



نوع مقاله: پژوهشی

طراحی مدل کنترل آماری فرآیند در محیط فازی و بررسی نتایج آن در صنعت شکلات

بهادر آذرمی‌زاد^۱، کمال‌الدین رحمانی یوشانلوئی^{۲*}، علیرضا بافنده زنده^۳، سیروس فخمی‌آذر^۴

۱. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۲. استادیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۳. دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۴. استادیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

سابقه مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۱

چکیده

در مهندسی و تولید صنعتی، بخش کنترل کیفیت و مهندسی کیفیت به طراحی روش‌هایی مشغول است تا کارخانه بتواند به وسیله آن روش‌ها از مرغوبیت و مشتری‌پسند بودن کالای تولیدی خود مطمئن گردد. عمده بحث کنترل کیفیت مربوط به انجام نمونه‌گیری از محصولات، بازرسی آن نمونه‌ها و تعمیم نتایج به کل انباشت محصول است که بر اساس روش‌های آماری انجام می‌گیرد. هدف از پژوهش حاضر طراحی مدل کاربردی کنترل آماری فرآیند در محیط فازی و اثرات آن در شرکت صنعتی داداش برادر می‌باشد. این پژوهش از نوع تحقیقات کاربردی و توصیفی است و با توجه به ویژگی‌های هفت‌گانه شکلات، نقص محصولات تولیدی مشخص گردید. روش آن نیز بدین ترتیب است که با انجام مطالعات کتابخانه‌ای برای استخراج تعداد نقص‌ها مدل مد فازی طراحی شده است، سپس طی جلساتی با خبرگان و بررسی نمونه‌های محصول اعداد فازی متناسب با نوع نقص شناسایی گردید، در ادامه با استفاده از نرم‌افزار Matlab برای مدل مد فازی در نمودار U-C کدنویسی شد تا خروجی‌ها را به صورت اصطلاحات زبانی: تحت کنترل، نسبتاً تحت کنترل، نسبتاً خارج از کنترل و خارج از کنترل که معرف سطح کیفی محصول می‌باشد نمایش دهد. بر اساس نتایج این مدل مشخص شد روش کنترل آماری فرآیند در محیط فازی نسبت به روش کلاسیک، عملکردی دقیق‌تر و هوشمندانه‌تر دارد که با توجه به این مهم اجرای روش جدید به شرکت مذکور پیشنهاد گردید.

کلمات کلیدی: شکلات، کنترل آماری فرآیند، مد فازی، محیط فازی

۱ مقدمه

در صنعت شیرینی و شکلات ارزیابی ویژگی‌های وصفی محصولات از قبیل رنگ، عطر و طعم، بافت، ماسیدگی، شکوفه شکر و مواد خارجی از طریق آزمون‌های ارگانولپتیکی (ارزیابی حسی) انجام می‌شود تا داده‌های وصفی را با روش‌هایی از قبیل آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای، ۷ نقطه‌ای و ۹ نقطه‌ای به داده‌های کمی تبدیل نموده و آنالیز نمایند. اما استفاده از این روش دارای محدودیت و خطا می‌باشد، زیرا حساسیت حواسی انسان تابع عوامل مختلف فردی، نژادی، فیزیولوژیک، سن، جنس، ابتلا به بیماری، عوامل محیطی (سرما، گرما، دود و فشار)، عوامل روحی و روانی، عوامل فرهنگی، عادات غذایی همانند مصرف سیگار و داروها می‌باشد و نتایج آن در صورت تکرار می‌تواند با تغییر شرایط متفاوت باشد. قضاوت در کنترل فرآیند کلاسیک دو نتیجه قطعی بیشتر ندارد (تحت کنترل، خارج از کنترل) و این طبقه‌بندی در شرایطی که کیفیت محصولات به‌طور آهسته در حال تغییر است مناسب نخواهد بود، بخصوص در مواقعی که مسئولین واحدهای فنی نیاز دارند سریعاً در جریان امور قرار بگیرند و روند بهبود یا کاهش کیفیت را مدیریت نمایند. بنابراین برای مرتفع کردن مسئله مذکور نیازمند روشی دقیق و وسیع، جهت طبقه‌بندی داده‌های مبهم و نامعین برای بیان واقعی‌تر سطوح مختلف کیفیت خواهیم بود. هدف این پژوهش طراحی یک مدل کنترل فرآیند آماری بر پایه منطق فازی برای نمودارهای وصفی و مقایسه نتایج کنترل فرآیند فازی و غیر فازی در جهت شناسایی سطح قابل قبول کیفیت در مطالعه موردی می‌باشد.

برای درک اهمیت موضوع با این مثال که در پروسه تولید روزانه محصولی که از مواد اولیه‌ی یکسانی استفاده می‌شود، ممکن است تغییرات بسیار جزئی در ساختار شیمیایی ماده اولیه به وجود آمده باشد، همین موضوع به تفاوت کیفیت محصولات یکسان در بازه‌های زمانی متفاوت خواهد انجامید. تولیدکنندگان مواد غذایی به‌طور معمول SPC را برای کاهش نواقص از طریق کاهش تنوع فرآیند و تسهیل شرکت‌ها در پیروی از قانون ملی مواد غذایی با نظارت بر جنبه‌های ایمنی مواد غذایی اعمال می‌کنند (Halim Lim et al, 2017). به شیوه‌ای مشابه، مزیت‌های عمده به‌دست‌آمده از طریق SPC کاهش محصولات معیوب و بهبود در مدیریت ایمنی مواد غذایی است.

بهترین کاری که یک سازنده در مورد محصول خود می‌تواند انجام دهد شناسایی علل تغییرات محصول و برقراری ضوابطی جهت کنترل عوامل مؤثر در تغییرات و حفظ این تغییرات در محدوده‌ای مناسب است. بدین ترتیب اهمیت کنترل کیفیت برجسته می‌شود. استفاده از کنترل کیفیت ما را از تغییرات ناگهانی و یا جزئی در کیفیت محصول آگاه ساخته و اجرای اقدامات چاره جویانه را امکان‌پذیر می‌سازد و از تولید محصولات دورریختنی و تحمیل هزینه‌های سنگین جلوگیری می‌کند.

نمودارهای کنترل کلاسیک با استفاده از داده‌هایی که براساس ذهنیت نیروی انسانی تعدیل شده و در قالب اعداد قطعی بیان شده است (از ارزش آن کاسته شده است)، محموله‌های تولیدشده را در دو گروه تحت کنترل یا خارج از کنترل قرار می‌دهد؛ این در حالی است که پیش‌فرض روش کلاسیک کاربرد داده‌های قطعی و معین است که واقعاً دقیق باشند. اما رویکرد فازی، ذهنیت افراد را در تعیین تعداد و نوع نقص محصولات با کاربرد اعداد فازی مثلی و دوزنقه‌ای در رسم نمودارهای کنترلی فرموله می‌کند. شیوه نمایش این اعداد در قالب توابع عضویت تعریف‌شده به‌وسیله متخصصین است. این اعداد فازی زیربنای معرفی سطوح چندگانه کیفی در نمودار کنترل کیفیت فازی هستند. تعریف اعداد فازی برای هر نوع نقص، حساسیت مدل برای تصمیم براساس اطلاعات واقعی‌تر را افزایش داده و واحدهای تولیدی را به‌گونه‌ای در چهار گروه تقسیم می‌کند که بیان‌کننده کیفیت واقعی‌تر محصول است. بنابراین می‌توان فرضیه پژوهش را این‌گونه مطرح کرد که: "کنترل فرآیند آماری فازی تحت مدل مد فازی، نسبت به کنترل فرآیند آماری در تبیین سطوح مختلف کیفیت محصول و استفاده از داده‌های تقریبی توانمندتر است."

