



تلفیق قابلیت اعتماد و شش سیگما به عنوان ابزار کنترل کیفیت به منظور بهبود وضعیت محصولات تولیدی

حسین اشرفی^{۱*}، غلامعلی رئیسی اردلی^۲، حسین ذوالفقاری^۳

۱- دانشجوی دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- استاد دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- دانشجوی دانشگاه صنعتی اصفهان

*hosein.ashrafi@in.iut.ac.ir

ارسال: فروردین ماه ۹۶ پذیرش: تیر ماه ۹۶

خلاصه

با توجه به ظهور روش‌های مختلف جهت بهبود اجرای فرآیندها، ما شاهد پیشرفت روز افزون بنگاه‌ها در ابعاد مختلف هستیم. هدف از این روش‌ها ارایه استراتژی‌هایی است که با استفاده از آن‌ها بتوان مراحل مختلف کار را به درستی و با تمام جزئیات آن شناخت و بهترین روش را جهت انجام تک تک مراحل آن انتخاب نمود. یکی از این روش‌ها روش شش سیگما می‌باشد. شش سیگما مجموعه‌ای از تکنیک‌های آماری برای اندازه‌گیری عملکرد فرآیندهاست. هدف از انجام این پژوهش اندازه‌گیری سطح سیگمای محصول در مرحله ساخت با استفاده از قابلیت اعتماد محصول می‌باشد. این روش بطور همزمان موجب بهبودی و افزایش سطح کیفیت محصول و قابلیت اعتماد محصول در مراحل ساخت خواهد شد. کلمات کلیدی: شش سیگما، قابلیت اعتماد، DMAIC^۱، تکنیک‌های آماری.

Combining Reliability and Six Sigma as a Quality Control Tool to Improve Products

Hossein Ashrafi, Gholam-Ali Raissi-Ardal, Hossein Zoulfaghari

Abstract

Nowadays we observe the continual improvement of firms in different aspects as the result of growing usage of improvement methodologies. The aim of these methodologies is to present by which all the process steps are known precisely with all their details and the best way for performing each of them is selected. Six sigma is one of these methodizes. Six sigma presents a set of statistical tools for process evaluation. In this research we aim to measure the sigma level of the product in the production step considering the reliability of the product. The proposed method improves the quality level and the reliability of the product simultaneously in production steps.

Keywords: Six sigma, reliability, DMAIC, statistical techniques.

¹ DMAIC :Define ,Measure ,Analyze ,Improvement Control

اصولاً هر کالا یا خدمتی که تولید یا ارائه می‌گردد اولاً عاری از عیب و نقص نیست و ثانیاً استفاده از آن در طول زمان توأم با نگرانی خراب شدن است، در نتیجه نیاز ما به کاربرد قابلیت اعتماد^۱ مشهود است. در اینجا این پرسش مطرح می‌شود که چگونه می‌توان نقص را کاهش و اعتماد به سلامت کالا را در طول مدت استفاده افزایش داد؟ در پاسخ باید اذعان نمود با در کنار هم قرار دادن کنترل کیفیت^۲ و بکارگیری قابلیت اعتماد می‌توان به این هدف دست یافت [۱]. کنار هم قرار دادن قابلیت اعتماد و شش سیگما می‌تواند به بهبود کیفیت کمک کند و از طرفی این تلفیق تا به اینجا صورت نگرفته است و تلاش بر این است که این تلفیق و بهبود صورت گیرد.

شش سیگما به عنوان یکی از روش‌های کیفی است که اجرای آن تأثیرات مطلوبی را در جهت افزایش سطح کیفیت، کاهش هزینه‌ها، و ارتقاء رضایت مشتری داشته است. اساساً شش سیگما مشخصه‌هایی را به کار می‌گیرد که میزان موفقیت کلیه فعالیت‌های را که سازمان را، اندازه‌گیری می‌نماید. بدون اندازه‌گیری فرآیندهای یک شرکت و تغییرات این فرآیندها، دانستن این امر که سازمان در چه موقعیتی است و به کجا خواهد رفت غیر ممکن است [۲].

