

نگرشی بر مراحل اجرایی کنترل کیفیت آماری

علی جهان*

محمد عبدالشاه

فوق لیسانس مهندسی صنایع، اعضاء هیئت علمی دانشکاه آزاد اسلامی سمنان

چکیده:

در آغاز معرفی روشهای آماری بهبود و کنترل کیفیت بسیاری از مدیران و متخصصین واحدهای صنعتی براین عقیده بودند که اشکالات ونوسانات موجود در فرآیندهای تولید را تنها با روشهای مهندسی ومدرن کردن دستگاہها میتوان شناسائی، طبقه بندی وبرطرف نمود و به استفاده از روشهای آماری نیازی نیست. اما به تدریج با اثر مثبت ابزارهای آماری در کاهش ضایعات وبهبود کیفیت جایگاه این ابزارها در مراحل مختلف چرخه حیات محصول شامل: شکل گیری محصول، طراحی محصول وفرآیند، تولید آزمایشی، تولید انبوه وخدمات پس از فروش، مشخص گردید.

لذا در این مقاله سعی شده است شیوه وچگونگی استفاده از فنون کنترل کیفیت آماری (کنترل آماری فرآیند وطراحی آزمایشات) بانگرش اجرایی تشریح گردد. چرا که معمولا مکان، زمان وشرایط استفاده ازاین فنون برای استفاده کنندگان روشن نبوده وگاهها بکارگیری غلط آنها خود مشکلی را بر معضلات سازمان خواهد افزود.

واژگان کلیدی:

چرخه حیات محصول، کنترل کیفیت آماری، کنترل آماری فرآیند، طراحی آزمایشات

۱-مقدمه:

تاریخچه کیفیت و کنترل کیفیت به زمانهای خیلی دور برمیگردد. از زمانی که کارخانجات شروع به رقابت کردند، مصرف کنندگان محصولات را با هم مقایسه کرده و جذابترین را انتخاب می نمودند.(به استثنای محصولات انحصاری) اگر کارخانه ای حس میکرد که رقیب سود بیشتری کسب میکند، تلاش میکرد وضعیت خود را از طریق افزایش سطح کیفیت محصول خروجی و یا کاهش قیمت بهبود دهد.

اما کنترل کیفیت آماری بطور نسبی علم جدیدی محسوب میشود. سابقه علم آمار به ۲ یا سه قرن اخیر بر میگردد و بیشترین پیشرفت آن به قرن بیستم مربوط است. اولین کاربردهای آمار در ستاره شناسی، فیزیک، بیولوژی و علوم اجتماعی بود. حدود سال ۱۹۲۰ تئوریهای آماری بطور موثری در کنترل کیفیت وارد شده و به توسعه تئوریهای نمونه گیری منجر شدند. اولین کاربرد آمار در کنترل کیفیت توسط والتر شوهارت از آزمایشگاههای تلفن بل آغاز شد. او در سال ۱۹۲۴ از خود یادداشتی را به جای گذاشت که بعدها به پیش نویس نمودارهای کنترلی مدرن تبدیل شد. شوهارت بکار خود ادامه داد و در سال ۱۹۳۱ کتابی را در خصوص کنترل کیفیت آماری به چاپ رساند. این کتاب زمینه مناسبی را برای کاربرد سایر فنون آماری ایجاد کرد. در دهه های ۱۹۵۰ برای اولین بار در آمریکا از طراحی آزمایشات به منظور بهبود محصولات و فرآیندها استفاده گردید و به این ترتیب پایه های کاربرد فنون آماری در بهبود کیفیت نهاد شد.

صنایع کشور ما نیز اخیرا در پی رواج سیستمهای مدیریت کیفیت از جمله استانداردهای سری **ISO 9000** به فنون کنترل کیفیت آماری روی آورده اند اما مشکلی که اغلب ایشان با آن مواجه اند این است که معمولا مکان، زمان و شرایط استفاده از این فنون برای استفاده کنندگان روشن نبوده و گاهی بکار گیری غلط، بی موقع، شتابزده و نامناسب از این ابزارها خود مشکلی را بر معضلات سازمان خواهد افزود. در واقع مساله اصلی که باید برای استفاده کنندگان روشن باشد آن است که برای حل مشکلات سازمان، از میان فنون مختلف آماری باید از کدام ابزار، چه موقع، چگونه و کجا استفاده نمود تا بتوان افزایش کیفیت را با کاهش هزینه توأم نمود.

۲- گروه بندی کیفیت

• کیفیت طراحی (Quality of Design)

• کیفیت انطباق (Quality of Conformance)

• کیفیت عملکرد (Quality of Performance)

کیفیت طراحی و کیفیت انطباق مربوط به داخل سازمان بوده ، بطوریکه ابزار متداول بهبود کیفیت طراحی، طراحی آزمایشات (DOE) و ابزار متداول بهبود کیفیت انطباق ، کنترل آماری فرآیند (SPC) میباشد. کیفیت عملکرد مربوط به خارج از سازمان بوده و مفهوم آن این است که محصول تا چه حد توانسته خواسته های مشتری را در عمل پوشش دهد ابزار متداول مورد استفاده در این مبحث QFD میباشد.

۳- نقش فنون آماری در چرخه حیات محصول

تصمیم‌گیری صحیح و علمی بدون وجود اعداد و ارقام غیر ممکن خواهد بود، استفاده از فنون آماری می‌تواند سازمان را در جهت شناسائی و حل مشکلات یاری دهد. ضمن آنکه تغییر پذیری نیز موضوعی می‌باشد، که باعث افت در کیفیت خواهد شد. این تغییر پذیری را میتوان در ویژگیهای قابل اندازه‌گیری محصولات و فرآیندها مشاهده نمود و میتوان دید که در مراحل مختلف چرخه حیات محصولات از تحقیق بازار گرفته تا ارائه خدمات بعد از فروش وجود دارد. فنون آماری میتواند به اندازه‌گیری، توصیف، تحلیل، تفسیر و تعیین الگوی این نوع تغییر پذیری، حتی هنگامی که داده‌های نسبتاً محدودی وجود دارد کمک نماید، بنابراین فنون آماری به حل و حتی پیشگیری از مشکلات کمک کرده و زمینه بهبود مداوم را در سازمان فراهم میکند.