۲ مبانی نظری و پیشینه تحقیق

کنترل فرآیند آماری یک تکنیک نمونه‌گیری است که کیفیت اقلام تولیدشده را اندازه‌گیری می‌کند. بسیاری از مشخصه‌های محصول از قبیل قطر، وزن یا حجم را می‌توان در قالب اندازه عددی بیان کرد (Noghondarian, 2009). در این پژوهش برای توانمند کردن نمودارهای کنترل

آماري از نظريه فازی استفاده شده است و نمودارهای آماری فازی برای مشخصه کیفی موردنظر ارائه می‌گردد. در بیشتر تحقیقات برای بناسازی نمودارهای کنترل فازی از روش‌های تبدیل دیفازی استفاده شده است؛ درحالی‌که این روش‌ها سعی می‌کنند به این سؤال که آیا فرآیند تحت کنترل است یا خیر پاسخی قطعی بدهند.

همچنین استفاده از دیفازی‌سازها در نمودارهای کنترل فازی باعث می‌شود مجموعه‌های فازی متناظر با متغیرهای زبانی توسط عملگرهای دیفازی به اعداد قطعی تبدیل شوند و سپس نمودارهای کنترل بنا می‌شود که این امر باعث از دست رفتن محتوای اطلاعاتی داده‌های اصلی (مشاهدات فازی) می‌گردد.

تحقیقاتی نیز در این زمینه انجام شده است، ابراهیمی و همکاران^۱ (۲۰۱۲) روشی برای کنترل کیفیت فازی با استفاده از فواصل اطمینان بوت استرپی و متریائو-ویو که روشی کاملاً آماری است، ایجاد و آن را با سایر روش‌های فازی مقایسه کردند. اسماعیل‌پور و همکاران^۲ (۲۰۰۹) مدل کنترل فرآیند آماری فازی با روش مد فازی برای کنترل تعداد نقص‌های محصول، توسعه نمودار آماری فرآیند فازی نسبت نقص‌ها را ارائه کردند. ارتگرل و آیتک^۳ (۲۰۰۹) نمودارهای کنترل را با استفاده از روش‌های احتمالی و فازی باهدف ترکیب کنترل کیفیت آماری با تئوری مجموعه‌های فازی انجام دادند. نمودارهای آماری فازی را برای متغیرها ارائه داده و از روش میان‌دامنه فازی در سطح آلفا استفاده کرده‌اند. گولبای و قهرمان^۴ (۲۰۰۴) پس از ارائه نمودارهای کنترل فازی، برای شناسایی عوامل غیرنرمال داده‌هایی که درون حدود کنترلی قرار داشتند، به معرفی قواعد فازی تشخیص‌دهنده الگوی غیرطبیعی پرداختند. هدف آنان بهبود سیستم کنترل و شناسایی دقیق وضعیت‌های خارج از کنترل بدون غیرفازی کردن بود. ال‌شل و موریس^۵ (۲۰۰۰) با ایجاد یک سیستم استنتاج فازی با ارائه مجموعه‌ای

1 Ebrahimi et al.

2 Esmaeilpour et al.

3 Ertugrul.I, & Aytac .E

4 Gülbay & Kahraman

5 El-Shal and Morris

از قواعد فازی، سعی در کاهش زنگ خطرهای غیرضروری و توقف‌های نابجای خط تولید داشتند. نتیجه به بهبود سرعت کشف نقص‌های موجود در خط تولید در زمان وقوع منجر شد. کاناگوا و دیگران^۱ (۱۹۹۳) نیز از اصطلاحات زبانی برای بیان خروجی‌های فرآیند استفاده می‌کنند. آنان به جای فرض این‌که تابع چگالی احتمال برای مقادیر نمایانگر اصطلاحات زبانی یک تابع نرمال است، اصطلاحات زبانی را به عنوان داده‌های فازی برچسب‌دار در نظر گرفته و احتمال ظهور متغیر زبانی را با استفاده از تابع احتمال محاسبه کرده‌اند.

آنچه تا بدین جا از ماهیت نمودارهای کنترل بیان شد این است که نمودارهای کنترل، محصولات را به صورت طبقه‌بندی دودویی (صفر و یک) در دوطبقه تحت کنترل یا خارج از کنترل، سالم یا معیوب و منطبق یا نامنطبق قرار می‌دهد. این نوع طبقه‌بندی در شرایطی که کیفیت محصول به صورت ناگهانی از حالت رضایت‌بخش به حالت ضعیف تغییر نکند، مناسب نخواهد بود. در تقسیم‌بندی کلاسیک اگر نمونه انتخاب‌شده بسیار نزدیک به حدود کنترلی بالا و پایین اما درون محدوده تحت کنترل باشد، منطبق و اگر نزدیک به حدود کنترلی بالا و پایین و خارج از کنترل باشد، محصول نامنطبق نامیده می‌شود. در صورتی که بتوان طبقه‌بندی‌های دیگری به صورت حد وسط بین منطبق یا نامنطبق و تحت کنترل یا خارج از کنترل در نظر بگیریم، سطح کیفی محصول به صورت واقعی‌تری بیان خواهد شد. بنابراین مسئله‌ای که به دنبال راه‌حل برای آن هستیم، استفاده از مدلی است که علاوه بر کارکرد نمودارهای کنترل، توانایی ارائه سطوح میانی کیفیت را نیز داشته باشد (Zhang & Lu, 2016).

در استفاده از قوانین فازی بر اساس درصدی از ناحیه نمونه‌ها که درون حدود کنترل یا خارج از این محدوده قرار می‌گیرند، قضاوت انجام می‌شود. قوانین فازی در مقایسه با روش غیرفازی به جای دو حالت تحت کنترل یا خارج از کنترل، دسته‌بندی‌های دیگری را برای تصمیم‌گیری مناسب‌تر در اختیار تصمیم‌گیرندگان و تولیدکنندگان قرار داده و تقسیم‌بندی مطمئن‌تری

1 Kanagawa et al.

(ازجمله نسبتاً تحت کنترل یا نسبتاً خارج کنترل) برای کیفیت محصولات ارائه می‌کنند. اگر فرآیندی در حالت فازی بین دو حالت نسبتاً تحت کنترل یا نسبتاً خارج از کنترل واقع شود، می‌توان با دقت بیشتری محصول را تولید نمود. درنهایت نیز برای ارزیابی دقت و صحت عملکرد فرآیند تولید باهدف اندازه‌گیری کارایی فرآیندها بر طبق مشخصه‌های استاندارد، شاخص کارایی واقعی فرآیند (Cpm) در حالت فازی توسعه داده شد. این شاخص اطلاعات بیشتری در مورد مکان میانگین هر فرآیند فراهم نموده و همچنین حساسیت بیشتری نسبت به انحراف معیار آن‌ها نشان می‌دهد. به‌طور کلی این شاخص عددی است که توان فرآیند را در تولید محصولات قابل قبول نشان می‌دهد و رفتار فرآیند را نسبت به حدود مشخصه فنی ارزیابی و اندازه‌گیری می‌کند (Alinejad et al., 2019).

شرکت صنعتی داداش‌برادر در تولید و صادرات انواع شکلات، پودر کاکائو، کره کاکائو، کیک، بیسکویت، ویفر، تافی، آبنبات، آدامس، اسنک، پشمک و پاستیل فعال است. این شرکت با ورود به بازار قاره‌های آسیا، آفریقا، استرالیا و اروپا سهم به سزایی از بازار شیرینی و شکلات آن‌ها را به خود اختصاص داده و توانسته است جایگاه ارزشمندی را به نام خود اختصاص دهد. همچنین برای بهبود کیفیت محصولات تولیدی، مدیران و مسئولان این شرکت همواره از نظرات و پیشنهادات مشتریان خود بهره جسته و به دنبال افزایش کیفیت محصولات خود بوده است.