شش سیگما یک رویکرد تجاری چندوجهی و همه‌جانبه است که در صورت بهره‌گیری درست از آن می‌تواند به منظور حرکت در مسیر تعالی سازمانی، نقش اساسی ایفا کند. اگرچه به ظاهر، یک فرآیند و تفکر آماری را تداعی می‌کند ولی به واقع می‌خواهد در جاده‌های کیفیت و تعالی از طریق آسیب شناسی متدولوژی، شناسایی نقاط قوت و فرصت‌های بهبود، مسیر حرکت و استقرار سیستم‌های کیفیت را به سمت خطای صفر ترسیم سازد و هدف عملی آنها رسیدن به سطح کیفیت شش سیگما یعنی خطای ۴/۳ در میلیون است. با تلفیق شش سیگما و قابلیت اعتماد در مراحل ساخت محصول علاوه بر اینکه میزان کیفیت آن افزایش می‌یابد از بسیاری از هزینه‌های اضافه در مراحل یاد شده جلوگیری می‌نماید، می‌خواهیم بیان کنیم که با بیشینه‌سازی قابلیت اعتماد با توجه به محدودیت‌های وزن و حجم به سطح سیگمای محصول دست یابیم [۲ و ۳].

۲. مفهوم شش سیگما

شش سیگما یک طرح بهبود و یک فرآیند منسجم و نظام‌مند برای مطالعه روی میزان پیشرفت در تحویل محصولات و خدمات مناسب است. شش سیگما یک شخص کیفیت است که می‌تواند در سرتاسر سازمان استفاده شود. همچنین این شاخص یک مبنای برای بهبود تطبیقی در مقابل رقابلی که در بالاترین سطح قرار دارند و نیز پیگیری سال به سال بهبودها، فراهم می‌سازد [۴]. تا کنون متخصصان شش سیگما، تلاش‌های زیادی برای دستیابی به تعریف جامع و کاملی از این رویکرد انجام داده‌اند، که برخی از تعریف‌های مهم و رایج ارائه شده به شرح زیر می‌باشد.

۱.۲. تعریف شش سیگما

به طور ساده می‌توان گفت، شش سیگما روشی است که بر اساس داده^۳ هدایت می‌شود و هدف آن دستیابی به کیفیت برتر است. چیزی که شش سیگما را از سایر اصول کیفیت متمایز می‌کند تأکید آن بر پیشگیری قبل از وقوع اشتباهات است. به طور ویژه می‌توان گفت شش سیگما یک تلاش نظم یافته است که فرآیندهای تکرار شونده سازمان را در بخشهای طراحی محصولات، عملکرد تامین کنندگان، سرویسهای خدماتی و ... از نزدیک مورد سنجش قرار می‌دهد. شش سیگما یک روش آماری است که نیازهای مشتری را به صورت وظایف جداگانه تعریف کرده و ضمناً در صورتیکه بین آنها عملکردهای مرتبط وجود داشته باشد، یک سری ویژگی‌های بهینه برایشان در نظر می‌گیرد. همانطور که از شواهد پیداست، گام‌هایی که برای

¹ Reliability

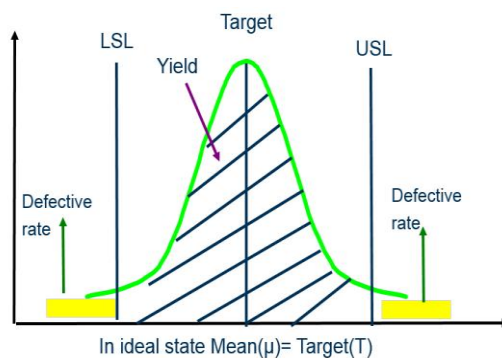
² Quality Control

³ Data

رسیدن به این هدف برداشته می شود تاثیر بسیار عمیق بر روی کیفیت محصولات، خدمات پس از فروش و توسعه کیفی منابع انسانی خواهد داشت. شش سیگما به دلیل تاکید عمیق بر روی تحلیل های آماری، مقیاس های ارزیابی طراحی، تولید محصول و فعالیت های متمرکز در حیطه مشتری گرایی، قادر است احتمال بروز خطا در محصولات و سرویس ها را به میزان بی سابقه ای کاهش دهد [۵].