ابزارهای سیستمی- آماری مورد استفاده در چرخه حیات محصول را میتوان به شرح زیر طبقه‌بندی نمود:

الف) شکل‌گیری ایده محصول (طراحی و تعیین خصوصیات)

• آنالیز ریسک (Risk analysis)

• QFD (Quality Function Deployment- بسط عوامل کیفیت)

ب) توسعه محصول (طراحی)

۱- طراحی محصول

• روشهای قابلیت اطمینان

• شبیه‌سازی

• DFMEA (Design Failure Mode & Effects Analysis- تجزیه و تحلیل حالات بالقوه خرابی در

طراحی)

• ANOVA (آنالیز واریانس)

• طراحی استوار محصول (Robust Design)

• آنالیز تفرانس

• VA (Value Analysis- تجزیه و تحلیل ارزش)

۲- طراحی فرآیند

- آزمونهای فرض
- قابلیت فرآیند
- **PFMEA (Process Failure Mode & Effects Analysis)**- تجزیه و تحلیل حالات بالقوه خرابی در

فرآیند)

- رگرسیون
- ANOVA (آنالیز واریانس)
- DOE (طراحی استوار فرآیند)

ج) تولید آزمایشی (صحه گذاری)

- آزمونهای فرض
- قابلیت فرآیند
- رگرسیون
- ANOVA (آنالیز واریانس)
- DOE
- SPC

د) تولید انبوه

۱- خرید

- روشهای نمونه گیری
- قابلیت فرآیند
- SPC
- تجزیه و تحلیل روندی (Trend analysis)

۲- تولید، بسته بندی و انبار

- روشهای نمونه گیری
- آزمونهای فرض
- قابلیت فرآیند

- رگرسیون
- ANOVA (آنالیز واریانس)
- DOE
- SPC
- SQFE (سیستم آدیت محصول بر مبنای استاندارد فرانسه)

۳- بررسی تجهیزات تست و اندازه گیری

- روشهای نمونه گیری
- آزمونهای فرض
- رگرسیون
- SPC
- MSA (Measurement Systems Analysis - تجزیه و تحلیل سیستمهای اندازه گیری)
- DOE

ه) خدمات بعد از فروش

۱- آنالیز محصولات برگشتی

- روشهای قابلیت اطمینان
- آنالیزهای روند (رضایت مشتری، PPM)
- روشهای پیش بینی
- قابلیت سرویس دهی محصول (Service ability)

۲- اقدامات اصلاحی

- آزمونهای فرض
- شبیه سازی
- FMEA

۴- کنترل کیفیت آماری

برای بهبود عملکرد سامانه ها (محصولات و فرآیندها) در صنایع کشور ما و کشورهای در حال توسعه اغلب از روشها و شاخصهای متعارفی مانند بررسی درصد اقلام معیوب، هزینه های ضایعات و اصلاحی، شاخصهای

قابلیت فرآیند و اطلاعات مربوط به ضمانت و خدمات استفاده میشود که همگی پس از طراحی و تولید قابل شناسائی هستند. نتیجه بکارگیری این معیارها که بعد از وقوع قابل شناسائی میباشند، انجام فعالیتهای واکنشی یعنی انجام اقدامات اصلاحی است. بطوریکه این اقدامات شامل جداسازی محصولات، کشف مشکل، حذف و یا جلوگیری از تکرار آن میباشد که به روشهای بهبود (کنترل) کیفیت حین ساخت معروف هستند. با در نظر داشتن سه جنبه مختلف کیفیت، یعنی کیفیت طراحی، کیفیت انطباق و کیفیت عملکرد میتوان گفت عمده هدف روشهای بهبود کیفیت حین ساخت، کیفیت انطباق محصولات بوده و این روشها توانائی بهبود چشمگیری را در سامانه ندارند. بنابراین در یک توسعه پایدار و از منظر مسائل فنی مهندسی، اینگونه معیارهای ارزیابی کیفیت که فعالیتهای واکنشی را بعد از طراحی و تولید یک محصول می طلبد شاخصهای ضعیفی را برای ایجاد و بهبود کیفیت در مراحل مختلف تحقق یک محصول ارائه میدهد. در حالیکه یک صنعت پویا نیاز به معیارهای ارزیابی و فنون بهبود کیفیتی دارد که بتواند فعالیتهای کنشی (فعالتهای ایجاد و بهبود کیفیت و پیشگیری از مشکلات) را در مراحل چرخه تحقق محصول (طراحی محصول، انتخاب مواد، طراحی فرآیند ساخت محصول، ساخت محصول) موجب شود بطوریکه این روشها بتوانند جنبه های کیفیت طراحی و کیفیت عملکرد محصولات را نیز بهبود دهند.

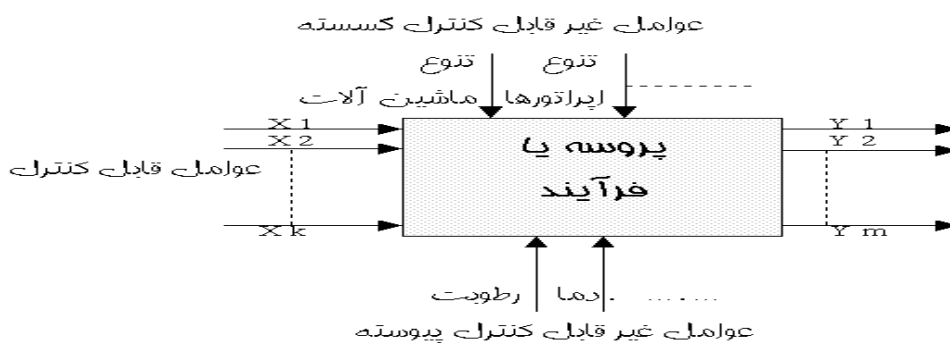
لذا در ادامه ساختار اجرائی طراحی آزمایشات و کنترل آماری فرآیند بعنوان ابزارهای **on line** و **off line** کنترل کیفیت آماری تشریح خواهند شد.

۴- طراحی آزمایشات چیست؟

در آزمایش ما معمولاً یک یا چند فاکتور را به طور آگاهانه تغییر داده تا اثر این تغییر را در پاسخ یا پاسخها مشاهده کنیم. مبحث طراحی آزمایشات یک روش بسیار کارا به منظور انجام آزمایشات می باشد بطوری که داده های بدست آمده قابل تجزیه و تحلیل آماری بوده و نتایج در سطح اطمینان معینی ارائه می گردند. ضمناً در این روش مسیرهای بعدی انجام آزمایشات به منظور بهینه سازی معین میشوند، در طراحی آزمایشات ما می توانیم بیشترین اطلاعات را با کمترین تعداد دفعات انجام آزمایش بدست آوریم. طراحی آزمایشات با تعیین اهداف و فاکتورهای مؤثر بر اهداف شروع شده و سپس اهداف در غالب یک معادله ریاضی مدل می شوند

۴-۱-۱ مدل عمومی یک فرآیند

در یک فرآیند که می توان آنرا به جعبه ای سیاه تشبیه نمود که ما از اتفاقاتی که درون آن می افتد بی خبریم (شکل ۱) معمولاً با یک یا چند فاکتور گسسته یا پیوسته قابل کنترل، و یک یا چند پاسخ مواجه هستیم. با فرض مستقل بودن پاسخها و همچنین مستقل بودن عوامل قابل کنترل در مدلسازی به دنبال این هستیم که خروجیها و ورودیها را (پاسخها و فاکتورها) با حداقل خطا در قالب یک مدل ریاضی به هم وصل کنیم. ضمن اینکه ممکن است ما در فرآیند با عوامل غیر قابل کنترل گسسته ای چون تنوع ماشین آلات، فرسودگی تدریجی ماشین آلات، تنوع اپراتورها ... و عوامل غیر قابل کنترل پیوسته ای چون دما، رطوبت و ... مواجه باشیم. (عوامل قابل کنترل و غیر قابل کنترل در حقیقت همان نیروی انسانی، مواد، ماشین آلات، روش کار، سیستم اندازه گیری و عوامل محیطی می باشند).