در پژوهش حاضر با انجام مطالعات کتابخانه‌ای مدل مد فازی برای تعداد نقص‌ها طراحی گردید، سپس طی جلساتی با خبرگان و بررسی نمونه‌های محصول اعداد فازی متناسب با نوع نقص شناسایی گردید، در ادامه با استفاده از نرم‌افزار Matlab برای مدل مد فازی در نمودار U - C کدنویسی شد تا خروجی‌ها را به‌صورت اصطلاحات زبانی که معرف سطح کیفی محصول هستند نمایش دهد، براساس جداول مربوطه مقدار سطح قابل قبول کیفیت Bz مشخص شده است. پژوهش حاضر در شرکت صنعتی داداش‌برادر که تولیدکننده انواع شکلات، بیسکویت، ویفر، اسنک، کیک، آدامس، تافی و کارامل می‌باشد برای مشخصه‌های وصفی شکلات انجام شده است.

۳ روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی می باشد که به صورت میدانی اجرا شده است. در برخی پژوهش ها از روش های دیفازی مد و میانه ی فازی و میانگین فازی استفاده می شود. استفاده از α فازی، میان دامنه فازی در سطح روش های دیفازی باعث از بین رفتن داده های فازی نمونه ها می شود؛ بنابراین پژوهش حاضر در پی استفاده از روشی است که بدون دیفازی کردن، کنترل فازی فرآیند را انجام دهد. در این پژوهش با روشی نوآور و با استفاده از قوانین فازی ارائه شده توسط کایا و قهرمان^۱ (۲۰۱۱) بدون دیفازی کردن، نمودارهای کنترل را طراحی و در مورد وضعیت تحت کنترل بودن فرآیند تولید تصمیم گیری خواهد شد. مد فازی روشی است که با استفاده از اصول پایه ای منطق فازی و اعداد فازی برای هر اصطلاح زبانی بیان کننده تعداد نقص ها، چهار مقدار را در نظر می گیرد. شیوه نمایش این اعداد در قالب توابع عضویت که به وسیله متخصصین تعریف شده است زیربنای معرفی سطوح چندگانه کیفی در نمودار کنترل فرآیند فازی هستند. بنابراین می توان فرضیه های پژوهش را این گونه مطرح کرد که:

۱- استفاده از کنترل فرآیند آماری فازی تحت مدل مد و میانه فازی، به جای روش کلاسیک جهت رسیدن به هدف تبیین سطوح مختلف کیفیت محصولات توانمندتر است.

۲- استفاده از کنترل فرآیند آماری فازی تحت مدل مد و میانه فازی، به جای روش کلاسیک جهت شناسایی سطح قابل قبول کیفیت (AQL) محصولات توانمندتر است.

۳- استفاده از کنترل فرآیند آماری فازی تحت مدل مد و میانه فازی، به جای روش کلاسیک برای نمودارهای کنترل وصفی در کنترل فرآیند آماری (SPC) توانمندتر است.

جامعه آماری این پژوهش خطوط تولید شکلات شرکت صنعتی داداش برادر تبریز می باشد. با توجه به ویژگی های هفت گانه شکلات که شامل رنگ، طعم، بافت، ماسیدگی، شکوفه شکر، عوامل

1. Kaya & Kahraman

بافتی و مواد خارجی می‌باشد، ماهیت شکلات‌های تولیدی مشخص گردید. در این تحقیق برای تعیین اندازه و تعداد نمونه از منحنی مشخصه عملیات Operating Characteristic و با استفاده از نرم‌افزار WINQSB استخراج شده است. لذا حجم نمونه برای نمودارهای کنترل ۳۰ نمونه ۵۰ تایی می‌باشد، که به صورت کاملاً تصادفی در ساعات مختلف جمع‌آوری شده است. به جهت کاربردی بودن تحقیق، روش جمع‌آوری اطلاعات به صورت استفاده از اسناد و مدارک و داده‌های بدست آمده از نمونه‌برداری خط تولید شکلات می‌باشد. در نتیجه با انجام مطالعات کتابخانه‌ای برای تعداد نقص‌ها مدل مد فازی استخراج گردید، سپس طی جلساتی با خبرگان و بررسی نمونه‌های محصول موردنظر اعداد فازی متناسب با نوع نقص معرفی شد، سپس مدل مد فازی برای نمودار U-C در محیط نرم‌افزاری Matlab کدنویسی گردید تا خروجی‌ها به صورت اصطلاحات زبانی که معرف سطح کیفی محصول هستند را نمایش دهد.

فرآیند اجرایی به ترتیب زیر و با استفاده از روابط آماری^۱ کنترل کیفیت انجام شده است:

۱. تعیین حجم نمونه بر اساس منحنی مشخصه عملیات (OC).

۲. تبدیل نمونه‌ها به اعداد فازی ذوزنقه‌ای (a,b,c,d).

۳. محاسبه UCL و LCL نمونه در حالت فازی با استفاده از رابطه‌های (۱) و (۲) انجام شده است.

$$\bar{u}_1 = \sum u_j / m, \bar{u}_2 = \sum u_j / m, \bar{u}_3 = \sum u_{3j} / m \quad \text{رابطه (۱)}$$

حدود نمودار کنترل فازی $\bar{u}$ با استفاده از فرمول‌های زیر که از مطالعه قهرمان و همکاران^۲

(۲۰۱۰) اقتباس شده، به دست می‌آید که حدود کنترل آزمایش نامیده می‌شود.

1 Montgomery

2 Kahrman et al.

$$UCL_u = \left(\bar{u}_1 + 3\sqrt{\frac{\bar{u}_1}{n_j}}, \bar{u}_2 + 3\sqrt{\frac{\bar{u}_2}{n_j}}, \bar{u}_3 + 3\sqrt{\frac{\bar{u}_3}{n_j}} \right)$$

$$LCL_u = \left(\bar{u}_1 - 3\sqrt{\frac{\bar{u}_1}{n_j}}, \bar{u}_2 - 3\sqrt{\frac{\bar{u}_2}{n_j}}, \bar{u}_3 - 3\sqrt{\frac{\bar{u}_3}{n_j}} \right)$$

رابطه (۲)

$$CL_u = (\bar{u}_1, \bar{u}_2, \bar{u}_3)$$

u_j : نشان‌دهنده تعداد نامنطبق‌ها در هر واحد بازرسی.

$\bar{u}$: متوسط نامنطبق‌ها در هر واحد بازرسی.

n_j : اندازه نمونه.

m: دفعات نمونه‌گیری

۴. اعداد فازی مربوط به تعداد نقص‌ها که در نمونه‌گیری به‌دست‌آمده است با استفاده از مد فازی به اعداد قطعی تبدیل‌شده و حدود کنترل نیز با استفاده از مد فازی تبدیل به مقادیر نشانگر زیر شده‌اند. مد فازی یک مجموعه‌مقدار متغیر x است که در آن تابع عضویت برابر با یک است.

رابطه (۳)

$$f_{mod} = \{x \in X \mid \mu_f(x) = 1\}$$

۵. سپس مد فازی هر نمونه با حدود کنترل مقایسه شده است.

$$CL\widetilde{CL}[CL_2, CL_3]_{mod} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$LCL_{mod} = CL_{mod} - 3\sqrt{CL_{mod}} = [(CL_2 - 3\sqrt{CL_2}), (CL_3 - 3\sqrt{CL_3})] = [LCL_2, LCL_3]$$

$$UCL_{mod} = CL_{mod} + 3\sqrt{CL_{mod}} = [(CL_2 + 3\sqrt{CL_2}), (CL_3 + 3\sqrt{CL_3})] = [UCL_2, UCL_3]$$

۶. برای هر نمونه که تا حدودی در منطقه قابل قبول قرار دارد مقداری به‌عنوان درصد پذیرش β_j طبق فرمول زیر تعریف‌شده است.