شش سیگما یک فلسفه مدیریت، براساس نزدیک شدن به خواست مشتری و کاهش ضایعات است. کم شدن ضایعات یعنی هزینه کمتر و افزایش اعتماد و وفاداری مشتری و نیز افزایش اعتبار تولید کننده که بزرگترین مساله در رقابت تولید کنندگان کالا و خدمات است. شش سیگما در بردارنده شاخص آماری برای اندازه گیری قابلیت فرآیند مورد بررسی و مقایسه سازمان با رقیبان است. شش سیگما یک فرآیند است با مجموعه ای از ابزارهای آماری که برای اجرای نظریه ها و فلسفه های مدیریت در راه رسیدن به تعداد عیب کمتر از ۳.۴ در میلیون استفاده می شود [۶].

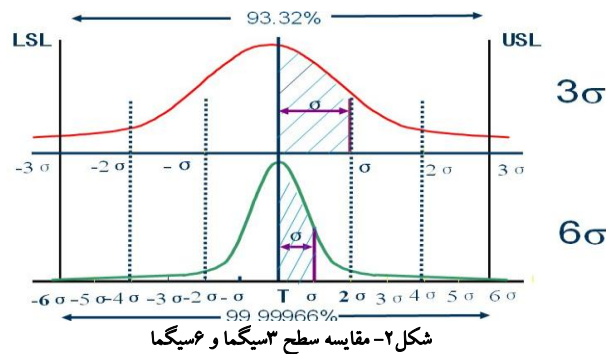
شش سیگما در حقیقت تلفیقی هوشمندانه از دانش و آگاهی سازمان با تکنیکهای کارای آماری برای بهبود کارایی و اثربخشی سازمان و همچنین برآورده سازی الزامات حقیقی مشتری می باشد. شش سیگما بیان کننده محدوده ای از مقادیر متغیرهای تصادفی با توزیع نرمال می باشد که انتظار می رود ۹۹.۷۳٪ کلیه مقادیر در محدوده سه سیگما از دو طرف مقدار میانگین جامعه آماری قرار گیرد [۲].



شکل ۱- محدوده سه سیگما از دو طرف مقدار میانگین جامعه آماری

پایه و اساس اندازه گیری سطح شش سیگما توزیع نرمال است، که در آمار و احتمال، توزیع نرمال احتمال توزیع داده ها در اطراف میانگین را توصیف می کند و تابع چگالی توزیع نرمال بصورت زنگوله ای شکل است که راس آن میانگین می باشد. سطح زیر نمودار توزیع نرمال که معرف احتمال وقوع رخدادها است معادل یک در نظر گرفته می شود. آن دسته از محصولاتی که بدون عیب و نقص هستند در ناحیه زیر منحنی زنگوله ای شکل و بین حدود کنترلی قرار دارند که به این ناحیه عملگر عملکرد یک فرآیند^۱ گفته می شود و به آن دسته از محصولاتی که زیر منحنی زنگوله ای ولی خارج از حدود کنترلی قرار می گیرند را محصولات معیوب^۲ گفته می شود [۷]. بنابراین هرچه که میزان انحراف محصولات را کاهش دهیم سطح سیگما افزایش می یابد این مفهوم که در شکل ۲ نمایش داده شده است [۸].

^۱ yield
^۲ defect



۲.۲. آنچه در مفهوم شش سیگما نهفته است:

۱. بهبود کیفیت، کاهش هزینه ها، ارج نهادن به مشتری است.
۲. شش سیگما تلفیقی از مهندسی کیفیت و مهندسی سیستم هاست.
۳. شش سیگما ابزاری برای کاهش نوسانات و تغییرات است.
۴. هوشمندانه کردن نه فقط سخت کار کردن.
۵. یک متد آماری است که نیازهای مشتری را به صورت وظایف جداگانه تعریف کرده.
۶. شش سیگما به دلیل تاکید عمیق روی تحلیل های آماری، مقیاس های ارزیابی طراحی، تولید محصول، فعالیت های ۷. متمرکز در حیطه مشتری گرایی، قادر است احتمال بروز خطا در محصولات و سرویس ها را به میزان بی سابقه ای کاهش دهد [۲،۹].