شکل ۱-مدل عمومی فرآیند

۴-۱-۲- کاربردها و فواید DOE چیست؟

۴-۱-۲-۱- انتخاب بین گزینه ها (آزمایشات مقایسه ای)

تأمین کننده A بهتر است یا تأمین کننده B؟ آیا کالیزور x از کاتالیزورهای موجود بهتر است؟ اینها و بیشمار گزینه دیگر وجود دارد که ما نیاز به انتخاب آنها داریم. در واقع این همان آزمایشات تک عاملی می باشد که ما با توجه به میانگین و رنج مشاهدات قادر به انتخاب گزینه مورد نظر خواهیم بود. آزمایشات مقایسه ای مفید خواهند بود برای:

- انتخاب بین گزینه ها برای مقایسات اولیه در ناحیه محدود
- انتخاب بین گزینه ها به منظور ایجاد اطمینان در ناحیه وسیع

۴-۱-۲-۲- تعیین پارامترهای کلیدی طراحی محصول که بر عملکرد آن اثر گذارند. (طرحهای غربالی)

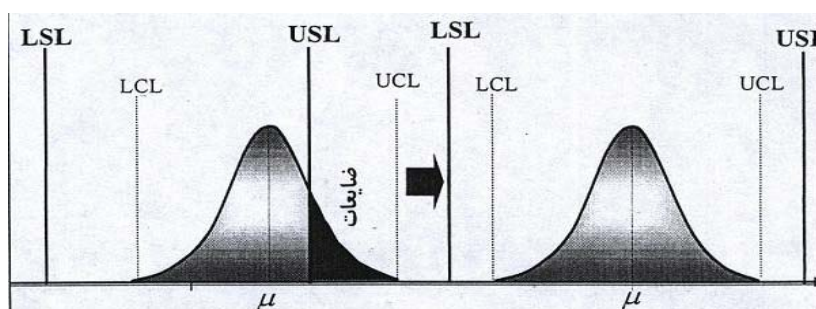
در بین فاکتورهای موثر در یک مسأله بعضی از آنها بسیار مهم و بقیه اثر کمتری بر روی هدف دارند. در این روش ما قادر خواهیم بود اطلاعاتی راجع به فاکتورهایی که اثرات مهمی بر روی پاسخ می گذارند کسب نمود و از میان تعداد زیادی عامل آنهایی که نیاز به مطالعه بیشتری دارند شناسایی نمود و با توجه به نمودارهای کنترلی روند آنها را بررسی و در محدوده مورد نظر حفظ نمائیم. طرحهای غربالی روشی اثر بخش با کمترین تعداد آزمایش برای تعیین فاکتورهای مهم فرآیند می باشند و در مواردی که هدف به کارگیری روشهای سطح پاسخ باشد در گام اول معمولاً از این طرحها استفاده می شود.

۴-۱-۲-۳- مدل نمودن فرآیند با استفاده از روش سطح پاسخ

گاهاً علاوه بر شناخت متغیرهایی که بر روی پاسخ اثر می گذارند اهداف دیگری نیز مد نظر قرار می گیرند که برای تأمین آنها نیاز به مدل نمودن فرآیند داریم. این اهداف شامل:

الف) به هدف معینی رسیدن

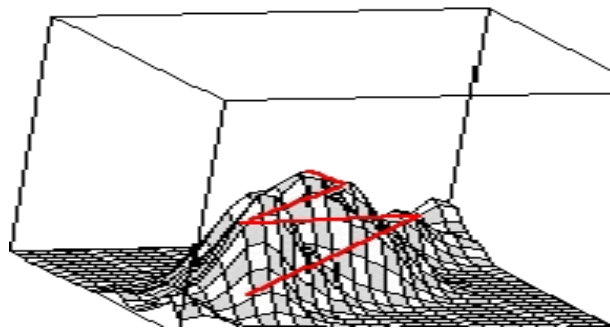
در بعضی فرآیندها نیاز داریم که مقدار پاسخ به اندازه معینی بوده و تغییرات آن کم باشد در این حالت بهترین راه مدل نمودن فرآیند و بررسی رفتار آن می باشد. به عنوان مثال یک ماشین که با تازگی تعمیر شده است برای آنکه مشخصه کیفی محصول برابر با اندازه اسمی بوده و از تولید ضایعات جلوگیری گردد نیاز به تنظیمات کوچکی دارد. شکل (۲) این موضوع را به روشنی بیان می کند.



شکل ۲- رسیدن به هدفی معین

ب) ماکزیمم یا مینیمم نمودن یک پاسخ

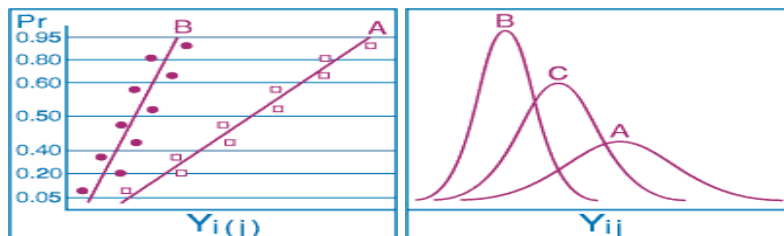
در فرآیندهایی که سالها با آن کار نموده ایم این احساس وجود دارد که هر فاکتور در مقدار بهینه خود قرار دارد و خروجی فرآیند بهینه است در صورتیکه با بکارگیری طراحی آزمایشات و مدل نمودن و بهینه سازی آن می توان شرایط بهینه واقعی را یافت. شکل (۳) مسیر بهینه سازی را در روش سطح پاسخ نشان می دهد.



شکل ۳- مسیر بهینه سازی هدف در روش سطح پاسخ [11]

ج) کاهش تغییرات در پاسخ

در شرایطی ممکن است فرآیند در حالتی قرار گیرد که مقدار اسمی پاسخ آن در وضعیت مطلوب بوده ولی تغییرات پاسخ زیاد باشد در این حالت باید فاکتورهایی که عامل اصلی تغییرات هستند را شناسایی و با استفاده از SPC تغییرات آنها را محدود و یا فرآیند را به ناحیه دیگری شیفتم نمود. ضمن اینکه استفاده از نمودارهای سطح پاسخ و یا کانتورها می تواند مؤثر واقع گردد. شکل‌های (۴) نشان دهنده کاهش تغییرات در پاسخ میباشد.



