

کنترل فرآیند گسسته در شرکت محور سازان ایران خودرو با رویکرد فازی

مهدی عباسی^۱، عباس ابراهیمی^{۲*}، علی جمالی^۳

۱. کارشناس ارشد بخش منابع انسانی و بهره‌وری شرکت ایساکو، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت، ایران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۵/۱۹، تاریخ تصویب: ۱۳۸۷/۹/۳)

چکیده

امروزه کنترل فرآیند آماری نقش مهمی را در بررسی و کنترل دقیق کیفیت محصولات ایفا می‌کند. بدین منظور روشهای متعددی نیز برای انجام این فرآیند مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما از آنجایی که در نمودارهای کنترل گسسته، غالب اطلاعات در دسترس، به صورت ترم‌های زبانی می‌باشند که مبهم و نادقیقند، بنابراین در اکثر مواقع تشخیص و تعیین مقادیر به صورت کمی بسیار مشکل است. در این مقاله علاوه بر کمی نمودن ترم‌های زبانی با استفاده از خواص مجموعه‌های فازی، روشی جهت کنترل فرآیند گسسته ارائه می‌گردد.

در این تحقیق که به صورت مطالعه موردی در شرکت محور سازان ایران خودرو صورت گرفته است، نمودارهای کنترل فازی پیشنهاد شده بوسیله ونگ و رز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در شرایطی که ناچار به استفاده از متغیرهای زبانی هستیم، نمودارهای کنترل فازی گزارش دقیق‌تر و مناسب‌تری از فرآیند را نسبت به نمودارهای کنترل کلاسیک ارائه می‌دهد. این روش به ویژه در زمانی که فرآیند از کنترل خارج می‌گردد، سریع‌تر هشدار داده و وجود یک حالت غیر عادی در فرآیند را نشان می‌دهد. تعداد واژه‌های زبانی مورد استفاده برای بیان سطح کیفیت محصول بر روی دقت و حساسیت نمودارهای کنترل موثر است و هر چه تعداد واژه‌های زبانی مورد استفاده برای بیان سطح کیفیت محصول نیز بیشتر باشد، احتمال رسم یک نقطه در فاصله بین حدود کنترل یا احتمال خطای نوع دوم کمتر می‌شود.

واژه‌های کلیدی:

۱. مقدمه

کیفیت یعنی شایستگی جهت استفاده، و در دنیای صنعتی میزانی است که یک محصول یا کالا انتظارات و رضایت مصرف کننده خود را برآورده می‌سازد و هرچه این انتظارات با رضایت بهتر و بیشتر برآورده شود، می‌گویند کالا دارای کیفیت بهتری است. بنابراین هنگامی که این شرایط تغییر می‌یابد لازم است کیفیت در جهت تامین نیازهای بازار تغییر نماید.

از آنجاییکه رقابت در اقتصاد جهانی در طی دهه‌های اخیر فشار فزاینده‌ای را بر شرکت‌های تولیدی از نقطه نظر کیفیت وارد نموده است، شرکت‌ها مقدار قابل ملاحظه‌ای از منابع خود را برای برنامه‌های بهبود کیفیت اختصاص داده‌اند. کوشش‌ها در زمینه برنامه‌های تضمین کیفیت تا آنجا ادامه پیدا کرد که بازرسی صد در صد حذف شد و ضایعات و دوباره کاری محصول نهایی کاهش قابل ملاحظه‌ای پیدا کرد [۲ و ۸]. در این بین موثرترین راهی که تاکنون برای کنترل کیفیت محصولات پیدا شده است، روش‌های آماری می‌باشد با توجه به این که تغییرپذیری یک پدیده دائمی و جزء لاینفک همه محصولات است و مشخصه کیفی هر محصول تغییر می‌کند، روش‌های آماری موثرترین وسیله بررسی و کنترل این تغییرات است. مادامی که از مواد، افراد، روش‌ها و ماشین‌ها برای تولید استفاده می‌شود، مشکل تغییر کیفیت وجود خواهد داشت و مادامی که این مشکل وجود داشته باشد، روش‌های آماری کنترل کیفیت نیز لازم می‌شود. [۲]. ابراز اصلی برای بکارگیری برنامه‌های بهبود کیفیت از نظر تاریخی تکنیک‌های کنترل فرآیند آماری (SPC) و برنامه‌های بهبود فرآیند می‌باشند. فرآیند SPC از مشاهده، ارزیابی، تشخیص، تصمیم و اجرا تشکیل شده است. در مرحله ارزیابی نمودار کنترل شوهارت یک مدل آماری است که نشان می‌دهد زمانی که فرآیند تحت کنترل است، داده‌ها چه وضعیتی دارند [۲، ۹ و ۱۱]. نظریه مجموعه‌های فازی، توصیف کننده (متغیرهای) زبانی طبیعی ذهنی را مورد حمایت قرار داده و روشی فراهم می‌کند تا به این متغیرها اجازه دهد که به فرآیند مدل‌بندی وارد شوند [۱ و ۵]. کمک اصلی نظریه مجموعه‌های فازی قابلیت آن در نمایش داده‌های مبهم می‌باشد. با کمک نظریه مجموعه‌های فازی، انعطاف‌پذیری سیستم ارتقا پیدا می‌کند [۲ و ۳]. همچنین در مرحله بازرسی نهایی محصول از آنجا که اپراتور بازرسی هیچ مبنا (عدد و رقم) خاصی برای اندازه‌گیری ندارد، پذیرش یا رد محصول نهایی به حواس شخصی او بستگی زیادی خواهد داشت. مسأله مهم دیگری که

در اینجا پیش می‌آید این است که باید یک الگوی مناسب و استاندارد طراحی گردد تا هر محصولی که مورد آزمایش قرار می‌گیرد، با توجه به ویژگی‌هایی که خواهد داشت، در یک طبقه کیفیتی قرار گیرد [۲]. این الگو باید حاوی کلیه ویژگی‌های محصولات بوده و بتواند هر نوع محصول با هر ویژگی‌هایی که داشته باشد را در خود جای دهد. این الگوی استاندارد باعث خواهد شد تا مواردی از قبیل تغییر اپراتور کنترل کیفیت، تغییر شیفت کاری، خستگی کارکنان واحد کنترل کیفیت و امثالهم تاثیری بر روی تصمیم رد یا پذیرش محصول نداشته و یا اینکه تاثیر بسیار کم و ناچیزی داشته باشد [۴ و ۶ و ۱۱]. همچنین کنترل کیفیت یک محصول تا حد زیادی به دقت ابزار و وسایل به کار گرفته شده برای اندازه‌گیری‌ها و آزمایش‌های مربوط به محصول بستگی دارد [۵].