۳.۲. متدولوژی DMAIC در شش سیگما

یک متدولوژی عمومی شش سیگما می باشد و بر مبنای پنج فاز تعریف مسأله، اندازه گیری و سنجش، تحلیل، بهبود و کنترل تعریف شده است.

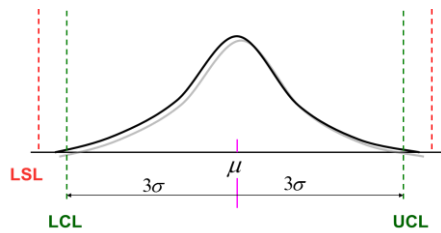
۱. فاز تعریف: در این مرحله نیازها و خواسته های مشتریان و نیازمندی های فنی و تکنیکی فرآیند بیان شده، محصولات و فرایندهایی که باید بهبود یابند، مشخص می شوند.
۲. فاز اندازه گیری: در این مرحله عملکرد مورد انتظار فرآیند و وضعیت فعلی فرآیند مشخص می شود. متغیرهای ورودی و خروجی فرآیند تعریف می شوند و سیستم های اندازه گیری، ارزیابی می شوند. در این مرحله متغیر وابسته (Y) یا عوامل بحرانی کیفیت^۱ (CTQ) اندازه گیری می شود.
۳. فاز تحلیل: در فاز تحلیل با استفاده از داده ها مهمترین عوامل ورودی و درونی فرآیند که بر خروجی های فرآیند تأثیرگذار هستند، مشخص می شوند.
۴. فاز بهبود: در این مرحله فعالیت ها و بهبودهایی که منجر به بهینه سازی خروجی های فرآیند و حذف کاهش خرابی و تغییرات در فرآیند می شوند، شناسایی می شوند. در این فاز متغیرهای شناخته شده X در فاز تحلیل که در رابطه با $Y=F(X)$ تعیین شده اند، بهبود یافته و عملکرد فرآیند جدید ارزیابی می شود.
۵. فاز کنترل: در فاز کنترل، دست آوردهای حاصل از بهبودهای ایجاد شده، مستند و نظارت می شوند و مسئولانی برای پیگیری این یافته ها تعیین می شوند [۲].

۴.۲. فاز اندازه گیری

سیگما نماینده واقعی انحراف معیار می باشد، همانطور که μ نماینده واقعی میانگین می باشد، بنابراین یکی از ابزار های قوی که در مرحله اندازه گیری می توان از آن استفاده کرد و بازخورد خوبی به ما می دهد FMEA^۲ است [۳،۲].

^۱ CTQ :Critical, To, Quality

^۲ Failure Mode Effect Analysis



شکل ۳- فرآیندهای پایدار و توانا

فرآیند پایدار (تحت کنترل): فرآیندی را پایدار گویند که اندازه مشخصه‌های محصولاتی بین حدود کنترل باشد. (اندازه‌ها بین UCL , LCL) بعبارت دیگر محصولات خروجی آن یکسان بوده و تغییرات با دامنه زیاد نداشته باشد.

فرآیند توانا: فرآیندی را توانا گویند که اندازه مشخصه‌های محصولاتی بین حدود مهندسی (مشتری) باشد. (اندازه‌ها بین USL , LSL). اگر فرآیندی تحت کنترل باشد لزوماً بمعنای توانا بودن آن نیست و بالعکس [۳].

C_{pu} : در تیرانس‌های یک طرفه با حد بالا.

C_{pl} : در تیرانس‌های یک طرفه با حد پایین.

C_{pk} : حداقل (C_{pl} , C_{pu}) در تیرانس‌های دو طرفه.

این دو نسبت محل قرار گرفتن میانگین را نسبت به حد بالا و حد پایین نشان می‌دهند.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6S} \quad (1)$$

$$C_{pu} = \frac{USL - \bar{X}}{3S} \quad (2)$$

$$C_{pl} = \frac{\bar{X} - LSL}{3S} \quad (3)$$

$$DPU^1 = \frac{h \text{ (تعداد شکست‌ها)}}{n \text{ (تعداد واحد‌های چک شده)} * OPP \text{ (فرصت)}} \quad (4)$$

$$DPMO^2 = DPO * 10^6 \quad (5)$$

$$p = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(DPU)^2}\right)} \quad (6)$$

فرصت^۳: اینجا فرصت را انواع روش‌های چک کردن عنوان می‌شود.