شکل ۴- کاهش تغییرات در پاسخ [11]

د) مقاوم نمودن فرآیند در برابر تغییرات

محصولی که در شرایط کنترل شده تولید شده، قرار نیست در شرایط آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گیرد بلکه وقتی دست مشتری رسید مشتری ممکن است در هر شرایطی از آن استفاده کند به عنوان مثال استارت ماشین باید در شرایط مختلف دما قابل استفاده باشد عبارتی استارت باید در برابر تغییرات دما مقاوم باشد.

ه) بهینه سازی چند هدف

در یک محصول یا یک فرآیند هیچ گاه با یک مشخصه کیفی مواجه نیستیم و معمولاً به این گونه است که به دنبال بهینه سازی چند هدف می باشیم و اهداف نیز غالباً با هم متناقض هستند. در اینجا باید بالانسی بین مشخصه های کیفی بوجود آید و با فدا نمودن بعضی از اهداف بتوانیم به شرایط بهینه کلی دستیابی پیدا کنیم. یکی از روشهای حل مسائل چند هدفه تلفیق سطوح پاسخها یا همان روش گرافیکی است. مدلهای حاصله در روش سطح پاسخ که اغلب درجه یک و دو می باشد گاهی اوقات پاسخگوی رفتار فرآیند نبوده و لازم است در مدل، از توابع ریاضی مختلفی استفاده نمود در این حالت برای دسترسی به مدل واقعی و تخمین پارامترها می توان از روش رگرسیون استفاده نمود.

ه) فواید دیگر

از جمله فواید دیگر DOE می توان امکان تجزیه و تحلیل محصول رقبا در مبحث مهندسی معکوس، بهبود بازده، کاهش و هزینه، آنالیز تلرانس و کاهش زمان توسعه نام برد که این موارد در واقع در دل مباحث فوق جای دارند.

۴-۱-۳- گامهای اجرای طراحی آزمایشات

الف) انتخاب پروژه

یک طرح بهینه سازی یا یک مسأله تولیدی را به منظور حل در نظر بگیرید و بودجه لازم را برای پروژه تخصیص دهید.

ب) شناخت کامل مسأله

به منظور شناخت کامل مسأله در جلسه طوفان فکری با حضور واحدهای مهندسی، تضمین کیفیت، ساخت، بازاریابی، مدیریت ارشد، مشتری و اپراتورها کلیه ورودیها و شرایط حاکم بر مسأله را بررسی کنید.

ج) تعیین متغیرهای پاسخ

- متغیرهای پاسخ باید به گونه ای انتخاب شوند که اطلاعات مفیدی را از پروسه تحت مطالعه ارائه کنند.
- متغیرهای پاسخ باید نسبت به یکدیگر مستقل باشند به عنوان مثال از انتخاب نسبت دو مقدار به عنوان متغیر پاسخ پرهیزید.
- نحوه اندازه گیری متغیرهای پاسخ باید شفاف بوده و واحد اندازه گیری تعیین شود.
- حتی الامکان از جمع آوری داده های وصفی پرهیزید چون برای تحلیل آنها داده های زیادی مورد نیاز خواهد بود.
- اهمیت هر هدف را تعیین نمایید.
- مشخص کنید حدود بالا و پائین اهداف مهمتر است یا مقادیر اسمی از آنها؟

د) ترسیم نمودارهای استخوان ماهی

- در یک جلسه طوفان فکری با حضور اپراتورها، واحدهای مهندسی، ساخت، تضمین کیفیت و مدیریت نمودار استخوان ماهی اهداف را ترسیم کنید.

ه) تعیین فاکتورهای طراحی و سطوح آنها

- فاکتورهای امکان پذیر و دخیل در طراحی با توجه به نمودار استخوان ماهی کدامند؟
- کدامیک از فاکتورها از بقیه مهمترند؟
- آیا فاکتورها نسبت به هم مستقلند؟
- توجه کنید که تعداد فاکتورها و سطوح آنها با توجه به بودجه در نظر گرفته شود ضمن اینکه به جای انجام آزمایشات وسیع در مراحل اولیه، ناحیه آزمایشات را ابتدا محدود در نظر گرفته و سپس به صورت مرحله ای بهینه سازی را ادامه دهد و توصیه می شود در مرحله اول انجام آزمایشات بیش از ۲۵ درصد منابع صرف نگردد.
- دامنه تغییرات فاکتورها را تعیین کنید.

و) عوامل اغتشاش را تعیین کنید.

- عوامل غیر قابل کنترل کدامند؟
- چگونه می توان محصول را در برابر عوامل غیر قابل کنترل غیر حساس نمود؟

چگونه می توان اثر عوامل غیر قابل کنترل را کاهش داد؟

ز) طرح آزمایش را تعیین کنید.

انتخاب طرح آزمایشات به تعداد فاکتورها و هدف از انجام آزمایشات بستگی دارد ولی میزان منابع در اختیار میزان خطای نوع I و II قابل قبول نیز در انتخاب نوع طرح بی تأثیر نیست. جدول (۱) می تواند راهنمای مناسبی برای تعیین نوع طرح آزمایش باشد.

هدف آزمایشات			تعداد فاکتورها
مقایسه ای	غریبی	سطح پاسخ	
طرح تصادفی کامل	-	-	۱
طرح تصادفی با بلوک بندی	طرحهای عاملی کامل یا کسری	طرحهای مرکب مرکزی یا باکس بهنکن	۲ الی ۴
طراحی تصادفی با بلوک بندی	طرحهای عاملی کامل، کسری یا پلاکت برمن	به منظور کاهش تعداد فاکتورها ابتدا از طرحهای غریبی استفاده کنید.	۵ یا بیشتر

جدول ۱- راهنمای تعیین طرح آزمایشات

ح) تعیین تعداد تکرارها

مطمناً هر چه تعداد تکرارها برای هر آزمایش بیشتر باشد میزان اطمینان از نتایج بیشتر خواهد بود.

ط) بلوک بندی و یا تصادفی نمودن

به منظور حذف و یا کاهش اثر عوامل غیر قابل کنترل از بلوک بندی و یا تصادفی سازی استفاده نمائید.

ی) دقت وصحت سیستم اندازه گیری را برای تخمین مدل بررسی نمائید.

برای اینکه بتوانیم مدل مناسبی را برای پاسخها پیش بینی کنیم باید شرایط ذیل را فراهم کنیم.