۲. اهداف تحقیق

هدف اصلی از انجام این تحقیق، عبارتست از: استفاده از منطق فازی برای اندازه‌گیری کنترل فرآیند گسسته در شرکت محورسازان ایران خودرو
هدف فرعی این تحقیق نیز عبارتست از: "کاهش زمان مورد نیاز برای پی بردن به حالت غیر عادی در فرآیند"

۳. سوالات تحقیق

- به منظور تحقق اهداف فوق، سوالات زیر مطرح می‌گردد:
- استفاده از منطق فازی در نمودارهای کنترل چه تاثیری بر احتمال خطای نوع دوم خواهد داشت؟
 - نمودارهای کنترل ترسیم شده به روش‌های کلاسیک و فازی چه تفاوت‌هایی با هم خواهند داشت؟
 - منطق فازی چه تاثیری بر روی حدود کنترل در نمودارهای کنترل خواهد داشت؟

۴. روش تحقیق

تحقیق حاضر از لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ شیوه جمع آوری داده‌ها توصیفی پیمایشی و ریاضی می‌باشد. برای انجام این تحقیق، خط تولیدی کرانویل و پینیون کارخانه انتخاب شده و ایستگاه تست صدا و تست رنگ آن در مرحله بازرسی نهایی مورد بررسی

قرار گرفته است. برای انجام این تحقیق ۷۵۰ نمونه گیری در سه شیفت فعالیت کاری در خط تولیدی کرانویل و پینیون و در ۳۰ روز کاری صورت گرفت. شیوه تحلیل داده‌ها نیز به این صورت است که پس از گردآوری داده‌ها، نمودارهای کنترل برای داده‌های وصفی (نمودار کنترل P) به صورت کلاسیک، احتمالی و فازی (به همان طریقی که بوسیله ونگ و رز پیشنهاد شده‌اند) رسم شده است و بین آنها مقایسه صورت گرفته است. برای رسم نمودارهای کنترل از نرم افزارهای کنترل کیفیت موجود در بازار استفاده شده است. مهمترین نرم افزارهایی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته اند، عبارتند از: Excel و Matlab، MiniTab.

۵. ادبیات و پیشینه تحقیق

۵-۱. پیشینه تحقیق

تاریخچه استفاده از منطق فازی در کیفیت به زمانی برمی گردد که کاربردهای منطق فازی گسترش یافت. با توسعه تئوری فازی در ۳ شاخه از مدیریت کیفیت شامل طرح‌های نمونه گیری جهت پذیرش، کنترل فرآیند آماری، مسایل عمومی مدیریت کیفیت شروع به رشد کرد. در زمینه کنترل فرآیند آماری (SPC) استفاده از تئوری فازی در سال ۱۹۸۳ آغاز شد. در این سال برادشاو از مجموعه‌های فازی برای تحلیل میزان مرغوبیت محصول درجه بندی شده از نظر کیفیت استفاده نمود. وی بر امتیاز حدود تعیین شده در نمودارهای کنترل فازی نسبت به نمودارهای کنترل سنتی تاکید داشت. در نگاره (۱) شرح کاملی از تحقیقات خارجی و داخلی انجام شده در این حوزه را ملاحظه می کنید [۷]

نگاره ۱. تحقیقات خارجی و داخلی انجام شده

سال / محقق	عنوان تحقیقات	روش یا تکنیک	نتایج
۱۹۹۰ - ونگ و رز	معرفی نمودارهای کنترل بر پایه متغیرهای زبانی	استفاده از چهار روش مد فازی، میانه فازی، میانگین فازی و عدد وسط سطح	ارائه روش اول و ننگ و رز برای تعیین حدود کنترل و نقاط نمودارهای کنترل
۱۹۹۰ - ونگ و رز	روش‌های عضویت و احتمالی در طراحی نمودارهای کنترل برای داده‌های زبانی	نمودارهای کنترل فازی	ارائه روش دوم و ننگ و رز برای تعیین حدود کنترل و نقاط نمودارهای کنترل
۱۹۹۳ - کاناگوا و همکارانش	روشی برای کنترل میانگین و واریانس فرآیند	استفاده از توابع چگالی برای کنترل	تهیه نمودارهای کنترل مبتنی بر توابع چگالی احتمالی که در پس متغیرهای زبانی قرار دارند،
۱۹۹۵ - ونگ و چن	راه حلی برای طراحی اقتصادی نمودارهای کنترل	حداقل کردن هزینه از دست رفته مورد انتظار	طراحی مدل برنامه‌ریزی فازی
۲۰۰۲ - تالب و لیمام	نمودارهای کنترل احتمالی و فازی و تاثیر میزان فازی بودن توابع عضویت بر نمودارهای کنترل	نمودارهای کنترل احتمالی و فازی	هر چه تابع عضویت ابهام بیشتری داشته باشد، قابلیت آن در بیان وضعیت فرآیند بیشتر است.
۲۰۰۴ - ارتوگوال	بررسی و مقایسه نمودارهای کنترل به روش مارکوفی و روش فازی در یک کارخانه تولید کاشی	روش مارکوفی و روش فازی	تایید یافته‌های ونگ و رز در این زمینه
۱۳۸۱ - علیرضا رشید نژاد	بررسی و اصلاح فرآیند تولید در شرکت تولیدی ایران کمبر	کنترل فرآیند آماری (SPC)، طراحی آزمایشها (DOE) و تجزیه و تحلیل خرابی و آثار آن (FMEA)	آثار خرابی بر روی فرآیند تولید، با استفاده از طراحی آزمایشها، فرآیند تولید مورد اصلاح قرار گرفت
۱۳۸۲ - نازک نوبری	معرفی و مقایسه کنترل کیفیت فازی و کلاسیک	استفاده از شاخص میانه و معرفی ۶ نوع تابع عضویت	ویژگیهای بهترین الگو برای تشخیص جایگاه کیفی محصول را تعیین
۱۳۸۲ - علیرضا فراز	مطالعه روشهای کنترل کیفیت چند متغیره	مطالعه نمودار کنترل T^2	توان نمودار کنترل T^2 تنها به نسبت دترمینانهای ماتریس واریانس خارج از کنترل و تحت کنترل بستگی دارد.
۱۳۸۳ - امیر عباس معصومی	در تحقیقی با عنوان کنترل هوشمند و داده‌کاوی به روش عصبی - فازی در مدیریت کیفیت با استفاده از شبکه ANFIS	طبقه‌بندی دو الگوی غیر طبیعی در نمودارهای کنترل کیفیت	شناسایی دو الگوی روند و نقاط خارج از کنترل و نتیجه این که با استفاده از این روش می‌توان ضریب اطمینان سیستم‌های کنترل کیفیت را بخصوص در زمینه نمودارهای کنترل تا حد زیادی افزایش داد.
۱۳۸۴ - مینا لغوی	بررسی کاربرد نظریه فازی - فراکتال در کنترل کیفیت		استفاده همزمان از تئوری‌های فازی و فراکتال باعث افزایش کارایی کنترل کیفیت می‌گردد.
۱۳۸۴ - رمضانعلی سلمانی	ارزیابی نقش کنترل فرآیند آماری در کاهش تغییر پذیری فرآیند		نمودارهای کنترل با ارائه هشدار در هنگام ایجاد تغییر در فرآیند نقش مهمی را در کاهش تغییرات بادلیل (خاص) در فرآیند ایفا می‌کند.