با استفاده از روابط فوق و رابطه زیر می‌توان سطح سیگما را به دست آورد [۲]. با فرض اینکه μ تا $A\sigma$ تغییر کند.

$$s = A + \left[p - \frac{c_0 + c_1 * p + c_2 * p^2}{1 + d_1 * p + d_2 * p^2 + d_3 * p^3} \right] \quad (7)$$

$$c_0 = 2.515517$$

$$c_1 = 0.802853$$

$$c_2 = 0.010328$$

$$d_1 = 1.432788$$

$$d_2 = 0.119269$$

$$d_3 = 0.001308$$

USL : حد بالای حدود مهندسی (مشتری)

LSL : حد پایین حدود مهندسی (مشتری)

¹ Defect per unit

² Defect per million opportunity

³ opportunities

DPMO : شکست در میلیون فرصت

۳. قابلیت اعتماد

قابلیت اعتماد به عنوان مشخصه‌ای از یک موجود^۱ (چیزی که خلق شده که ممکن است جان‌دار باشد یا بی‌جان، تعمیر پذیر باشد یا تعمیر ناپذیر) عبارتست از احتمال این که موجود کار مورد نظر را تحت شرایط معینی در فاصله زمانی مشخص بدون خرابی انجام دهد [۱۰، ۱۱]. قابلیت اعتماد برای اجزای تعمیرناپذیر مطرح می‌شود، اما برای اجزای تعمیرپذیر از زمان شروع به کار تا اولین شکست قابلیت اعتماد مطرح می‌شود، ولی پس از آن مفهوم قابلیت اعتماد بی‌معنا می‌شود و مفهوم قابلیت دسترسی^۲ مطرح می‌شود، چون علاوه بر مدت زمان کارکرد جز مدت زمان تعمیر جز نیز مطرح می‌شود. قابلیت دسترسی به صورت احتمال اینکه موجود در لحظه‌ای مشخص برای انجام کار معین در شرایط معلوم در دسترس باشد؛ تعریف می‌شود [۱۱].

قابلیت دسترسی برای قطعات تعمیر پذیر بکار می‌رود، در حالی که برای قطعات تعمیر ناپذیر از مفهوم قابلیت اعتماد استفاده می‌شود. بنا بر تعریف، قابلیت اعتماد تابعی از زمان است که بیانگر میزان اعتماد به کارکردن سیستم در فاصله زمانی $(0, t)$ بدون نیاز به تعمیر است. اگر سیستم مورد نیاز در فاصله زمانی $(0, t)$ چندین بار بر اثر خرابی تحت تعمیر قرار گرفته باشد، دیگر میزان قابلیت اعتماد در این فاصله زمانی فقط به زمان‌های خرابی سیستم بستگی ندارد، بلکه مدت زمان تعمیر سیستم پس از هر خرابی به عنوان عاملی در میزان قابلیت اعتماد دخالت دارد. بنابراین میزان قابلیت دسترسی سیستم به عنوان مشخصه‌ای از اندازه اطمینان به در دسترس بودن در زمانی که مورد نیاز است، تعریف شده و عملاً به صورت نسبت زمان‌های کارکرد سیستم به مجموع متوسط زمان کارکرد و متوسط زمان تعمیر محاسبه می‌شود که مقداری است مستقل از متغیر زمان. تابع قابلیت دسترسی اغلب در مورد سیستمی مطالعه می‌شود که فقط می‌تواند در یکی از دو حالت کارکردن یا کار نکردن به دلیل تعمیر یا بازدید باشد [۱۱، ۱۲].