رابطه (۵)

$$\beta_j = \begin{cases} 0, & \text{for } b_j \dots UCL_3 \\ \frac{UCL_3 - b_j}{c_j - b_j}, & \text{for } (LCL_2, b_j, UCL_3) \wedge (c_j \dots UCL_3) \\ 1, & \text{for } (b_j \dots LCL_2) \wedge (c_j, UCL_3) \end{cases}$$

* (مقدار β قابل قبول نیز توسط خبرگان تعیین می‌شود)

$\beta_j \geq \beta$ نسبتاً تحت کنترل، $\beta_j < \beta$ نسبتاً خارج از کنترل

۷. فازی‌زدایی و بررسی تحت کنترل بودن و تحت کنترل نبودن با استفاده از رابطه (۶) و (۷) انجام شده است.

$$S_{mr,j}^{\alpha} = \frac{a_j^{\alpha} + d_j^{\alpha}}{2} = \frac{(a_j + d_j) + \alpha [(b_j - a_j) - (d_j - c_j)]}{2} \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$\text{Process control} = \begin{cases} \text{in-control, } 0.85, \beta_j, 1 \\ \text{rather in control, } 0.60, \beta_j < 0.85 \\ \text{rather out of control, } 0.10, \beta_j < 0.60 \\ \text{out-of-control, } 0, \beta_j < 0.10 \end{cases}$$

رابطه (۷)

۸. جهت حصول اطمینان دو روش کنترل آماری و کنترل آماری فازی از نظر معیار عملکرد با یکدیگر مقایسه شده است، احتمال خطای نوع دو برای نمودار کنترل کلاسیک نسبت نقص‌ها در واحد U با فرمول رابطه (۸) محاسبه گردیده است (Noghondarian, 2009).

$$OC(u) = \beta(u) = P(c < nUCL | u) - P(c \leq nLCL | \hat{u}) \quad (۸)$$

نمودار روش کنترل آماری شوهارت و کنترل آماری فازی جهت اعتبارسنجی از نظر معیار عملکرد در حالت قطعی و فازی، طراحی و با هم مقایسه می‌شوند. در بررسی مقالات پژوهشی، استفاده از منحنی OC فازی پیدا نشد؛ بنابراین ابتدا حدود کنترل فازی نمودار U با روش‌های دیفازی سازی به صورت قطعی تبدیل می‌شوند و سپس منحنی آن رسم می‌گردد، چون هر دو منحنی OC نمودار کنترل کلاسیک و فازی در حالت قطعی ارائه می‌شود، قابلیت مقایسه برای تعیین عملکرد را نیز دارد.

محب علیزاده و فاطمی قمی^۱ (۱۳۹۰) احتمال خطای نوع ۲ با هر یک از روش‌های دیفازی را بدین شرح محاسبه کرده‌اند که در فرمول مربوطه به جای قرارگیری اعداد قطعی، اعداد دیفازی شده مربوط به هر یک از روش‌ها را قرار داده و نتایج آن‌ها را باهم مقایسه کرده‌اند؛ بنابراین پژوهش حاضر نیز در محاسبه احتمال خطای نوع دو برای نمودار کنترل فازی نسبت نقص‌ها مقادیر دیفازی شده به وسیله هر یک از روش‌ها را قرار می‌دهد؛ بنابراین فرمول زیر منحنی OC به صورت رابطه‌های زیر برای روش‌های دیفازی میان دامنه فازی، میانه، مد و میانگین برای نمودار کنترل فازی قابل استفاده است. بنابراین طبق رابطه (۹) منحنی OC به صورت رابطه‌های زیر برای روش‌های دیفازی میان دامنه فازی، میانه، مد و میانگین برای نمودار کنترل فازی قابل استفاده است.

رابطه (۹)

$$OC(u) = \beta(u) = P(c_{med}^{\alpha} < nUCL_{med}^{\alpha} | \hat{u}) - P(c_{med}^{\alpha} \leq nLCL_{med}^{\alpha} | \hat{u})$$

$$OC(u) = \beta(u) = P(c_{mid}^{\alpha} < nUCL_{mid}^{\alpha} | \hat{u}) - P(c_{mid}^{\alpha} \leq nLCL_{mid}^{\alpha} | \hat{u})$$

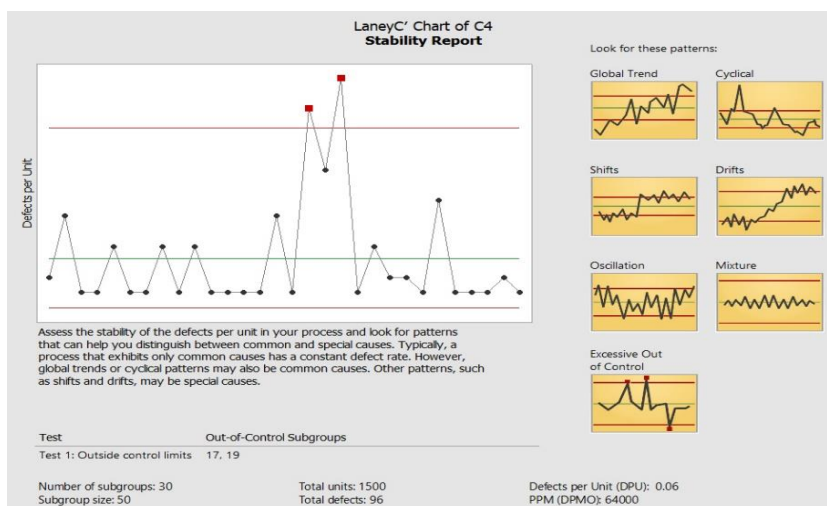
$$OC(u) = \beta(u) = P(c_{mod} < nUCL_{mod} | \hat{u}) - P(c_{mod} \leq nLCL_{mod} | \hat{u})$$

$$OC(u) = \beta(u) = P(c_{avg} < nUCL_{avg} | \hat{u}) - P(c_{avg} \leq nLCL_{avg} | \hat{u})$$

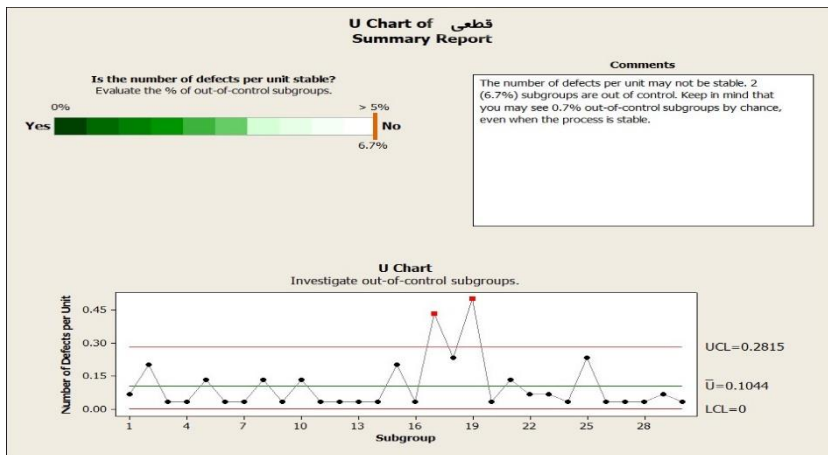
1 Alizadeh H. M. & Ghomi S. M. T.

۴ یافته‌های تحقیق

هدف اصلی این تحقیق شناسایی سطح قابل قبول کیفیت، حدود کنترل، سطح سیگما، قابلیت عملکرد فرآیند و سایر معیارهای آماری با استفاده از کنترل فرآیند آماری فازی تحت مدل مد و میانه فازی، به جای کنترل فرآیند آماری در شرکت صنعتی داداش برادر بوده است. برای تحقق این موضوع داده‌های مربوط به ۳۰ روزکاری تولید محصول شکلات جمع‌آوری و با استفاده از نرم‌افزار MINITAB17 تهیه و تحلیل شده است.

