیت تولیدی کارخانه مورد نظر در بخش تایر، در 3 ماه اردیبهشت، خرداد و تیر سال 1389 جمع آوری شد (ماه فروردین به‌دلیل وجود تعطیلات زیاد و شرایط کاری خاص در مطالعه وارد نشد). با توجه به ظرفیت بالای تولید روزانه و 2 شیفت کاری، مدت زمان در نظر گرفته شده برای بررسی اطلاعات کافی است.

در مرحله اول، انواع ضایعات تایر مشخص شد. در این کارخانه ضایعات به 28 مورد دسته‌بندی می‌شوند. حال باید مشخص شود که از بین این خطاها کدام یک بیشتر از همه بروز می‌کنند. برای پی‌بردن به این مطلب از نمودار پارتو که در شکل (1) نشان داده شده است، استفاده می‌شود.



شکل (1): نمودار پارتو خطاها

در ادامه نمودار P، شکل (2) که نشان دهنده درصد قطعات ضایعاتی است، رسم می‌شود.



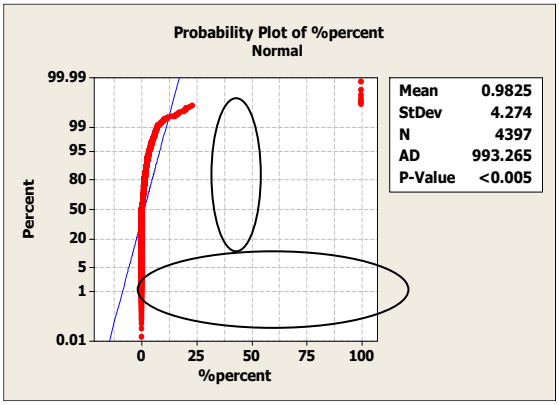
شکل (2): نمودار P درصد ضایعات

مطالبی که در این نمودار قابل تشخیص است، حد پایین و حد بالای کنترل، درصد میانگین قطعات نامنطبق فرایند است. در این نمودار (7) نقطه خارج از کنترل وجود دارد که 100٪ جزء ضایعات بوده و در مراحل بعد باید بررسی دقیق‌تری بر روی آن ها صورت گیرد.

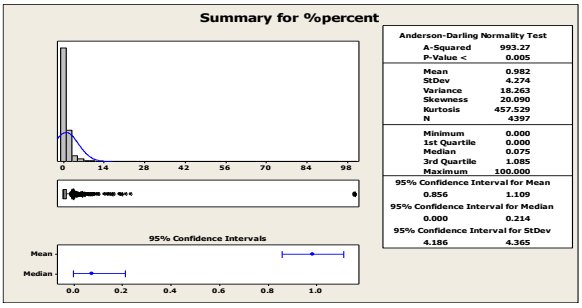
پس از این مرحله، با استفاده از تست احتمال نرمال، شکل (3)، و توجه به این نکته که P-Value<0/005، توزیع جامعه نرمال نیست. مطلب دیگری که در این تست مشخص است، داده‌های جدا افتاده هستند.

برای بررسی بهتر نمونه‌ها، از نمودار اندرسون– دارلینگ که در شکل (4) نشان داده شده است، استفاده می‌شود.

نمودار نشان می‌دهد که رفتار داده‌ها از دو جامعه مجزا تبعیت می کند. جامعه اول که در آن ضایعات مشاهده شده کمتر از 30٪ و جامعه دوم که در آن ضایعات مشاهده شده حدود 100٪ است. بدیهی است این دو جامعه را نمی‌توان باهم مقایسه کرد و