- آیا سیستم اندازه گیری شما برای تمام پاسخها قابلیت دارد؟

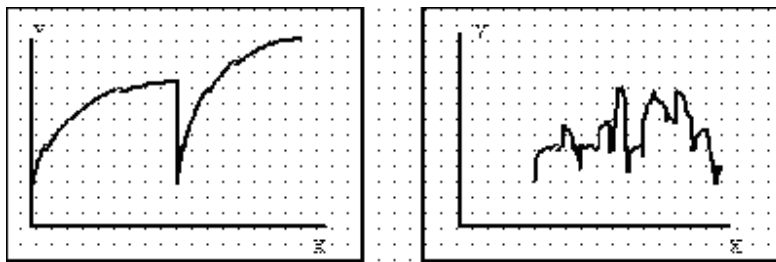
اینکه بعد از اجرای آزمایشات متوجه شدیم که سیستم اندازه گیری قابلیت نمایش تغییرات مورد نظر را ندارد حالت بسیار بدی خواهد بود لذا با توجه به مبحث تجزیه و تحلیل سیستمهای اندازه گیری^۱ قابلیت سیستم را ارزیابی و بعد آزمایشات را انجام دهید.

• آیا فرآیند تحت کنترل است؟

فرآیندی که بر روی آن طراحی آزمایشات صورت می گیرد باید تحت کنترل آماری باشد عبارتی باید عوامل مشکل ساز فرآیند شناسایی شده و به عنوان فاکتورهای طرح آزمایشات در نظر گرفته شوند لذا انجام SPC قبل از DOE توصیه می شود.

• آیا فرآیند با یک مدل قابل تقریب است؟

پاسخها باید بگونه ای باشند که مدل آنها با حداقل خطا قابل تقریب باشند یعنی تغییرات زیاد در پاسخ مدل را پیچیده و یا گاهها "ایجاد آنرا غیر ممکن می سازد. شکل (۵) ذیل پاسخهای دندانان ای و هموار را نشان می دهد.



شکل ۵- پاسخ دندانان ای (سمت راست)، پاسخ هموار (سمت چپ)

ک) تخصیص فعالیتها

- تعیین کنید چه کسی مسئول انجام چه کاری است؟

- فعالیتها باید چگونه انجام شود؟

- کارها چه موقع باید انجام شوند؟

ل) آزمایشات را انجام دهید.

- در حین اجرای آزمایشات از تغییرات برنامه ریزی نشده مثل تعویض اپراتورها بپرهیزید.
- داده های واقعی را جمع آوری کنید و از خلاصه کردن یا میانگین گرفتن از داده ها بپرهیزید.
- هر اتفاقی که می افتد ثبت کنید.
- چک کنید که آزمایشات طبق شرایط خواسته شده انجام شده و انجام آنها نیز در عمل امکانپذیر باشد.
- بعد از انجام آزمایشات فرآیند را به حالت اولیه برگردانید.

م) نتایج را تجزیه و تحلیل نمایید.

- برای تجزیه و تحلیل نتایج از روشها و نمودارهای مختلفی میتوان استفاده نمود:
- نمودار اثرات اصلی عاملها
- نمودار اثرات متقابل عاملها
- نمودار پارتو برای بررسی میزان اثر عوامل اصلی و اثرات متقابل
- نمودار تابع توزیع پاسخ
- نمودار پاسخ در برابر زمان (به منظور بررسی احتمال اثر گذاری گذشت زمان بر روی پاسخها)
- نمودار پاسخ در برابر سطوح فاکتورها با توجه به میزان اثر گذاری فاکتورها
- که برای تجزیه و تحلیل بهتر استفاده از نرم افزارهای زیر توصیه میشود:
Statgraf (dos & win), Echip, Minitab, Doepack, Statistica, Multisimplex, Qualitek-4&..

ن) نتایج حاصله را صحت گذاری نمایید.

- وقتی که نتایج تحلیلها بدست آمد باید مطمئن شویم که آیا این نتایج در عمل واقعاً مناسب است یا خیر؟ و با توجه به اینکه تحت کنترل بودن فرآیند بسیار مهم است تست نتایج باید حداقل ۳ مرتبه انجام شود چنانچه نتایج تست با نتیجه مورد انتظار ما تفاوت داشت:
- ۱- کنترل کنید تغییری از زمان جمع آوری و تحلیل داده ها تا به حال صورت نگرفته باشد.
- ۲- مطمئن شوید شرایط واقعی برای اجرا را فراهم کرده اید.
- ۳- مدل را مجدداً برای یافتن شرایط بهینه چک کنید.

و اگر بعد از طی گامهای فوق باز هم نتیجه نگرفتید از داده ها استفاده نموده و آزمایش دیگری را طرح ریزی کنید.

س) نتایج پروژه را ارائه نموده و با توجه به نظر تیم مطالعه بعدی را پیشنهاد کنید:

* ارائه نتایج به مدیریت باید شامل موارد زیر باشد:

آنچه که انجام داده اید، دلیل اینکه آن کار را انجام داده اید، آنچه را یافته اید، و صرفه جویی حاصله به زبان پول باشد.

- وضعیت فعلی و میزان بهبود را در صورت عملی شدن پروژه بیان کنید.

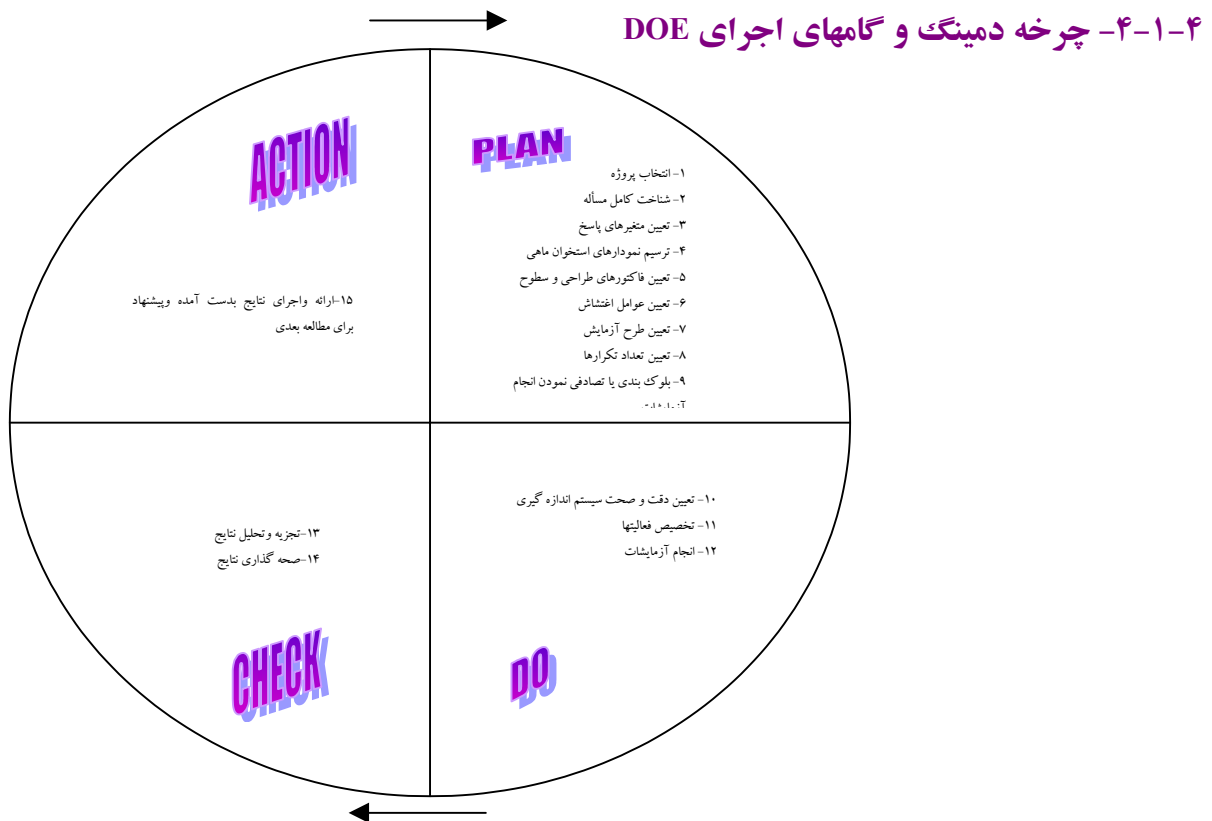
- نمودار بهبود را ترسیم و ارائه نمایید.