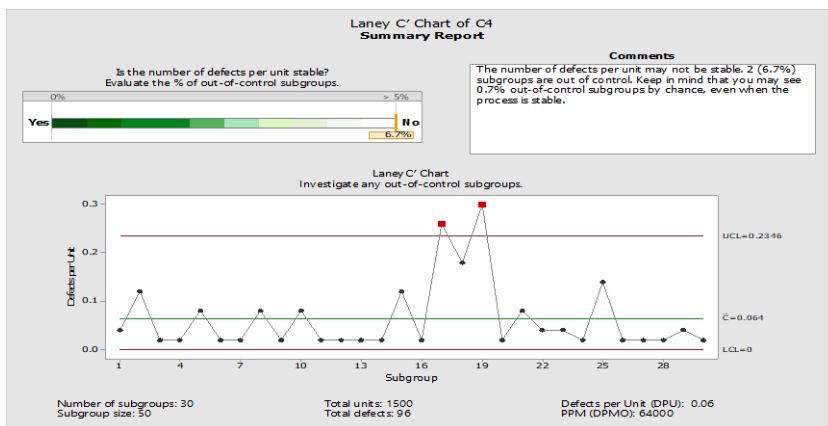


نمودار(۱): نمودار کنترل تعداد نقص C داده‌های قطعی



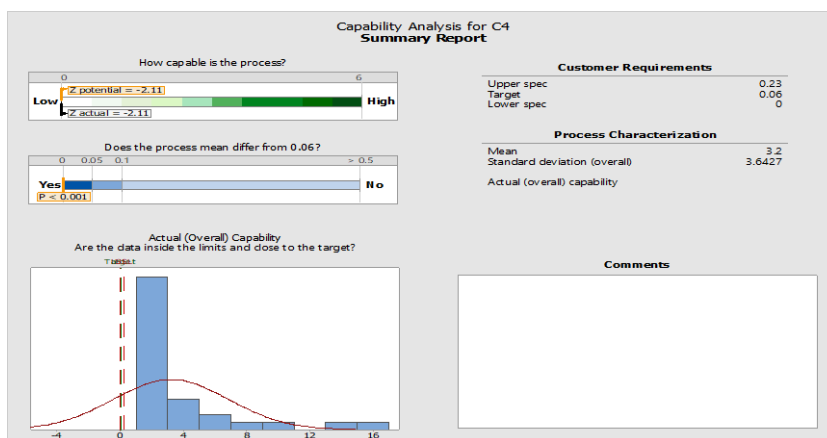
نمودار (۲): نمودار کنترل U تعداد نقص بدون استفاده از داده‌های قطعی

نمودارهای (۱) و (۲) نشان می‌دهد که فرآیند از نظر نمودار C و U در کنترل نمی‌باشد و نمونه‌های ۱۷ و ۱۹ از کنترل خارج می‌باشند.

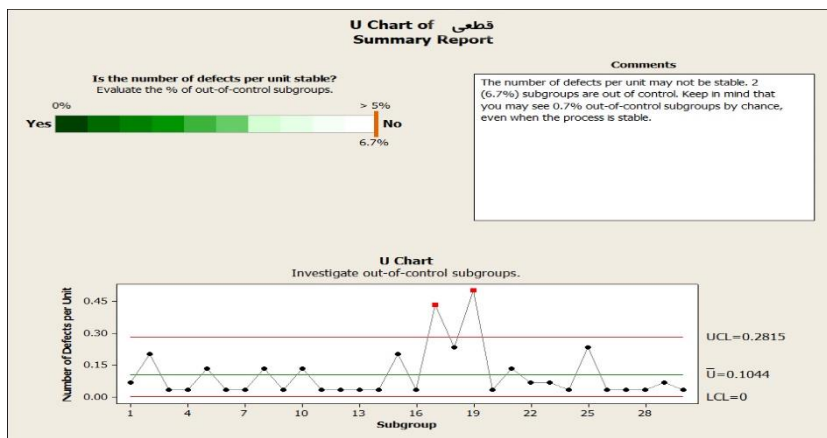


نمودار (۳): تعداد خرابی در یک میلیون DPU برای داده‌های قطعی

نمودار (۳) نشان می‌دهد که فرآیند از نظر نمودار C دارای ۶ درصد خرابی (DPU)، ۶۴۰۰۰ خرابی در یک میلیون تولید (PPM)، یا ۹۶ نقص در ۱۵۰۰ نمونه اخذ شده می‌باشند.



نمودار (۴): سطح سیگما، میانگین و انحراف معیار نقص‌ها برای داده‌های قطعی



نمودار (۵): نمودار درصد خرابی P برای داده‌های قطعی

نمودار (۴) و (۵) نشان می‌دهد که فرآیند از نظر نمودار P دارای حد بالای کنترل (UCL) برابر ۰/۲۷، حد پایین کنترل (LCL) برابر ۰ و حد مرکزی (CL) برابر ۰/۱ بوده است و همچنین به‌طور

میانگین در هر نمونه ۳/۲ نقص با انحراف معیار ۳/۶۴ وجود دارد و از نظر سطح سیگما ۲/۱۱ از عدد ۳ با اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

برای اجرای مدل SPC فازی، از سیستم نمونه‌گیری در ایستگاه بازرسی نهایی استفاده شده است. داده‌ها به صورت ۳۰ نمونه ۵۰ تایی جمع‌آوری شده که مربوط به ۳۰ روز کاری تولید شکلات بوده است. باتوجه به ماهیت نقص در ویژگی‌های هفت‌گانه که شامل: ۱- رنگ (باید دارای رنگ طبیعی کاکائو و عاری از هرگونه رنگ غیرطبیعی باشد)، ۲- عطر و طعم (انواع شکلات باید دارای عطر و طعم (مزه و بو) مخصوص به خود باشد، این فرآورده باید بدون مزه و بوی خارجی، مانند: مزه و بوی ناشی از فساد روغن، کپک‌زدگی، صابونی، کهنگی، سوختگی و ترشیدگی باشد)، ۳- بافت (انواع شکلات، باید دارای بافت همگن باشد و حالت برّاق و یکنواخت داشته باشد)، ۴- ماسیدگی (انواع شکلات باید عاری از حالت ماسیدگی در دهان باشد)، ۵- شکوفه شکر (انواع شکلات باید بدون دانه‌های برآمده خاکستری‌رنگ مربوط به وجود شکوفه شکر باشد)، ۶- حس دهانی (انواع شکلات باید در هنگام خوردن آن و ذوب شدن آن، حس خنکی خاصی را ایجاد کند)، ۷- مواد خارجی (انواع شکلات باید عاری از هرگونه موادی به جز مواد تشکیل‌دهنده باشد) می‌باشد که برای هریک از آن‌ها تابع عضویت جداگانه‌ای تعریف شد و از اعداد به دست آمده‌ی فرآیند تولید مطالعه موردی توابع عضویت با اعداد فازی دوزنقه‌ای ایجاد گردید و در نهایت در مرحله تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزارهای Minitab و Matlab استفاده شده است. داده‌های فازی دوزنقه‌ای مربوط به نقص‌های شکلات از ۳۰ گروه ۵۰ تایی در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱): داده‌های فازی دوزنقه‌ای مربوط به نقص‌های شکلات از ۳۰ گروه ۵۰ تایی

شماره گروه	d	c	B	a
۱	۱۶	۱۰	۸	۷
۲	۱۱	۵	۴	۳
۳	۲۱	۱۶	۱۲	۱۱
۴	۲۱	۱۶	۱۲	۱۱
۵	۱۱	۸	۴	۳
۶	۲۱	۱۶	۱۲	۱۱

ادامه جدول (۱)