۵-۲. ادبیات تحقیق

۵-۲-۱. کنترل فرایند آماری

کنترل کیفیت مجموعه‌ای از عملیاتی (برنامه‌ریزی، هماهنگی و اجرا) است که جهت نگهداری و یا بهبود کیفیت و تولید در سطح بسیار اقتصادی انجام می‌شود. هدف کنترل کیفیت آماری بهبود کیفیت فرآیند می‌باشد. امروزه بهبود کیفیت بعنوان استراتژی تجاری مطرح می‌گردد. بدین منظور یکی از مهمترین و بهترین روشهایی که مورد استفاده قرار می‌گیرد، کنترل فرآیند آماری است. *SPC* روشی است که از تکنیک‌های آماری برای اندازه‌گیری، تفسیر و نهایتاً کنترل کیفیت محصول استفاده می‌کند [۱۲ و ۹ و ۶]. کنترل فرآیند آماری کمک می‌کند تا فرآیند تحت کنترل قرار گیرد و بدین منظور از ابزارهایی استفاده می‌کند که مهمترین آنها نمودارهای کنترل است. یک نمودار کنترل مهمترین ابزاری است که می‌تواند اختلاف بین تغییرات تصادفی و تغییرات غیرعادی را تشخیص داده و تعیین کند که فرآیند تحت کنترل و یا خارج از کنترل است. بطور عمومی، نمودارهای کنترل از یک خط مرکزی (*CL*)، یک حد کنترل پائین (*LCL*) و یک حد کنترل بالا (*UCL*) تشکیل شده است. نمودارهای کنترل را به دو دسته عمده نمودارهای کنترل برای مشخصه‌های متغیر و نمودارهای کنترل برای مشخصه‌های وصفی می‌توان تقسیم نمود. مهمترین نمودار کنترل برای مشخصه‌های متغیر نمودار \bar{X} و R و مهمترین نمودار کنترل برای مشخصه‌های وصفی نمودارهای p و np ، نمودار C و نمودار U می‌باشد که به آن کنترل فرایند گسسته اطلاق می‌شود. ما در این تحقیق نمودار کنترل p را مورد استفاده قرار داده‌ایم [۲ و ۱۱ و ۶].

۵-۲-۲. روش فازی (ونگ و رز)

مدل ونگ و رز دارای چند مرحله است که در آن پس از تبدیل هر زیر مجموعه به ارزش‌های معرف، از دو روش احتمالی فازی و روش عضویت استفاده می‌شود [۵ و ۱۲ و ۶ و ۷]. ونگ و رز این روش را به این دلیل روش احتمالی نامگذاری کردند که حدود کنترل در این روش بر مبنای احتمال بدست می‌آیند. روش احتمالی شامل گام‌های زیر می‌باشد [۱۳ و ۷ و ۹]:

گام اول- هر یک از زیر مجموعه‌های فازی F_i که به یک واژه زبانی L_i مرتبط می‌شود، بوسیله یکی از روش‌های تبدیل (مد فازی، میانه فازی، میان دامنه فازی و میانگین فازی)، به ارزش معرف r_i تبدیل می‌شود.

گام دوم- برای هر نمونه (نمونه j ام)، میانگین نمونه (M_j) را به صورت میانگین ارزش‌های معرف n مشاهده در آن نمونه بدست می‌آوریم:

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^t k_{ij} r_i}{n} = \frac{(k_{1j} r_1 + k_{2j} r_2 + \dots + k_{tj} r_t)}{n} \quad (1)$$

گام سوم- برای هر نمونه (نمونه j ام)، انحراف استاندارد را به عنوان انحراف استاندارد ارزش‌های معرف از مشاهدات در نمونه j ام محاسبه می‌کنیم:

$$SD_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^t k_{ij} (r_i - M_j)^2} \quad (2)$$

گام چهارم- خط مرکزی (CL) به عنوان میانگین جامع میانگین‌های نمونه (M_j)، بدین صورت محاسبه می‌گردد:

$$CL = \frac{\sum_{j=1}^m M_j}{m} = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^t k_{ij} r_i}{mn} \quad (3)$$

گام پنجم- میانگین انحراف استاندارد m نمونه (MSD) از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$MSD = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m SD_j \quad (4)$$