* در ارائه نتایج به تیمی که در اجرای پروژه شما را یاری نموده اند به موارد ذیل اشاره کنید:

- جزئیات میزان اثر گذاری فاکتورها، جدول ANOVA و ...

- تشریح نحوه بدست آوردن شرایط بهینه و چگونگی اثر گذاری عوامل اغتشاش بر روی شرایط بهینه

- جزئیات نتایج را برای پیشنهاد مطالعه بعدی بین اعضا توزیع کنید.



شکل ۶- مراحل انجام طراحی آزمایشات در قالب چرخه

۴-۱-۵- محدودیتها و موانع موجود در استفاده از طراحی آزمایشات

* محدودیتهای طراحی آزمایشات

- الف) محدود بودن ماکزیمم تعداد آزمایشات
با توجه به محدودیت زمان و بودجه آزمایشگر ممکن است برای تعداد آزمایشات سقفی تعیین کند. که این موضوع در مورد طرحهای کسری نیز صادق است.
- ب) غیر ممکن بودن بعضی از ترکیبها در سطوح فاکتورها
- ج) در بعضی موارد آزمایشگر ممکن است با سطوح زیادی در تعداد زیادی فاکتور مواجه باشد.

* موانع استفاده از طراحی آزمایشات

- الف) جبر
ما همیشه در هر مرحله یک عامل را مطالعه کرده ایم و زمان فرا گرفتن روش جدیدی را نیز نداریم در این صورت اگر همیشه کاری را که انجام داده اید انجام دهید آنگاه نتیجه ای را که همیشه گرفته اید خواهید گرفت.
- ب) کارشناسان فنی
این سؤال را باید از این همکاران عزیز پرسیم که اگر شما همه چیز را می دانید پس چرا عملکرد فرآیند رضایتبخش نیست؟
- ج) هزینه
ما هر چند وقت یکبار برای دوباره کاری ، ضایعات و یا نتایج حاصل از فروش نامطلوب هزینه می کنیم؟ پس چرا نمی خواهیم با هزینه کردن برای انجام یک طراحی آزمایش مشکل را به طور واقعی شناسایی و برطرف نمائیم؟ هیچ چیز مجانی نیست و طراحی آزمایشها یک سرمایه گذاری محسوب می شود.
- د) آموزش
با آموزش تعداد انگشت شماری از پرسنل نمی توان نتیجه حاصل از طراحی آزمایشها را تداوم بخشید.
- ه) عدم حمایت مدیریت

طراحی آزمایشها یک ابزار مدیریتی محسوب می باشد و پرسنل خط تولید بدون حمایت و موافقت مدیریت نمی توانند از آن استفاده کنند و از آنجائیکه طراحی آزمایشها نیاز به منابع، نظم و انضباط دارد لذا مدیریت باید طراحی آزمایشها را بخوبی درک کند تا بتواند انتظارات و هزینه را برآورد نماید.

۴-۲- ساختار اجرائی کنترل آماری فرآیند

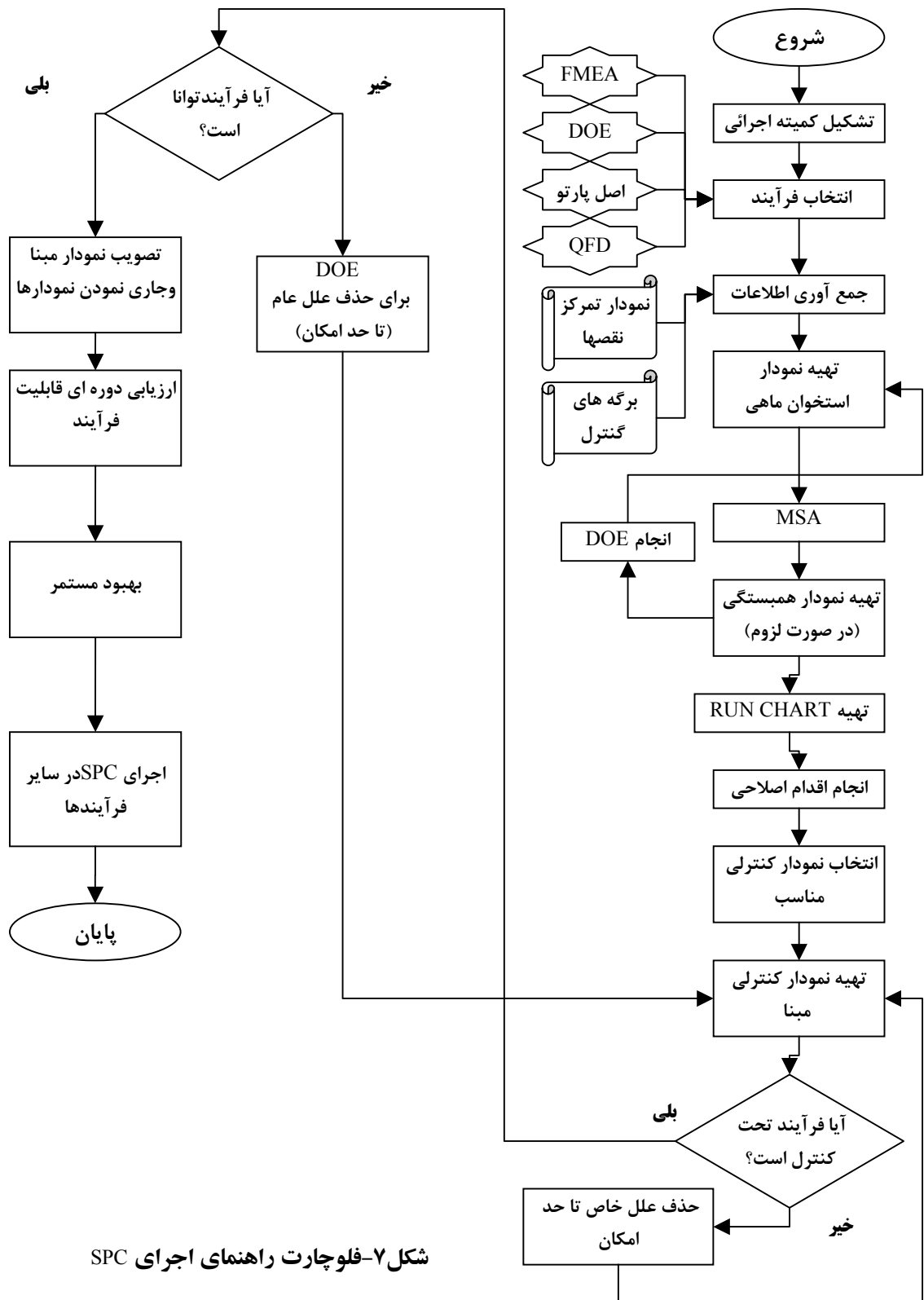
همانطور که ملاحظه میکنید SPC در اغلب مراحل چرخه حیات محصول مورد استفاده قرار گرفته و نقش مهمی را در بهبود کیفیت دارد، لذا در ادامه به تشریح جایگاه آن خواهیم پرداخت.