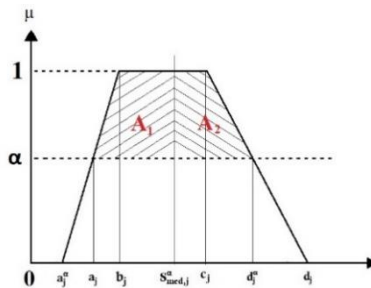
شماره گروه	d	c	B	a
۷	۲۱	۱۶	۱۲	۱۱
۸	۱۱	۸	۴	۳
۹	۲۱	۱۶	۱۲	۱۱
۱۰	۱۱	۸	۴	۳
۱۱	۲۱	۱۶	۱۲	۱۱
۱۲	۲۱	۱۶	۱۲	۱۱
۱۳	۲۱	۱۶	۱۲	۱۱
۱۴	۲۱	۱۶	۱۲	۱۱
۱۵	۱۱	۵	۴	۳
۱۶	۱۰	۸	۸	۵
۱۷	۴	۳	۳	۱
۱۸	۶	۴	۴	۳
۱۹	۵	۲	۲	۱
۲۰	۲۱	۱۶	۱۲	۱۱
۲۱	۱۱	۸	۴	۳
۲۲	۱۴	۱۰	۸	۶
۲۳	۱۴	۱۰	۸	۶
۲۴	۱۰	۸	۸	۵
۲۵	۷	۵	۵	۳
۲۶	۲۱	۱۶	۱۲	۱۱
۲۷	۱۰	۸	۸	۵
۲۸	۲۱	۱۶	۱۲	۱۱
۲۹	۱۶	۱۰	۸	۷
۳۰	۲۱	۱۶	۱۲	۱۱

روش فازی، محصولات را در چهار دسته (تحت کنترل، نسبتاً تحت کنترل، خارج از کنترل، نسبتاً خارج از کنترل) قرار می‌دهد. در مرحله ساخت نمودارهای کنترل فازی چهار روش برای تبدیل مجموعه فازی به عدد حقیقی وجود دارد که هر کدام به نوعی نشانگر یک نوع رتبه‌بندی فازی می‌باشند.

در این تحقیق از مد و میانه فازی که شبیه شاخص‌های تمرکز در آمار (مد فازی، میانه فازی، میانه دامنه فازی و میانگین) می‌باشند استفاده شده است.

آلفا-برش یک روش استاندارد برای انجام عملیات حسابی بر روی اعداد فازی می‌باشد. میانه‌ی فازی در سطح آلفا-برش به دو قسمت مساوی از لحاظ مساحت تقسیم می‌شود. برای نمونه z میانه فازی در سطح α یعنی $S_{med,j}^\alpha$ همان‌گونه که در شکل (۱) نشان داده شده است برای یک عدد دوزنقه‌ای از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$S_{med,j}^\alpha = \frac{1}{4}(\alpha_j^\alpha + b_j + c_j + d_j^\alpha)$$



شکل (۱): اعداد فازی دوزنقه‌ای

در واقع این مقادیر محل یک خط عمودی روی محور X را تعیین می‌نماید که ناحیه a تا d را به دو مساحت مساوی تقسیم می‌کند. در این مطالعه α برابر $0/6$ و سطح قابل قبول پذیرش یعنی β برابر $0/85$ می‌باشد. لذا محاسبه میانه نوع کنترل‌ها، حد بالا و پایین کنترل بر اساس فرمول‌های زیر مشخص می‌شوند:

$$CL_{med}^\alpha = f_{med}^\alpha(CL) = \frac{1}{4}(CL_1^\alpha + CL_2 + CL_3 + CL_4^\alpha)$$

$$LCL_{med}^\alpha = CL_{med}^\alpha - 3\sqrt{CL_{med}^\alpha}$$

$$UCL_{med}^\alpha = CL_{med}^\alpha + 3\sqrt{CL_{med}^\alpha}$$

بدین ترتیب تصمیم‌گیری کنترل فرآیند به شرح زیر خواهد بود .

در صورتی که رابطه‌ی

$$LCL_{med}^{\alpha} \leq S_{med,i}^{\alpha} \leq UCL_{med}^{\alpha}$$

برقرار باشد رابطه تحت کنترل و در غیر این صورت رابطه خارج از کنترل می‌باشد.

$$S_{mod,j} = [b_j, c_j]$$

$$\beta_j = \begin{cases} 0, & b_j \geq UCL_3 \\ \frac{UCL_3 - b_j}{c_j - b_j}, & (LCL_2 \leq b_j \leq UCL_3) \wedge (c_j \geq UCL_3) \\ 1, & (b_j \geq LCL_2) \wedge (c_j \leq UCL_3) \\ \frac{LCL_2 - b_j}{c_j - b_j}, & (b_j \leq LCL_2) \wedge (LCL_2 \leq c_j \leq UCL_3) \\ 0, & c_i \leq LCL_2 \end{cases}$$

جدول (۲): حدود کنترل و β برای داده‌های فازی

شماره نمونه	تصمیم‌گیری با SPC	میانۀ فازی با آلفای 0.6	β_j	تصمیم‌گیری با SPC فازی
۱	تحت کنترل	۹/۱	۰/۹۳	تحت کنترل
۲	تحت کنترل	۴/۲۸	۰/۵۷	نسبتاً خارج از کنترل
۳	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل
۴	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل
۵	تحت کنترل	۶/۱۳	۰/۷۶	نسبتاً تحت کنترل
۶	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل
۷	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل
۸	تحت کنترل	۶/۱۳	۰/۷۶	نسبتاً تحت کنترل
۹	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل
۱۰	تحت کنترل	۶/۱۳	۰/۷۶	نسبتاً تحت کنترل
۱۱	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل
۱۲	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل
۱۳	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل
۱۴	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل
۱۵	تحت کنترل	۴/۵۹	۰/۵۷	نسبتاً خارج از کنترل
۱۶	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل
۱۷	خارج از کنترل	۳	۰	خارج از کنترل
۱۸	تحت کنترل	۴/۰۸	۰/۴۴	نسبتاً خارج از کنترل
۱۹	خارج از کنترل	۲	۰	خارج از کنترل
۲۰	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل
۲۱	تحت کنترل	۶/۱۳	۰/۷۶	نسبتاً تحت کنترل
۲۲	تحت کنترل	۹	۰/۹۳	تحت کنترل
۲۳	تحت کنترل	۹	۰/۹۳	تحت کنترل
۲۴	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل
۲۵	تحت کنترل	۵	۰/۵۹	نسبتاً خارج از کنترل
۲۶	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل
۲۷	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل
۲۸	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل
۲۹	تحت کنترل	۹	۰/۹۳	تحت کنترل
۳۰	تحت کنترل	۱۴	۱	تحت کنترل

جدول (۳). حدود کنترل برای عدم انطباق‌ها در فضای فازی با روش تبدیل مد فازی

شماره نمونه	تصمیم‌گیری با SPC	مد فازی s_{modj}	β_j	تصمیم‌گیری با SPC فازی
۱	تحت کنترل	۸ ، ۱۰	۰/۸۹	تحت کنترل
۲	تحت کنترل	۴ ، ۵	۰/۵۱	نسبتاً خارج از کنترل
۳	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل
۴	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل
۵	تحت کنترل	۴ ، ۸	۰/۶۶	نسبتاً تحت کنترل
۶	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل
۷	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل
۸	تحت کنترل	۴ ، ۸	۰/۶۶	نسبتاً تحت کنترل
۹	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل
۱۰	تحت کنترل	۴ ، ۸	۰/۶۶	نسبتاً تحت کنترل
۱۱	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل
۱۲	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل
۱۳	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل
۱۴	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل
۱۵	تحت کنترل	۴ ، ۵	۰/۵۱	نسبتاً خارج از کنترل
۱۶	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل
۱۷	خارج از کنترل	۳ ، ۳	۰	خارج از کنترل
۱۸	تحت کنترل	۴ ، ۴	۰/۴۲	نسبتاً خارج از کنترل
۱۹	خارج از کنترل	۲ ، ۲	۰	خارج از کنترل
۲۰	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل
۲۱	تحت کنترل	۴ ، ۸	۰/۶۶	نسبتاً تحت کنترل
۲۲	تحت کنترل	۸ ، ۱۰	۰/۸۹	تحت کنترل
۲۳	تحت کنترل	۸ ، ۱۰	۰/۸۹	تحت کنترل
۲۴	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل
۲۵	تحت کنترل	۵ ، ۵	۰/۵۸	نسبتاً خارج از کنترل
۲۶	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل
۲۷	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل
۲۸	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل
۲۹	تحت کنترل	۸ ، ۱۰	۰/۸۹	تحت کنترل
۳۰	تحت کنترل	۱۲ ، ۱۶	۱	تحت کنترل