گام ششم- از آنجا که نقاط مشخص شده بر روی نمودار، میانگین‌های ارزش‌های معرف هستند، این نقاط باید در دامنه $[L_i]$ واقع شوند. در نتیجه با فرض اینکه توزیع نمونه‌گیری تقریباً نرمال است و یا اندازه نمونه (n) نسبتاً بزرگ (بزرگتر از ۲۵) است، با کاربرد فرمول‌های استاندارد نمودارهای کنترل متغیرها، حدود کنترل به صورت زیر بدست می‌آیند:

$$\begin{aligned} LCL &= \text{Max} \{ 0, (CL - A_3 M SD) \} \\ UCL &= \text{Min} \{ 1, (CL + A_3 M SD) \} \end{aligned} \quad (5)$$

که در این روابط داریم:

$$A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}}, \quad c_4 = \left(\frac{2}{n-1}\right)^{\frac{1}{2}} \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)}, \quad c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3} \quad (6)$$

روش عضویت را نیز می توان به این شکل توضیح داد. مجموعه فازی محدب A را در نظر بگیرد. انحراف از میانگین مجموعه فازی A که آنرا با $\sigma(A)$ نشان می دهیم، به صورت مجموع انحراف از میانگین چپ $(\sigma_l(A))$ و انحراف از میانگین راست $(\sigma_r(A))$ تعریف می شود و از طریق رابطه ۷ محاسبه می شود [۷ و ۸ و ۱۰ و ۱۱]. در روابط فوق انحراف از میانگین چپ $(\sigma_l(A))$ و انحراف از میانگین راست $(\sigma_r(A))$ به ترتیب برابر با نواحی تحت تابع عضویت چپ و راست مد (x_m) می باشند.

$$\sigma(A) = \sigma_l(A) + \sigma_r(A)$$

$$\sigma(A) = \int_{\alpha=0}^1 [x_m - x_l(\alpha)] d\alpha + \int_{\alpha=0}^1 [x_r(\alpha) - x_m] d\alpha \quad (7)$$

$$\sigma(A) = \int_{\alpha=0}^1 [x_r(\alpha) - x_l(\alpha)] d\alpha$$

به طور کلی گام های رسم نمودارهای کنترل بر اساس روش عضویت عبارتند از:

گام اول- زیر مجموعه فازی (MF_j) مرتبط با میانگین هر نمونه به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$MF_j = \frac{(k_{1j}F_1 + k_{2j}F_2 + \dots + k_{ij}F_i)}{n} \quad (8)$$

گام دوم- میانگین جامع m نمونه در دسترس اولیه (CMF) به صورت متوسط میانگین های نمونه محاسبه می گردد:

$$GMF = \frac{\sum_{j=1}^m MF_j}{m} \quad (9)$$

این عملیات بر روی زیر مجموعه های فازی انجام شده و نتیجه آن یک زیر مجموعه فازی است.

گام سوم- خط مرکزی در این روش از طریق رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$CL = \bar{M}_j = \frac{\sum_{j=1}^m M_j}{m} \quad (10)$$

که در این رابطه M_j میانگین نمونه j ام، \bar{M}_j متوسط کل میانگین نمونه‌ها و m تعداد نمونه‌های در دسترس اولیه می‌باشد:

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^m k_{ij} r_i}{n_j}, \quad i = 1, 2, \dots, t \quad (11)$$

در رابطه فوق نیز، k_{ij} تعداد محصولات طبقه‌بندی شده در گروه متغیر زبانی L_i در نمونه j ام، r_i ارزش معرف فازی متغیر زبانی i ام و n_j اندازه نمونه j ام می‌باشد.

گام چهارم - انحراف از میانگین زیر مجموعه فازی GMF نیز طبق رابطه ۷ محاسبه می‌گردد.

گام پنجم - سپس ضریب k باید مشخص گردد. این ضریب نشان دهنده مقدار انحراف از میانگین $\sigma(GMF)$ از خط مرکزی است که حدود کنترل در آن فاصله باید رسم گردند. بمنظور حفظ ارتباط با نمودارهای کنترل کلاسیک حدود کنترل باید به گونه‌ای رسم شوند که زمانیکه فرآیند تحت کنترل است، احتمال وقوع یک نقطه در خارج از حدود کنترل (احتمال خطای نوع اول) برابر با مقدار از پیش تعیین شده ۰/۰۰۲۷ باشد. از آنجا که توزیع نمونه‌گیری با داده‌های زبانی، چند جمله‌ای است و توزیع ارزش معرف MF_j را نمی‌توان به جز برخی موارد جزئی مشخص نمود، برای پیدا کردن مقدار k ای که احتمال خطای نوع اول از پیش تعیین شده را بدست می‌دهد، از شبیه‌سازی مونت- کارلو استفاده می‌کنیم.

گام ششم - نهایتاً مقادیر حدود کنترل محاسبه می‌شوند، که این حدود کنترل و همچنین ارزش معرف نقاط مربوط به هر نمونه در دامنه [۰،۱] قرار می‌گیرد. بنابراین برای حدود کنترل خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} LCL &= \text{Max}\{0, (CL - k\delta(GMF))\} \\ UCL &= \text{Min}\{1, (CL + k\delta(GMF))\} \end{aligned} \quad (12)$$

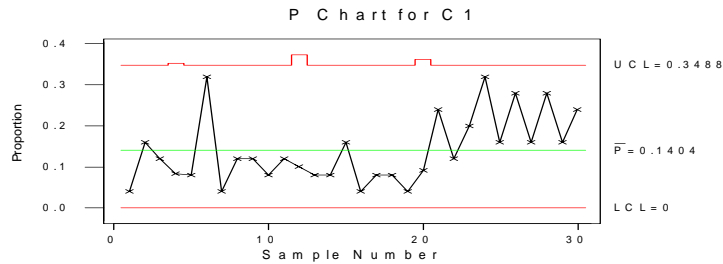
۶. گردآوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