هفت ابزار کنترل آماری فرآیند عبارتند از برگه های کنترل، نمودار پارتو، نمودار همبستگی، نمودار های کنترلی، هیستوگرام، نمودار تمرکز نقصها و نمودار استخوان ماهی که شکل شماره (۷) مراحل استفاده از این ابزارها و ارتباط آنها با سایر فنون آماری نشان میدهد. همانطور که مشخص است بعد از تشکیل کمیته اجرائی، لازم است محل اجرای SPC از طریق QFD، DOE، FMEA و یا تجزیه و تحلیل نمودارهای پارتو انتخاب شود. فاز بعدی کار جمع آوری اطلاعات برای ترسیم نمودار استخوان ماهی میباشد که برای آن میتوان از نمودار تمرکز نقصها و یا برگه های کنترل استفاده نمود، قبل از جمع آوری داده ها باید به کمک MSA از صلاحیت سیستم اندازه گیری (کیفی یا کمی) اطمینان حاصل کرد.

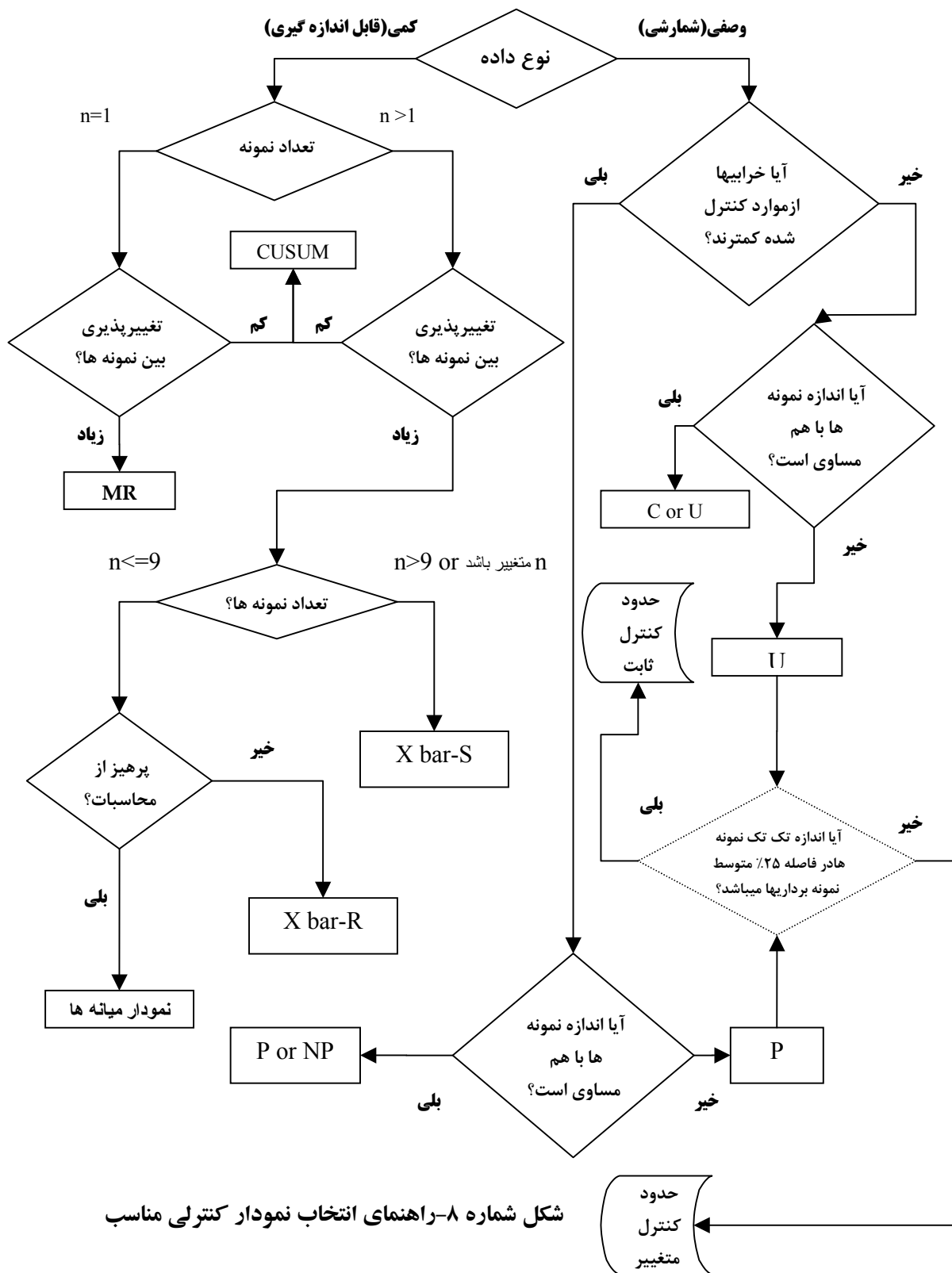
در این مرحله کمیته اجرائی (در صورت نیاز) به کمک نمودار همبستگی روابط علت و معلولی تدوین شده در نمودار استخوان ماهی را بیشتر تحلیل میکند و چنانچه نیاز باشد اثر همزمان بیش از یک علت را روی معلول بررسی کند از DOE استفاده خواهد نمود. ممکن است نتیجه مورد نظر در این مرحله یا بعد از ترسیم CHART RUN بدست آید و دیگر نیازی به ادامه کار نباشد.