شکل (3): نمودار تست احتمال نرمال



شکل (4): نمودار اندرسون دارلینگ

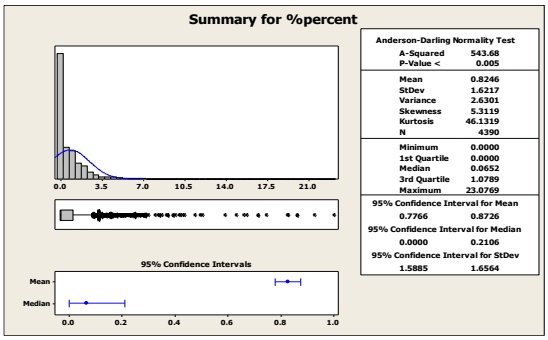
باید از هم جدا شوند. با جدا کردن این دو جامعه مشخص شد جامعه دوم صرفاً از 7 نمونه تشکیل شده است. از تعداد تولید این نمونه‌ها چنین استنتاج می‌شود که تولیدها آزمایشی بوده‌اند. یعنی در هر بار، فقط یک یا دو نمونه تولید شده که آن هم ضایعات بوده است. بنابراین، داده‌ها برای جلوگیری از بروز خطا در محاسبات، از این مرحله به بعد حذف شد و شکل نمودار همان طور در شکل (5) نشان داده شده است، تغییر می‌کند.

- درصد بروز ضایعه در 2194 داده صفر: رنگ مشکی
- 1034 داده، درصد بروز ضایعه تا 1٪: رنگ قرمز
- در 889 داده، درصد بروز ضایعه تا 3٪: رنگ سبز

- در 234 داده، درصد بروز ضایعه تا 7٪: رنگ آبی
- 39 داده، درصد بروز ضایعه بالای 7٪: رنگ نارنجی

نتیجه‌ای که از موارد ذکر شده در بالا می‌توان گرفت بدین‌صورت است که:

- درصد بروز ضایعه در 50٪ داده ها، صفر



شکل (5): نمودار هیستوگرام با حذف داده‌های 100٪

- 25٪ داده‌ها، درصد بروز ضایعه در آن‌ها کمتر از 1٪

75٪ داده‌ها زیر 1٪

- کمتر از 40 عدد بالای 7٪

همان‌گونه که از نمودار (1) بر می‌آید، خطاها هوا (A) بین سایر خطاها بیشترین بروز- از نظر تعداد 3935 و 27٪ از خطاها - را داراست.

برای اطمینان از صحت نتیجه‌گیری بالا از آزمون ANOVA استفاده می‌شود.

One-way ANOVA: SS, JC, AS, BDF, DF, SP, PS, SP_1, ...

```
Source    DF      SS     MS      F      P
Factor    21   4794.0  228.3  189.91  0.000
Error  96712 116252.1    1.2
Total  96733 121046.1

S = 1.096   R-Sq = 3.96%   R-Sq(adj) = 3.94%
                    Individual 95% CIs For Mean
Based on
                    Pooled StDev
Level    N   Mean  StDev  -+---------+---------+---------+---------
SS    4397  0.000  0.000   (*)
JC    4397  0.000  0.000   (*)
AS    4397  0.064  0.764    (-*)
BDF   4397  0.071  0.457     (*)
DF    4397  0.025  0.266   (*)
SP    4397  0.003  0.078   (*)
PS    4397  0.045  0.274    (*)
SP_1  4397  0.068  0.378    (-*)
NET   4397  0.224  1.243         (*)
B     4397  0.020  0.210   (*)
AMT   4397  0.056  0.262    (*-)
SL    4397  0.003  0.075   (*)
OC    4397  0.123  0.750       (*)
EPNB  4397  0.689  2.405                  (-*)
NB    4397  0.350  1.429            (*)
EP    4397  0.204  0.860        (*)
A     4397  0.895  3.526                   (*)
M     4397  0.009  0.129   (*-)
U     4397  0.082  1.038    (*-)
UC    4397  0.097  0.553      (*)
UI    4397  0.207  0.751        (*-)
BP    4397  0.081  0.415    (*-)
          -+---------+---------+---------+---------+---------+---
--
                0.00      0.25      0.50      0.75
Pooled StDev = 1.096
```

بنابراین، با اطمینان از این مطلب که خطای A بیشترین بروز را داراست، از این مرحله به بعد فقط با تمرکز بر این خطا به بررسی پرداخته می‌شود.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به گسترده بودن روش شش‌سیگما، سعی بر این است که در هر پروژه، تمرکز بر یک، یا دو عامل مهم به‌وجود آورنده مشکل باشد. به همین علت در اینجا فقط خطای A مورد بررسی قرار گرفته است.

در بررسی‌های بعد به این نکته پی برده شد که خطای هوا در ماه های مختلف سال متفاوت بوده، به‌گونه‌ای که در ماه 2 و 4 افزایش و در ماه 3 کاهش داشته‌است.