همانطور که گفته شد در مجموع تعداد ۷۵۰ مشاهده برای این تحقیق انتخاب شده است. فرم‌های خاصی برای جمع آوری و ثبت داده‌ها وجود داشت که هر روز نمونه‌ها بازرسی شده و نتایج مربوط به نمونه‌ها در این فرم‌ها ثبت و ضبط می‌گردید. بدین صورت که هر محصول ابتدا با توجه به قواعد نمودارهای کنترل کلاسیک مورد بررسی قرار می‌گرفت و در دسته منطبق و یا نامنطبق قرار می‌گرفت. بدین صورت که در ایستگاه تست صدا، چرخ دنده‌های کرانویل و پینیون تولید شده، مورد بازرسی قرار گرفته و نویز و کوبش آن در ۳ ناحیه مورد بررسی قرار گرفت که این ۳ ناحیه عبارتند از: ناحیه Drive، ناحیه صفر و ناحیه Over Drive. اگر نویز و یا کوبش آن بالا باشد، آنرا با حرف H نشان می‌دهیم. اگر نویز و یا کوبش آن در حد متوسط باشد، آنرا با حرف M و اگر نویز و یا کوبش آن در حد پایین باشد، آنرا با حرف L نشان می‌دهیم. حالت‌هایی که ممکن است پیش آید که محصول تولیدی رد یا پذیرش شود (منطبق و یا نامنطبق شناخته شود)، در نگاره ۲ آمده است.

نگاره ۲. حالات مربوط به پذیرش و رد محصول در ایستگاه تست صدا

ناحیه	Drive		0		Over Drive	
	پذیرش	رد	پذیرش	رد	پذیرش	رد
Noise	L-M	H	L-M	H	L	H-M
Knocking	L-M	H	L-M	H	L-M	H

سپس همین محصولات با توجه به قواعد اگر-آنگاه فازی به ۴ دسته تقسیم می‌شدند. داده‌های جمع آوری شده برای رسم نمودار کنترل کلاسیک دارای توزیع دوجمله‌ای می‌باشند، زیرا هر داده دارای یکی از دو حالت منطبق و یا نامنطبق می‌باشد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا نمودارهای کنترل کلاسیک و سپس نمودارهای کنترل احتمالی و فازی رسم شدند. در نهایت با رسم نمودارهای کنترل و استفاده از خطای نوع دوم، نمودارهای کنترل ذکر شده با هم مقایسه و نتیجه گیری صورت گرفته است. نمودار کنترل کلاسیک را در نمودار (۱) ملاحظه می‌فرمایید.



نمودار ۱. نمودار کنترل کلاسیک

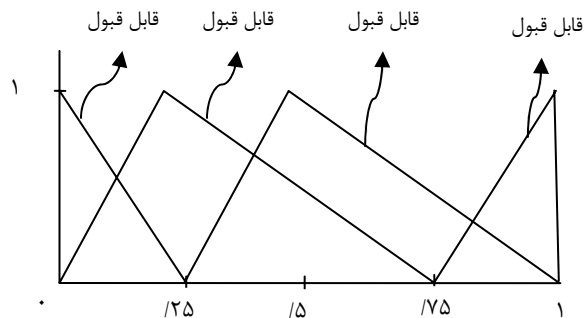
پس از رسم نمودار کنترل برای نسبت اقلام معیوب (نمودار P) به روش کلاسیک، خطای نوع دوم و متوسط طول دنباله (ARL) را برای نمونه‌های جمع آوری شده محاسبه شده است.

$$P(\text{Type II Error}) = P(\hat{p} < UCL | \bar{p}) - P(\hat{p} < LCL | \bar{p}) = P(D < nUCL | \bar{p}) - P(D < nLCL | \bar{p})$$

$$P(\text{Type II Error}) = \sum_{D=0}^{10} \binom{30}{D} (0.1404)^D (0.8596)^{30-D} \Rightarrow P(\text{Type II Error}) = 0.986$$

$$ARL = \frac{1}{1 - \beta} = \frac{1}{1 - 0.986} = 71.42$$

به عبارت دیگر بطور متوسط حدود ۷۱ نمونه مورد نیاز است تا یک نقطه خارج از کنترل رسم گردد و فرایند خارج از کنترل اعلام گردد. اگر در حال حاضر فرض نماییم که در خط تولید کارخانه هر یک ساعت یک نمونه ۲۵ تایی تهیه می‌گردد، بطور متوسط حدود ۷۱ ساعت طول خواهد کشید که به وجود تغییر در فرایند پی برده شود. برای رسم نمودارهای کنترل فازی، کیفیت قطعات تولید شده در ۴ گروه (واژه زبانی) طبقه بندی شده است که این ۴ گروه عبارتند از: استاندارد، درجه ۲، درجه ۳ و غیر قابل قبول. هر واژه زبانی با یک زیر مجموعه فازی در ارتباط بوده و با یک تابع عضویت نمایش داده می‌شود. برای هر زیر مجموعه فازی نیز یک مجموعه تابع عضویت با مورد استفاده قرار گرفته که در شکل ۲ نشان داده شده است. سپس برای محاسبه مقادیر ارزش‌های معرف از روش تبدیل میانه فازی استفاده شده است. در نگاره (۳) نتایج محاسبه میانه فازی برای مجموعه تابع عضویت آمده است:



نمودار ۲. طیف استاندارد چهارتایی برای فرآیند خط تولید کرانویل و پینیون

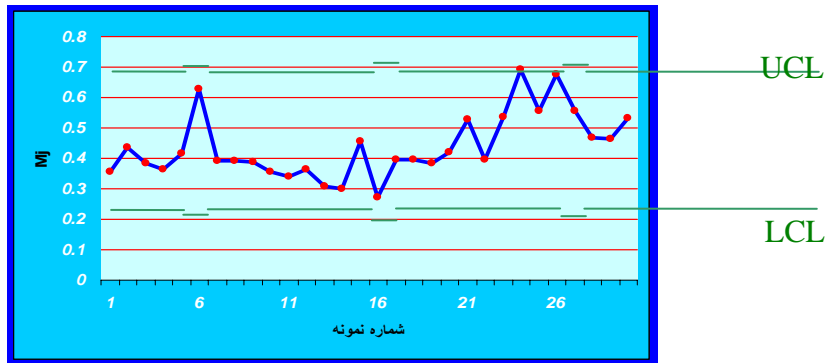
نگاره ۳. ارزش‌های معرف واژه‌های زبانی برای دو مجموعه

واژه زبانی	استاندارد	درجه ۲	درجه ۳	غیر قابل قبول
میانه فازی	۱۰۷۳	۳۱۱	۷۵	۹۲۷

روش احتمالی: محاسبات مربوط به مقادیر M_j ، SD_j ، LCL و UCL در روش احتمالی در نگاره (۴) آمده است. مقدار CL نیز با استفاده از رابطه شماره ۳ برابر است با: ۰/۴۳۸. همچنین نمودار مربوط به این روش نیز در نمودار شماره (۳) آمده است.