۱.۳. تعریف قابلیت اعتماد موجودات تعمیرناپذیر

قابلیت اعتماد احتمال کار کردن صحیح یک موجود در بازه زمانی $(0, t)$ با توجه به ماموریت آن.

$$R(t) = p(T > t) = \int_t^{\infty} f_T(t) dt \quad (8)$$

$f_T(t)$: تابع چگالی

۲.۳. نرخ شکست یا نرخ خرابی^۳

متوقف شدن توانایی موجود برای انجام کار معین تحت شرایط لازم را خرابی گوئیم. به عبارت دیگر گوئیم موجود خراب شده است هرگاه دیگر قادر نباشد کار لازم را تحت شرایط داده شده انجام دهد. نرخ خرابی یا شکست عبارتست از نسبت خرابی قطعات در فاصله زمانی $(t, t+\Delta t)$ وقتی که قطعات تا زمان t سالم باشند برای زمان کوتاه Δt به زبان احتمال [۱۱].

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T < t + \Delta t | T > t)}{\Delta t} \quad (9)$$

اگر قابلیت اعتماد موجود برابر با $R(t)$ باشد آنگاه تابع توزیع موجود برابر:

$$F(T) = p(T \leq t) = 1 - R(t) \quad (10)$$

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t \times R(t)} \quad (11)$$

آنگاه رابطه بین $h(t)$ ، $f(t)$ و $R(t)$ عبارت است از:

¹ Entity: Anything that has real and individual existence in reality or in mind

² Availability

³ Hazard Rate or Failure Rate Function

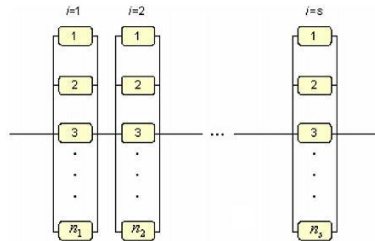
$$h(t) = \frac{f_T(t)}{R(t)} = -\frac{d[\ln(R(t))]}{dt} \quad (12)$$

بنابراین می توان نوشت:

$$R(t) = e^{-\int_0^t h(x)dx} \quad (13)$$

۴. تلفیق قابلیت اعتماد و شش سیگما

سیستم زیر را در نظر بگیرید:



شکل ۴- سیستم سری - موازی

قابلیت اعتماد سیستم فوق را طبق فرمول زیر محاسبه می کنیم [۱۰].

$$R(t) = \prod_{i=1}^m \left[1 - \prod_{j=1}^{n_i} (1 - R_{ij}(t)) \right] \quad (14)$$

بیشینه سازی قابلیت اعتماد طراحی و ساخت سیستم را انجام می دهیم:

$$\max f_1(t) = \max R(t) \quad (15)$$

$$\sum_i \sum_j^{m_i} w_{ij} n_{ij} e^{\frac{n_{ij}}{m_i}} \leq w \quad (16)$$

$$\sum_i \sum_j^{m_i} w_{ij} v_{ij}^2 n_{ij} \leq v \quad (17)$$

$$n_{ij} \in z^+ \quad \forall i = 1, 2, \dots, s \quad \forall j = 1, 2, \dots, n_i \quad (18)$$

$$l_{R_{ij}} \leq R_{ij} \leq u_{R_{ij}} \quad (19)$$

R_{ij} : قابلیت اعتماد جزء j ام در زیر سیستم i ام

w_{ij} : وزن جزء j ام در زیر سیستم i ام

v_{ij} : حجم جزء j ام در زیر سیستم i ام

n_{ij} : تعداد جزء j ام در زیر سیستم i ام

m_i : زیر سیستم i ام

$u_{R_{ij}}$: حد بالای قابلیت اعتماد جزء j ام در زیر سیستم i ام

$l_{R_{ij}}$: حد پایین قابلیت اعتماد جزء j ام در زیر سیستم i ام

با استفاده از قابلیت اعتماد بهینه که از رابطه فوق محاسبه شده است می توان نرخ شکست را مطابق فرمول ۱۲ محاسبه نمود و

سپس تعداد شکست های اتفاق افتاده را به دست آورد و از طریق تعداد شکست ها به موارد زیر می رسمیم:

$$DPU = \frac{h \text{ (تعداد شکست ها)}}{n \text{ (تعداد واحد های چک شده)} * OPP \text{ (فرصت)}}$$

$$DPMO = DPU * 10^6$$

$$p = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(DPU)^2}\right)}$$

با استفاده از داده های فوق و رابطه سطح سیگما می توان سطح سیگما را به دست آورد:

$$s = A + \left[p - \frac{c_0 + c_1 * p + c_2 * p^2}{1 + d_1 * p + d_2 * p^2 + d_3 * p^3} \right]$$

$$c_0 = 2.515517$$

$$c_1 = 0.802853$$

$$c_2 = 0.010328$$

$$d_1 = 1.432788$$

$$d_2 = 0.119269$$

$$d_3 = 0.001308$$

می توان عنوان کرد که در چه سطحی از کیفیت قرار داریم.