One-way ANOVA: A% versus month

```
Source  DF       SS        MS      F      P
month    2  0.0012822  0.0006411  10.42  0.000
Error 4387  0.2698042  0.0000615
Total 4389  0.2710864
S = 0.007842   R-Sq = 0.47%   R-Sq(adj) = 0.43%
                    Individual 95% CIs For Mean
Based on
                    Pooled StDev
Level    N     Mean    StDev  -+---------+---------+---------+---------
2     1529  0.002527  0.009322                  (---
----*------)
```

3 1486 0.001334 0.005310 (-------*-------)
4 1375 0.002410 0.008322 (-------*-------)
-+---------+---------+---------+---------
0.00100 0.00150 0.00200 0.00250
Pooled StDev = 0.007842

ارتباط دیگری مبنی بر اینکه میزان بروز خطای هوا در محصولات غیردوچرخه‌ای بیشتر از محصولات دوچرخه‌ای است به چشم می‌خورد:

One-way ANOVA: A% versus TYPE

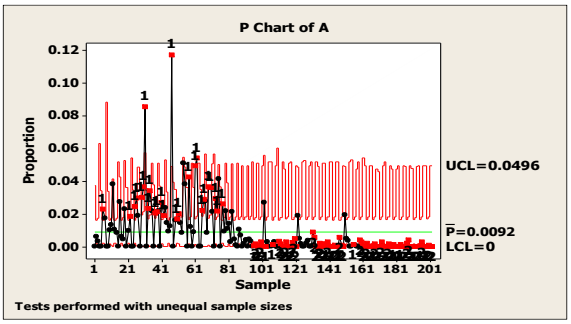
Source DF SS MS F P
TYPE 1 0.0004287 0.0004287 6.95 0.008
Error 4388 0.2706577 0.0000617
Total 4389 0.2710864

S = 0.007854 R-Sq = 0.16% R-Sq(adj) = 0.14%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Level N Mean StDev ----+---------+---------+---------+-----
byc 1009 0.001515 0.004527 (----------*----------)
No byc 3381 0.002257 0.008600 (-----*------)
----+---------+---------+---------+-----
0.00120 0.00160 0.00200 0.00240
Pooled StDev = 0.007854

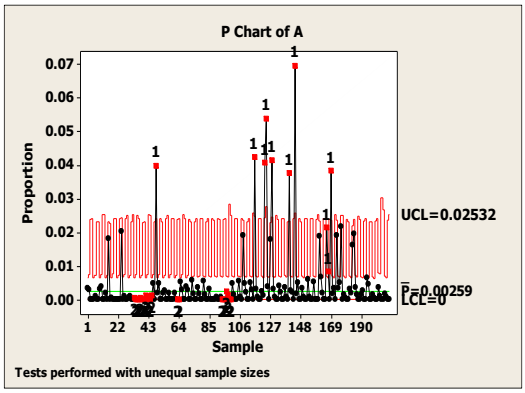
برای بررسی علت بروز این اختلاف، نمودار کنترلی P هریک از ماه‌ها به تفکیک در شکل‌های (6، 7 و 8) نشان داده شده است. در هر یک از نمودارهای زیر نقاط خارج از کنترل مشخص است که باید به بررسی آن‌ها پرداخته شود.

در نمودار خرداد ماه مشخص می‌شود که خطای هوا در اغلب موارد پایین بوده است. با وجود این، یک افزایش چشمگیر از حدود نقطه 100 تا 180 مشاهده می‌شود. این تغییر نسبت به سایر ماه‌ها کوچک است؛ اما بدون تردید ارزش بررسی دارد. باید توجه کرد که میانگین این نمودار بسیار پایین‌تر از دو ماه دیگر است.