نگاره ۴. نتایج استفاده از روش احتمالی فازی

نمونه	دنباله چپ	مد	دنباله راست	میان فازی	نمونه	دنباله چپ	مد	دنباله راست	میان فازی
۱	0.357	0.265	0.247	0.629	۱۶	0.273	0.282	0.247	0.629
۲	0.437	0.355	0.247	0.629	۱۷	0.396	0.338	0.247	0.629
۳	0.385	0.340	0.247	0.629	۱۸	0.397	0.318	0.247	0.629
۴	0.364	0.307	0.243	0.633	۱۹	0.382	0.293	0.247	0.629
۵	0.416	0.304	0.247	0.629	۲۰	0.422	0.307	0.234	0.642
۶	0.628	0.322	0.247	0.629	۲۱	0.526	0.323	0.247	0.629
۷	0.392	0.286	0.247	0.629	۲۲	0.396	0.314	0.247	0.629
۸	0.394	0.353	0.247	0.629	۲۳	0.537	0.316	0.247	0.629
۹	0.388	0.300	0.247	0.629	۲۴	0.690	0.283	0.247	0.629
۱۰	0.354	0.284	0.247	0.629	۲۵	0.557	0.296	0.247	0.629
۱۱	0.341	0.327	0.247	0.629	۲۶	0.675	0.271	0.247	0.629
۱۲	0.365	0.318	0.224	0.652	۲۷	0.555	0.318	0.247	0.629
۱۳	0.307	0.307	0.247	0.629	۲۸	0.468	0.372	0.247	0.629
۱۴	0.299	0.290	0.247	0.629	۲۹	0.464	0.352	0.247	0.629
۱۵	0.455	0.360	0.247	0.629	۳۰	0.533	0.353	0.247	0.629
		MSD	0.315						



نمودار ۳. نمودار کنترل احتمالی فازی

نگاره ۵. مقادیر حد پایین و حد بالای تابع عضویت

واژه زبانی	استاندارد	درجه ۲	درجه ۳	غیر قابل قبول
حد پایین	۰	۰	۰/۲۵	۰/۷۵
حد بالا	۰/۲۵	۰/۷۵	۱	۱

روش عضویت: نتایج مربوط به این روش در نگاره (۶) آمده است. زیر مجموعه‌های فازی مرتبط با واژه‌های زبانی همگی مثلثی هستند. نتایج در نگاره (۶) ارائه شده است. سپس تابع عضویت GMF محاسبه شده، که محاسبات آن در ادامه آمده است. در نتیجه $\sigma(GMF)$ طبق رابطه ۷ محاسبه گردیده و مقدار آن برابر است با: $۰/۲۵۹$. سپس برای محاسبه مقدار k از شبیه سازی مونت کارلو استفاده شده است که مقدار k بطور تقریبی معادل $۰/۸$ بدست آمده است. مقدار LCL و UCL مطابق نگاره (۷) خواهد بود.

$$(0.172, 0.330, 0.691) = \begin{cases} 0 & x \leq 0.172 \\ 6.329x - 1.089 & 0.172 \leq x \leq 0.330 \\ 1.914 - 2.77x & 0.330 \leq x \leq 0.691 \\ 0 & x \geq 0.691 \end{cases}$$

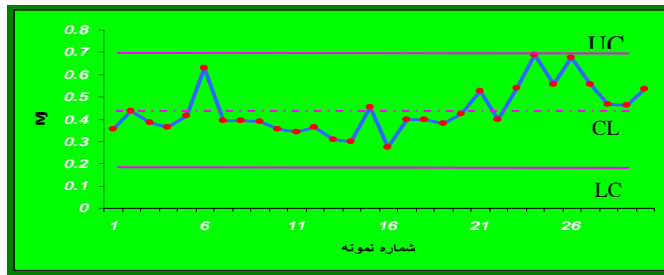
نگاره ۶. پارامترهای مربوط به زیر مجموعه فازی برای هر نمونه

نمونه	سمت چپ	مد	سمت راست	میان فازی	نمونه	سمت چپ	مد	سمت راست	میان فازی
۱	۰.۰۸	۰.۲۷	۰.۶۷	۰.۳۵۷	۱۶	۰.۰۷	۰.۳۱۱	۰.۵۲	۰.۲۷۳
۲	۰.۱۹	۰.۳۳۹	۰.۶۶	۰.۴۳۷	۱۷	۰.۱۴	۰.۳۹۲	۰.۶۳	۰.۳۹۶
۳	۰.۱۵	۰.۲۹۲	۰.۶۴	۰.۳۸۵	۱۸	۰.۱۳	۰.۳۹۶	۰.۶۶	۰.۳۹۷
۴	۰.۱۱	۰.۲۷۷	۰.۶۳۵	۰.۳۶۴	۱۹	۰.۱	۰.۲۸۳	۰.۶۷	۰.۳۸۲
۵	۰.۱۳	۰.۳۱	۰.۷	۰.۴۱۶	۲۰	۰.۱۴۶	۰.۳۱۵	۰.۷۰۴	۰.۴۲۳
۶	۰.۲۳	۰.۴۷۳	۰.۸۴	۰.۶۲۸	۲۱	۰.۲۴	۰.۴۰۲	۰.۷۹	۰.۵۲۶
۷	۰.۱	۰.۲۹	۰.۶۹	۰.۳۹۲	۲۲	۰.۱۴	۰.۳۰۳	۰.۶۷	۰.۳۹۶
۸	۰.۱۶	۰.۲۹۵	۰.۶۱	۰.۳۹۴	۲۳	۰.۲۳	۰.۴۰۲	۰.۸	۰.۵۳۷
۹	۰.۱۳	۰.۳	۰.۶۸	۰.۳۸۸	۲۴	۰.۳۶	۰.۵۰۹	۰.۸۹	۰.۶۹
۱۰	۰.۱	۰.۲۷۳	۰.۶۵	۰.۳۵۴	۲۵	۰.۲۳	۰.۴۰۹	۰.۸۳	۰.۵۵۷
۱۱	۰.۱۳	۰.۲۶۵	۰.۵۸	۰.۳۴۱	۲۶	۰.۲۳	۰.۴۹۶	۰.۹	۰.۶۷۵
۱۲	۰.۱۲۵	۰.۲۷۹	۰.۶۲۵	۰.۳۶۵	۲۷	۰.۲۳	۰.۴۰۵	۰.۸	۰.۵۵۵
۱۳	۰.۱	۰.۳۳۸	۰.۵۵	۰.۳۰۷	۲۸	۰.۲۵	۰.۳۶۶	۰.۶۸	۰.۴۶۸
۱۴	۰.۰۹	۰.۲۳۵	۰.۵۶	۰.۲۹۹	۲۹	۰.۲	۰.۳۴۶	۰.۶۹	۰.۴۴۴
۱۵	۰.۲	۰.۳۳۹	۰.۶۷	۰.۴۵۵	۳۰	۰.۲۶	۰.۴	۰.۷۵	۰.۵۳۳
میانگین						۰.۱۷۲	۰.۲۳	۰.۶۹۱	۰.۴۲۸