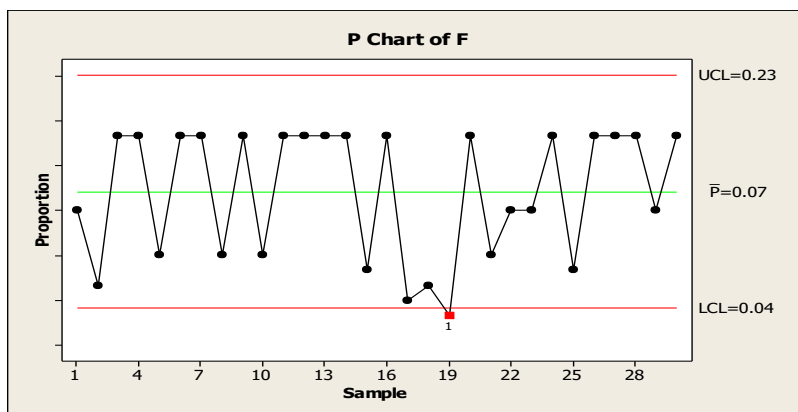
جدول (۴): حدود کنترل مقادیر نماینده آن‌ها بر اساس میانه فازی با برش آلفای ۶۰٪

مقدار	حدود کنترل فازی
۱۶/۸۷	UCL
۹/۳۴	CL
۴/۲۱	LCL

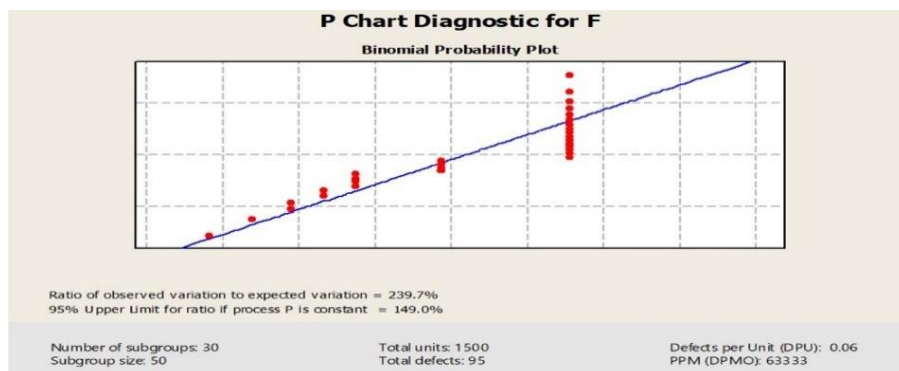
جدول (۵): حدود کنترل مقادیر نماینده آن‌ها بر اساس مد فازی با برش آلفای ۶۰٪

مقدار	حدود کنترل فازی
۱۴/۹۴	UCL
۸/۱۱	CL
۳/۸۸	LCL

با توجه به نتایج جداول ((۲)، (۳)، (۴) و (۵)) بیست نمونه تحت کنترل، چهار نمونه نسبتاً تحت کنترل، چهار نمونه نسبتاً خارج از کنترل و دو نمونه خارج از کنترل بودند. این قضیه نشانگر دقیق و هوشمندانه بودن روش SPC فازی نسبت به روش کلاسیک را نشان می‌دهد.

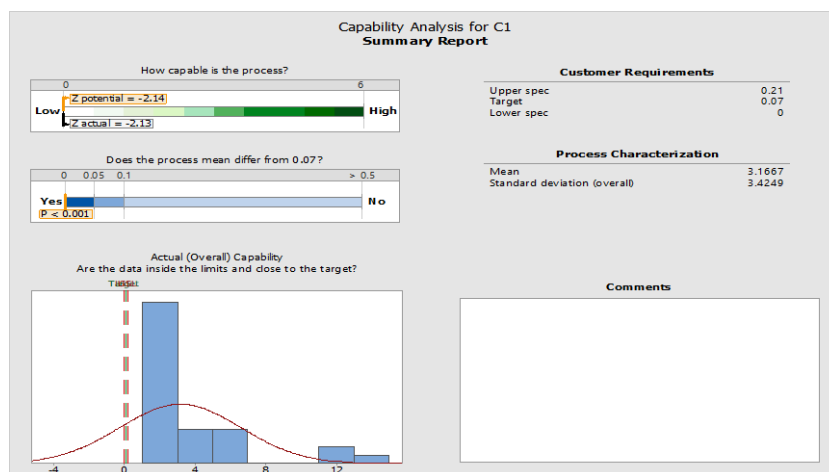


نمودار (۵): درصد خرابی P برای داده‌های فازی



نمودار (۶): درصد خرابی P برای داده‌های فازی

نمودار (۵) و (۶) نشان می‌دهد که فرآیند از نظر نمودار p برای داده‌های فازی در کنترل نبوده و نمونه شماره ۱۹ از کنترل خارج می‌باشد درحالی‌که در شرایط غیرفازی و کلاسیک نمونه‌های ۱۷ و ۱۹ از کنترل خارج بوده‌اند. همچنین فرآیند از نظر نمودار p فازی دارای ۶ درصد خرابی (DPU)، ۶۳۸۳۳ خرابی در یک میلیون تولید (PPM)، ۹۵ نقص در ۱۵۰۰ نمونه اخذ شده می‌باشند.



نمودار (۷): حدود کنترل و سطح سیگمای داده‌های فازی

نمودار (۷) حاکی از آن است که فرآیند از نظر نمودار P فازی دارای حد بالای کنترل (UCL) برابر ۰/۲۱، حد پایین کنترل (LCL) برابر صفر و حد مرکزی (CL) برابر ۰/۰۷ می باشد و همچنین به طور میانگین در هر نمونه ۳/۱۶ نقص با انحراف معیار ۳/۴۲ وجود داشته است. از نظر سطح سیگما ۲/۱۴ از عدد ۳ با اطمینان ۹۵ درصد را نشان می دهد.