در صورت نیاز به استفاده از نمودار های کنترلی، شکل شماره (۸) نحوه انتخاب نمودار کنترلی مناسب را با توجه به نوع داده ها، تعداد نمونه ها و... ارائه میکند. بعد از انتخاب نمودار کنترلی مناسب سیکل حذف علل خاص و عام به منظور تحت کنترل قرار دادن و ایجاد توانائی در فرآیند ادامه یافته و سپس نمودار کنترلی مینا ترسیم خواهد شد. در این مرحله، با توجه به حدود کنترلی نمودار مینا اجرای سیستم در خط تولید آغاز شده و در فواصل منظم میزان بهبود به کمک شاخصهای سنجش قابلیت فرآیند اندازه گیری میشود.

بدیهی برای حفظ سیستم باید نتایجی که در هر مرحله بدست می آید، مطابق با الزامات سیستمهای مدیریت کیفیت در دستورالعملها و روشهای اجرائی درج گردد.



شکل ۷-فلوچارت راهنمای اجرای SPC



شکل شماره ۸- راهنمای انتخاب نمودار کنترلی مناسب

نمونه برداری جهت نمودارهای کنترلی

در نمونه برداری نمودارهای کنترل مساله اصلی این است که سیستم نمونه برداری باید بتواند تغییرات ناشی از علل خاص و عام درونی نمونه ها و بین آنها را نمایش دهد در این راستا موارد زیر حائز اهمیت میباشد:

اندازه نمونه برداری

- نمونه ها باید به اندازه کافی کوچک باشند تا انجام کار مقرون به صرفه و امکان پذیر باشد (از لحاظ هزینه نمونه برداری و اندازه گیری)
 - نمونه ها باید به اندازه کافی بزرگ باشند تا بتوانند یک توزیع نرمال را ایجاد کنند. (۴ یا بیشتر)
 - هرچه حجم نمونه بیشتر باشد دلایل تغییرات فرآیند و شناسایی حالت‌های خارج از کنترل آسانتر خواهد بود.
 - اگر حجم نمونه خیلی زیاد باشد امکان تفکیک علل تغییرات خاص و عام از بین رفته و حساسیت نمودارهای کنترل کم خواهد شد.
- چنانچه همه موارد فوق در نظر گرفته شود معمولا اندازه نمونه بین ۴ الی ۶ انتخاب خواهد شد.

پریود نمونه برداری

نمونه گیری معمولا در یک محدوده زمانی معین انجام میشود تا از بروز تغییرات خاص جلوگیری شود اما فاصله زمانی بین نمونه برداریها لزوما نباید یکسان باشد مثلا دقیقا هر یک ساعت ، یا هر روز در یک ساعت معین. نمونه برداری باید بگونه ای باشد که بتواند شرایط واقعی را نشان داده و به حل مشکلات کمک کند لذا لازم است در تعیین پریود بین نمونه برداری موارد زیر را در نظر داشت:

• ثبات فرآیند

اگر نمونه برداری برای اولین بار انجام شود، باید پریود نمونه برداری بیشتر باشد تا فرصتهای بهبود به آسانی شناسایی گردد ولی چنانچه نمودارهای کنترلی مبنا از قبل ترسیم شده باشند و فرآیند توانا باشد میتوان پریود بین نمونه برداریها را کاهش داد

• پریود تغییرات در فرآیند

اگر در فرآیند تغییرات زیادی در مواد یا ابزار داشته باشیم یا اینکه تنظیم مجدد ابزار مکررا اتفاق بیفتد ضروریست بعد از این تغییرات، برای شناسایی بهتر علل خاص، نمونه برداری حتما انجام گردد.

• هزینه نمونه برداری

دو عامل هزینه مد نظر قرار خواهد گرفت اولی هزینه زمان نمونه برداری و سنجش وضعیت کیفی و دومی هزینه تخریب نمونه، در صورت مخرب بودن آزمایش.

۵- نتیجه گیری

۱- فنون آماری کاربرد وسیعی در مراحل مختلف چرخه حیات محصول دارند بطوریکه با اجرای صحیح و سیستماتیک این فنون و گسترش آن در مراحل تکوین محصول، میتوان کیفیت واقعی را در درون محصول جای داد.

۲- طراحی آزمایشات ابزاری قوی و موثر برای بهینه سازی، افزایش سرعت در تصمیم گیری، کاهش هزینه های آزمایشات و افزایش اطمینان از نتایج آزمایشات میباشد. ضمن آنکه بعد از انجام تحقیق، مسیر حرکت بعدی را برای بهبود مستمر معرفی می نماید. اجرای آن نیاز به کار تیمی دارد و بکارگیری آن تنها محدود به افرادی که در زمینه ریاضی از آموزشهای پیشرفته ای برخوردار هستند نمیباشد چرا که استفاده از نرم افزارهای طراحی آزمایشات کار را ساده نموده و توان انجام تجزیه و تحلیل ها را افزایش میدهد.

۳- بکارگیری کنترل آماری فرآیند بدون توجه به اصول و مراحل صحیح آن میتواند باعث اتلاف وقت و دلسردی کارکنان شود، در صورتیکه توجه به پیش نیازها و مراحل کار، انتخاب نمودار کنترلی مناسب و نمونه برداری صحیح و منطقی باعث کاهش هزینه ها، افزایش کیفیت و بهبود سیستم تحویل خواهد شد.

منابع :

- [1] Ryan, T.P. (2000). Statistical Methods for Quality Improvement, 2nd ed., Wiley, New York, NY.
- [2] Oakland, Joh S. First Published: 1995, TOTAL QUALITY MANAGMNT
- [3] Quality management systems: Automotive supplier's requirements for the application of ISO 9001:2000
- [4]. "Quality Systems—Model for Quality Assurance in Design, Development, Production, Installation and Servicing," ISO 9001-1994, Geneva, International Organization for Standardization, 1994.
- [5] Champ, C.W., and Woodall, W.H. (1987). "Exact Results for Shewhart Control Charts with Supplementary Runs Rules", Technometrics, 29, 393-399.
- [6] Duncan, A. J. (1986). Quality Control and Industrial Statistics, 5th ed., Irwin, Homewood, IL.
- [7] Montgomery, D. C. (2000). Introduction to Statistical Quality Control, 4th ed., Wiley, New York, NY.

- [8] Sequential Simplex Optimization, Walters, Parker, Morgan, Deming.
- [9] Design of Experiments (1999), Larry B.Barrentine, USA; ASQ.
- [10] BOX, G.E, W.G.Hunter, and J.S Hunter (1978), Statistics for Experimenters, New York, NY, J.Wiley and Sons.
- [11] ENGINEERING STTISTIC HANDBOOK
- [12] <http://www.pqsystems.com>
- [13] <http://www.realworldstats.com>
- [14] <http://www.qualityamerica.com>
- [15] <http://www.statisticaldesigns.com>