نگاره ۷. نتایج استفاده از روش عضویت فازی

نمونه	ارزش معرف	CL	LCL	UCL	نمونه	ارزش معرف	CL	LCL	UCL
۱	۰.۳۵۷	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵	۱۶	۰.۲۷۳	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵
۲	۰.۴۳۷	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵	۱۷	۰.۳۹۶	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵
۳	۰.۳۸۵	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵	۱۸	۰.۳۹۷	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵
۴	۰.۳۶۴	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵	۱۹	۰.۳۸۲	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵
۵	۰.۴۱۶	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵	۲۰	۰.۴۲۳	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵
۶	۰.۶۲۸	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵	۲۱	۰.۵۲۶	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵
۷	۰.۳۹۲	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵	۲۲	۰.۳۹۶	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵
۸	۰.۳۹۴	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵	۲۳	۰.۵۳۷	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵
۹	۰.۳۸۸	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵	۲۴	۰.۶۹	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵
۱۰	۰.۳۵۴	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵	۲۵	۰.۵۵۷	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵
۱۱	۰.۳۴۱	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵	۲۶	۰.۶۷۵	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵
۱۲	۰.۳۶۵	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵	۲۷	۰.۵۵۵	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵
۱۳	۰.۳۰۷	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵	۲۸	۰.۴۶۸	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵
۱۴	۰.۲۹۹	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵	۲۹	۰.۴۴۴	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵
۱۵	۰.۴۵۵	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵	۳۰	۰.۵۳۳	۰.۴۴۸	۰.۲۳۱	۰.۶۴۵

همچنین نمودار مربوط به این حالت نیز در نمودار (۴) نمایش داده شده است.



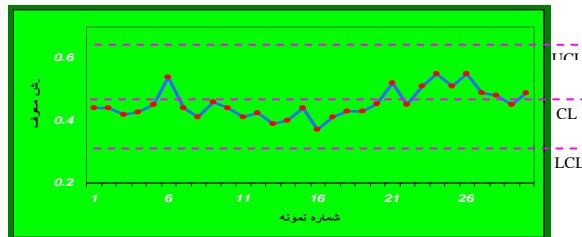
نمودار ۴. نمودار کنترل به روش عضویت فازی

تاثیر تعداد واژه‌های زبانی بر نمودارهای کنترل

بمنظور بررسی تاثیر تعداد واژه‌های زبانی بر نمودارهای کنترل مشاهدات هر نمونه این بار در ۳ گروه طبقه‌بندی شده است که عبارتند از: استاندارد، متوسط و غیر قابل قبول. در واقع دو زیر گروه مربوط به واژه‌های زبانی درجه دو و درجه سه با هم ترکیب نموده و یک زیر گروه به نام متوسط ایجاد شده است. در این حالت فرض می‌کنیم مرز بین زیر گروهها یکسان باشد. تابع عضویت در ادامه آمده است. در این حالت حدود کنترل CL ، LCL و UCL به ترتیب دارای مقادیر $۰/۴۵۴$ ، $۰/۲۵۴$ و $۰/۶۵۴$ می‌باشند.

$$\mu_i = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ 4x & 0 \leq x \leq 0.25 \\ -4x + 2 & 0.25 \leq x \leq 0.5 \\ 0 & x \geq 0.5 \end{cases} \quad \mu_m = \begin{cases} 0 & x \leq 0.25 \\ 4x - 1 & 0.25 \leq x \leq 0.5 \\ -4x + 3 & 0.5 \leq x \leq 0.75 \\ 0 & x \geq 0.75 \end{cases} \quad \mu_r = \begin{cases} 0 & x \leq 0.5 \\ 4x - 2 & 0.5 \leq x \leq 0.75 \\ -4x + 4 & 0.75 \leq x \leq 1 \\ 0 & x \geq 1 \end{cases}$$

نمودار کنترل مربوط به این حالت با استفاده از روش عضویت به شکل زیر است:



نمودار ۵. نمودار کنترل فازی در حالت استفاده از ۳ واژه زبانی

همانطور که نمودار نیز نشان می‌دهد، کلیه نمونه‌ها در فاصله بین حدود کنترل قرار گرفته‌اند. این امر نشان می‌دهد که هر چه تعداد واژه‌های زبانی کمتر باشد، احتمال رسم یک نقطه در خارج حدود کنترل کاهش می‌یابد و در نتیجه افزایش تعداد واژه‌های زبانی موجب کاهش خطای نوع دوم می‌گردد.