۵ نتیجه گیری و پیشنهادات

هدف از پژوهش حاضر طراحی مدل کاربردی کنترل آماری فرآیند در محیط فازی و اثرات آن در شرکت صنعتی داداش برادر می باشد. خلاصه نتایج تحقیق بر اساس خروجی های نرم افزارهای MINITAB و MATLAB به شرح زیر می باشد؛ پس از جمع آوری اطلاعات برای اجرای مدل فازی، از سیستم نمونه گیری در ایستگاه بازرسی نهایی استفاده شده است. داده ها به صورت ۳۰ نمونه ۵۰ تایی جمع آوری شده که مربوط به ۳۰ روزکاری تولید شکلات بوده است. با توجه به ماهیت نقص های هفت گانه شکلات برای هریک از آن ها تابع عضویت جداگانه ای تعریف شد. توابع عضویت از اعداد به دست آمده از فرآیند تولید شرکت صنعتی داداش برادر، اعداد فازی دوزنقه ای ایجاد کرده اند. اعداد فازی برای هر نوع نقص، حساسیت مدل برای تصمیم بر اساس اطلاعات واقعی تر را افزایش داده و واحدهای تولیدی را به گونه ای در چهار گروه تقسیم می کند که بیان کننده کیفیت واقعی تر محصول است. گزینه های چهارگانه تصمیم گیری (تحت کنترل، نسبتاً تحت کنترل، نسبتاً خارج از کنترل یا خارج از کنترل) تأییدی برای فرضیه نگارنده، مبنی بر توانایی روش مد فازی و میانه فازی در ارائه سطوح چندگانه کیفی است. در روش مد و میانه فازی بیست نمونه تحت کنترل، چهار نمونه نسبتاً تحت کنترل، چهار نمونه نسبتاً خارج از کنترل و دو نمونه خارج از کنترل بودند. این قضیه نشانگر حساس و دقیق بودن روش SPC فازی می باشد.

نتایج نشان می دهد که فرآیند از نظر نمودار p برای داده های فازی در کنترل نبوده و نمونه شماره ۱۹ از کنترل خارج می باشند. همچنین فرآیند از نظر نمودار P فازی دارای ۶ درصد

خرابی (DPU)، ۶۳۸۳۳ خرابی در یک میلیون تولید (PPM)، ۹۵ نقص در ۱۵۰۰ نمونه اخذ شده می باشد؛ بنابراین نتایج نشان می دهد که فرآیند از نظر نمودار P برای داده های فازی دارای حد بالای کنترل 27/0 (UCL)، حد پایین کنترل (LCL) ۰ و حد مرکزی (CL) برابر ۰/۱۰ می باشد، همچنین به طور میانگین در هر نمونه ۳/۱۶ نقص با انحراف معیار ۳/۴۲ وجود دارد و از نظر سطح سیگما ۲/۱۴ از عدد ۳ با اطمینان ۹۵ درصد را نشان می دهد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج گولبای و دیگران^۱ (۲۰۰۴) که نمودارهای کنترل فازی معرفی شده توسط وانگ و روز^۲ (۱۹۹۰) را در سطح α برای وصفی ها پیشنهاد داده بودند همسو است. همچنین اسماعیل پور و همکاران (۲۰۰۹) مدل کنترل فرآیند آماری با روش مد فازی برای کنترل تعداد نقص های محصول و توسعه نمودار آماری فرآیند فازی نسبت نقص ها را ارائه کردند.

با توجه به نتایج تحقیق و فناوری به روز ماشین آلات تولیدی شرکت صنعتی داداش برادر که از حداقل درصد خطا برخوردار است، پیشنهاد می گردد مهارت کارکنان واحد کنترل کیفیت نیز در جهت اجرای کنترل فرآیند فازی با استفاده از آموزش های لازم و دوره های افزایش یابد. ضمناً در تحقیقات آتی سایر ابزارهای هفت گانه spc نیز موردسنجش قرار گیرند، همچنین با تغییر نوع صنعت مورد مطالعه، نتایج روش کلاسیک و فازی را مورد مطالعه قرار دهند.

1 Gülbay et al.

2 Wang and Raz

۶ مراجع

- Alinejad, K., dabbagh, R., Shirzad, A. (2019). Statistical Quality Control Based on the Process Capability Index and Control Charts with Fuzzy Approach (Case Study: Water and Wastewater Company of West Azerbaijan Province). *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 51(4), 699-712. doi: 10.22060/ceej.2018.13897.5504.
- Zhang, D. and Lu, Q. (2016), Robust regression analysis with LR-type fuzzy input variables and fuzzy output variable, *Journal of Data Analysis and Information Processing*, 4, 64-80.
- Sarina Abdul Halim Lim, Jiju Antony, Norin Arshed & Saja Albliwi (2017) A systematic review of statistical process control implementation in the food manufacturing industry, *Total Quality Management & Business Excellence*, 28:1-2, 176-189, DOI: 10.1080/14783363.2015.1050181
- Ebrahimi, E., Ghasem Akbari, M., & Etminan, J. (2012). Quality control chart C based on fuzzy data using bootstrap confidence interval and Yao-view meter. *11th national conference on intelligent systems*. Tehran. Iran. (In Persian). <https://civilica.com/doc/214610/>
- Alizadeh, H. M., & Ghomi, S. M. T. (2011). Fuzzy development of Mean and Range control charts using statistical properties of different representative values. *Journal of intelligent & fuzzy systems*, 22(5, 6), 253-265.
- Kaya, İ., & Kahraman, C. (2011). Process capability analyses based on fuzzy measurements and fuzzy control charts. *Expert systems with applications*, 38(4), 3172-3184.
- Noghondarian, K., (2009). *Statistical Quality Control*, Iran University of Science and Technology Press. Tehran. Iran. (In Persian).
- Esmailpour, R., Ramezani, M., Kazemof, F. (2009). Presenting a model of fuzzy statistical process control with fuzzy mode method to control product defects. *Industrial management journal*, 1(2), 1-18. (In Persian).
- Ertugrul, I., & Aytac, E. (2009). Construction of quality control charts by using probability and fuzzy approaches and an application in a textile company. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 20, 139-149.
- Gülbay, M., Kahraman, C., & Ruan, D. (2004). α -Cut fuzzy control charts for linguistic data. *International journal of intelligent systems*, 19(12), 1173-1195.

El-Shal, S. M. and Morris, A. S., (2000) "A Fuzzy Rule-Based Algorithm to Improve the Performance of Statistical Process Control in Quality Systems", *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems* Vol. 9, pp. 207-223.

Montgomery, D. C. (1997). Introduction to statistical quality control. New York, NY [u.a.]: Wiley. ISBN: 0471303534

Kahraman, C. and et al, (1995) "Using Triangular Fuzzy Numbers in the Tests of Control Charts for Unnatural patterns", INRIA/IEEE Conference, Paris-France, vol. 3, pp. 291-298.

Kanagawa, A., Tamaki, F., & Ohta, H. (1993). Control charts for process average and variability based on linguistic data. *The International Journal of Production Research*, (1), 91 -922.

Wang, J. H., & Raz, T. (1990). On the construction of control charts using linguistic variables. *The international journal of production research*, 28(3), 477-487.

Research paper

Designing a Statistical Process Control model in a Fuzzy Environment and investigation its result on Chocolate Industry

**Bahavar Aazarmizad¹, Kamaledin Rahmani Yoshanlui^{2*}, Alireza Bafandeh Zende²,
Sirous Fakhimiazer²**

Received:2021/09/02

Accepted:2021/11/22

Abstract

In engineering and industrial production, the quality control and quality engineering department are designing methods by which the factory can ensure the quality and customer-friendliness of its products. The main topic of quality control is related to sampling of products, inspection of those samples and generalization of results to the total accumulation of the product, which is done based on Statistical Method. This study aims to design an applied model of Statistical Process Control in a Fuzzy Environment and investigate its effects on Dadash Baradar Industrial Company. This is an applied and descriptive research. Considering the seven characteristics of Chocolate, the defects of the products are identified. Library studies are carried out to extract the number of defects, as a result of which a Fuzzy Mode Method is designed, then through meetings with experts and review of products samples, Fuzzy numbers appropriate to the type of defect were identified. Next, using Matlab software for the Fuzzy Mode Method, it was coded in U-C diagram to display the outputs as linguistic terms: under control, relatively under control, relatively out of control and out of control, which represent the quality level of the product. Based on the results of this model, it was found that the Statistical Process Control method in Fuzzy Environment has a more accurate and intelligent performance than the classical method. Due to this important issue, implementation of the new method was proposed to the company

Keywords: Chocolate, Fuzzy Environment, Fuzzy Mode, Statistical Process Control