۴. نتیجه گیری

در دهه اخیر، موضوع قابلیت اعتماد در مراکز صنعتی و دانشگاهی کشور به صورت کاربردی مطرح شده است. آنچه در این مدت مشخص شده، لزوم فرهنگ سازی و آشنا نمودن کارشناسان با مبحث قابلیت اعتماد است. سیستم های مبتنی بر قابلیت اعتماد در کشورهای صنعتی به طور گسترده در صنایع گوناگون به ویژه صنایع حساس و مهم نظیر صنایع نظامی، خودرو سازی و... استقرار یافته است. از طرفی هم افزایش رضایت مشتری و کاهش نقص ها یک امر مهم و حیاتی در کشورهای صنعتی می باشد و در این مقاله تلاش بر این بوده است که این دو موضوع مهم را در کنار هم قرار دهد و بسیاری از نگرانی ها را از بین ببرد. با کنار هم قرار دادن کنترل کیفیت و قابلیت اعتماد می توان نگرانی های موجود در مورد محصول را از بین برد، از طرفی این موضوع برای اولین بار بررسی می شود. بنابراین می توان با تلفیق شش سیگما و قابلیت اعتماد در مراحل طراحی و ساخت محصول علاوه بر اینکه میزان کیفیت محصول را بالا برد، از بسیاری از هزینه های اضافه در مراحل یاد شده جلوگیری نمود. با پیشینه سازی قابلیت اعتماد محصول با توجه به محدودیت های وزن و حجم مشخص می شود که در چه سطحی از کیفیت قرار داریم و برای افزایش سطح کیفیت محصولات باید میزان قابلیت اعتماد محصول به چه مقدار باشد و در واقع می توان مشاهده کرد با افزایش قابلیت اعتماد محصول کیفیت افزایش می یابد.

۵. منابع

۱. نخکوب، مسعود؛ نظریه قابلیت اعتماد، (پایایی)، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ۱۳۸۱.
2. Kumar, U. D., Crocker, J., Chitra, T., & Saranga, H. (2006). *Reliability and six sigma*. Springer Science & Business Media.
۳. نورالسنا، رسول، صالحی پور، امیر، سقایی، عباس؛ شش سیگما چیست؟ (جلد اول: شش سیگما چیست؟)، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ویرایش اول، ۱۳۸۳.

4. shahin,A. (2005),”Six Sigma breakthrough strategy : an overview of a new advance quality engineering technique” , Ravesh Magazine,NO.70,pp.59-61
۵. نورالسنا، رسول، کنترل کیفیت آماری (شماره ۲۳۵)، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
6. Pande, P. S., Holpp, L., & Pande, P. (2002). *What is six sigma?* (Vol. 1). New York, NY: McGraw-Hill.
7. Schroeder, R. G., Linderman, K., Zaheer, S., & Choo, A. S. (2004). Six sigma: A goal-theoretic perspective. *Quality control and applied statistics*, 49(1), 49-50.
8. Gladwin,B.; "Six Sigma and Simulation ",http://www.promodel.com/pdf/White%20Paper_Simulation_Enhances_Six_Sigma.pdf [Accessed: 15-Jun-2015].
9. Blakeslee Jr, J. A. (1999). Implementing the six sigma solution. *Quality progress*, 32(7), 77.
۱۰. رضاییان، محسن، ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های مهندسی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران، ۱۳۷۹.
11. Zoulfaghari, H., Hamadani, A. Z., & Ardakan, M. A. (2015, March). Multi-objective availability optimization of a system with repairable and non-repairable components. In *Industrial Engineering and Operations Management (IEOM), 2015 International Conference on* (pp. 1-6). IEEE.
12. Barlow, R. E., & Proschan, F. (1967). *Mathematical theory of reliability* john wiley & sons. Inc., New York.