۷. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

انجام این تحقیق نشان داد در مواردی که کیفیت محصول از طریق واژه‌های زبانی مبهم قابل بیان است، استفاده از نمودارهای کنترل به روش فازی (احتمالی و عضویت)، مناسب تر می‌باشد. در واقع استفاده از نمودارهای کنترل فازی چارچوب توصیفی ریاضی مناسب تر و منعطف تری را نسبت به نمودارهای کنترل کلاسیک ارائه می‌دهد و نتایج معنی‌دارتری را نسبت به آنها بدست می‌دهد. همچنین تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین نمودارهای کنترل فازی به روش احتمالی و عضویت وجود ندارد و انتخاب یکی از آنها به نظر کارشناسان واحد تضمین کیفیت و مهندسان و کارشناسان تولید بستگی دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که در حالتی که ۴ واژه زبانی برای طبقه بندی کیفیت محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرد، خطای نوع دوم نسبت به حالتی که ۳ واژه زبانی مورد استفاده قرار می‌گیرد، کمتر است و به طور کلی هر چه تعداد واژه‌های زبانی بیشتر باشد، احتمال خطای نوع دوم کمتر خواهد بود. در این راستا پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد:

از آنجا که در تهیه نمودارهای کنترل وصفی در کارخانه محور سازان ایران خودرو، عامل حواس انسان نقشی اساسی در پذیرش یا عدم پذیرش محصول دارد، مناسب است تا بمنظور ساده‌تر شدن کار بازرسان کیفیت و جلوگیری از ایجاد اشتباه، جدولی شامل کلیه حالت‌هایی که در کیفیت محصول ممکن است ایجاد شود، توسط واحد تضمین کیفیت تهیه و در اختیار بازرسان کنترل کیفیت قرار گیرد. تعداد واژه‌های زبانی مورد استفاده در این جدول نیز به نظر کارشناسان و متخصصان امر کیفیت بستگی دارد ولی باید این نکته را در نظر گرفت که هر چه تعداد واژه‌های زبانی بیشتر باشد، احتمال خطای نوع دوم کمتر خواهد شد. از طرف دیگر چون خطای نوع اول و دوم مکمل یکدیگر می‌باشند، کاهش خطای نوع دوم باعث افزایش خطای نوع اول خواهد شد که این نیز مناسب نمی‌باشد. از این رو تعداد واژه‌های زبانی باید به اندازه‌ای باشد که ضمن کاهش خطای نوع دوم، احتمال خطای نوع اول را آنچنان افزایش ندهد.

همانطور که در این تحقیق نشان داده شد استفاده از منطق فازی در نمودارهای کنترل باعث می‌گردد تا سریعتر به وجود حالت غیر عادی در فرایند پی ببریم. به عبارت دیگر این امر خطای نوع دوم را کاهش می‌دهد. از طرفی دیگر استفاده از منطق فازی در نمودارهای کنترل گسسته ممکن است باعث افزایش احتمال خطای نوع اول گردد، یعنی در شرایطی که فرایند در حالت تحت کنترل به سر می‌برد ممکن است نمودار کنترل فازی به اشتباه فرایند را در حالت خارج از کنترل نشان داده و موجب توقف آن گردد. این موارد مهمترین نوآوری و دستاورد پژوهش حاضر می‌باشد البته باید گفت در مواقعی که ضایعات فرایند هزینه بسیار زیادی دارد، استفاده از نمودارهای کنترل فازی مناسبتر از نمودارهای کنترل کلاسیک می‌باشد. به طور کلی در صنایع با ریسک بالا از جمله صنایع ساخت تجهیزات پزشکی، صنایع ساخت قطعات خودرو و هواپیما و ... که محصولات آنها به نوعی با جان انسانها سروکار دارد، استفاده از نمودارهای کنترل فازی بر نمودارهای کنترل کلاسیک ارجحیت دارد.

منابع

۱. آذر، عادل و حجت فرجی (۱۳۸۰). علم مدیریت فازی، تهران: اجماع.
۲. بلنک، رونالد (۱۳۷۹). راهنمای حل مشکلات اجرایی SPC، ترجمه گروه SPC ساپکو، تهران: شرکت طراحی مهندسی و تامین قطعات ایران خودرو.
۳. بودجادیف، جرج (۱۳۸۱). منطق فازی و کاربردهای آن در مدیریت، ترجمه سیدمحمد حسینی، تهران: ایشیق
۴. حقیقی، حسین و اکبر شاه کرمی و فرامرز شاه محمدی و مصطفی شکری و رامین ناجی زاده (۱۳۸۵). ابزارهای کنترل کیفیت آماری (نگرشی کاربردی)، تهران: سازمان مدیریت صنعتی.
۵. زهیدی، رضا (۱۳۸۰). کاربردهای صنعتی شبکه‌های عصبی فازی، تهران: انستیتو اینز ایران.
۶. زیگموند هالپن (۱۳۸۰). کنترل کیفیت: تحلیل داده‌ها و نمایش کنترل نموداری، ترجمه قنبر ابراهیمی، تهران: موسسه انتشارات دانشگاه.
۷. عباسی، مهدی (۱۳۸۵). کنترل کیفیت آماری فرایند گسسته، پایان نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی دکتر فقیه زاده، دانشگاه شیراز.

8. Burr, John T.(2005). *Elementary Statistical Quality Control*, MARCEL DEKKER. available at: www.sciencedirect.com
9. Chandra M. Jeya(2002). *Statistical Quality Control*, CRC Press. LLC. available at: www.sciencedirect.com
10. Elmas, C.(2003). *Bulanik Mantik Denetleyiciler*, Ankara: Seckin Yayincilik. available at: www.sciencedirect.com
11. Ertugrul, Irfan and Aytac, Esra (2006). *Construction of Quality Control Charts by Using Probability and Fuzzy Approaches*, Pamukkale University. available at: www.sciencedirect.com
12. Rowlands, H. and L.R. Wang (2000). "An approach of fuzzy logic evaluation and control in SPC" *Quality & Reliability Engineering International*, VOL.16, PP.91-98.
13. Sen, Z.(2004). *Muhendislikte Bulanik (Fuzzy) Mantik ile Modelleme Prensipleri*, Istanbul: Su Vakfi Yayinlari.available at: www.sciencedirect.com