شکل (6): P Chart ماه اردیبهشت

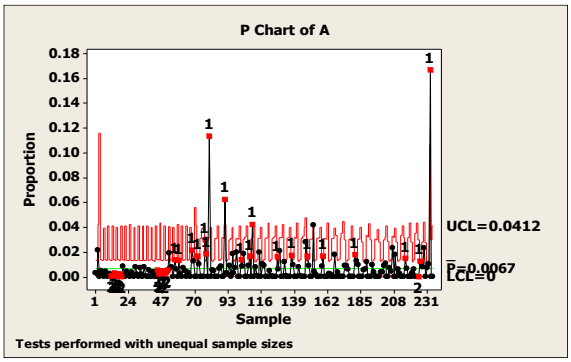
همان‌طور که در این نمودار دیده می‌شود، در اردیبهشت ماه ابتدا میزان خطای هوا بالا بوده که ناگهان از حدود نقطه 90 به طرز چشمگیری کاهش یافته است.



شکل (7): P Chart ماه خرداد

در نمودار تیر، تکرار افزایش ناگهانی خطای هوا از حدود نقطه 50 تا پایان ماه دیده می‌شود. بررسی تغییرات و مشاهدات خط تولید دوچرخه در تمامی این زمان‌ها ما را به علل ریشه‌ای بروز خطای هوا هدایت خواهد کرد.

نقاط خارج از کنترل نمودارهای بالا که برگرفته از تحلیل‌های نرم‌افزاری مینی‌تب است (با کلیک بر روی هریک از این نقاط تاریخ بروز مشکل مشخص می‌شود) را باید در فایل‌های اطلاعات تولیدی کارخانه ارجاع کرد و مورد بررسی قرار داد تا بدین ترتیب به تحلیل‌بندی بهتری رسید.



شکل (8): P Chart ماه تیر

با توجه به مطالب گفته شده در بالا و بررسی‌های انجام شده بر روی قطعات و زمان‌هایی که میزان بروز خطای هوا در آن‌ها از سایر موارد بیشتر بوده است، دو عامل مهم بروز این خطا مشخص شد:

1. Stiffness نخ استفاده شده در فرایند تولید
2. آماده نبودن کامپاند.

برای رفع مشکل اول باید در انتخاب منبع تأمین‌کننده این ماده اولیه دقت بیشتری کرد و برای مسأله دوم، دو راه‌حل می‌توان درنظر گرفت. یکی توجه به موجودی انبار تا در صورت کافی نبودن آن مجبور نباشند از کامپاندی که هنوز آماده ورود به خط تولید نیست استفاده کنند، و دیگر توقف ماشین ها در صورت آماده نبودن ماده اولیه است.

یادداشت‌ها

1. در شش‌سیگما، خطا به هر چیزی که خارج از مشخصات تعیین شده از سوی مشتری باشد گفته می‌شود.
2. فرصت، حداکثر تعداد دفعاتی است که هر عیب مجال حضور در یک محصول، یا فرایند را پیدا می‌کند.
3. Implement ion Leader
4. Champion
5. Black Belt
6. Master Black Belt
7. Green Belt
8. Define
9. Measure
10. Analyze
11. Improve
12. Control
13. Reduce, Reuse, and Recycle
14. Suppliers
15. Inputs
16. Process
17. Outputs
18. Customers
19. UCL
20. LCL

فهرست منابع

بهداد، س. 1382. آموزش گام به گام شش‌سیگما، نشر هامون.

بهداد، س. و سخاوی، م. 1384. راهنمای شش‌سیگما برای کمربند سیاه، مرکز نشر فرهنگی هیوا.

شجاع‌صفت، الف. 1387. شش‌سیگما در 36 ساعت، انتشارات جهان فردا.

ملک‌زاده، غ. 1384. شش‌سیگما برای همه، انتشارات جهان فردا.

نورالسناء، ر.؛ صالحی پور، الف. و سقایی، الف. 1383. شش‌سیگما چیست، انتشارات دانشگاه علم و صنعت.

Campbell, Ch. 2004. Applying Six Sigma to Environmental Management System Design.

CeravolaCalia, R.; Muller Guerrini, F. & de Castro, M. 2009. The impact of Six Sigma in the performance of a Pollution Prevention program, Journal of Cleaner Production 17 .

Eckes, George, Six Sigma for Everyone. 2003. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ.

Good year, Environmental, Health & Safety Report. 2005

Good year, Environmental, Health & Safety Report. 2004

Kimball E. Bullington, 2004. Six Sigma Supply Environment Analysis, 89th Annual International Supply Management Conference

www.epa.gov/lean/thinking/sixsigma.htm