(مقاله پژوهشی)

طراحی مدل کنترل فرآیند آماری از طریق سیستم استنتاج فازی برای کنترل مشخصه های وصفی در صنایع غذایی

بهاور آذرمی‌زاد[1]، کمال‌الدین رحمانی یوشانلوئی*[2]، علیرضا بافنده زنده[3]، سیروس فخیمی‌آذر[2]

۱- دانشجوی دکتری، 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.

چکیده

اهمیت کیفیت در صنعت برای بدست آوردن و تولید محصولات با کیفیت بالا دیرزمانی است که شناخته شده است. کیفیت در محیط تولید، قابلیت اتکاء را بهبود بخشیده، تولید را بالا برده و رضایت مشتری را جلب می‌کند. نمودارهای کنترل کلاسیک با استفاده از داده‌های دقیق و معین، فرآیندهای تولیدی را در دو گروه «رد» و یا «قبول» قرار می‌دهند. مشخصه‌های وصفی به دلیل ابهام در میزان عیب در کالا و تصمیم‌گیری توسط بازرس در شرایط فازی قرار دارند و مجموعه‌های فازی با تعریف توابع عضویت پیوسته و استفاده از داده‌های مبهم و نامعین با بهره‌گیری از اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه‌ای به صورت دسته‌های کنترلی طبقه‌بندی می‌شوند و سطح کیفی محصول را به‌صورت واقعی‌تر بیان می‌کنند. این تحقیق از نوع تحقیقات کاربردی و توصیفی می‌باشد که با هدف طراحی مدل کنترل فرآیند آماری از طریق سیستم استنتاج فازی برای کنترل مشخصه‌های وصفی در صنایع غذایی اجرا شده است. برای جمع‌آوری اطلاعات از سیستم نمونه‌گیری در ایستگاه بازرسی استفاده شده است و با توجه به ویژگی‌های حسی و فیزیکی، سطح کیفی شکلات‌های تولیدی تعیین گردید. در روش کلاسیک ۲۸ مورد «تحت کنترل» و فقط ۲ مورد «خارج از کنترل» شناسایی شد اما در بررسی با مدل طراحی شده فازی ۲۸ نمونه «تحت کنترل»، ۱ نمونه «نسبتاً تحت کنترل» و ۱ نمونه «خارج از کنترل» بودند، بر اساس نتایج تحقیق، پیشنهادات کاربردی به صنعت مربوطه توصیه گردید.

واژگان کلیدی: کنترل آماری فرآیند فازی، مد فازی، میانه فازی، سیستم استنتاج فازی

* مسؤل مکاتبات: kr13452000@yahoo.com

۱- مقدمه

کیفیت یک معیار تصمیم‌گیری از جانب مشتری و نه ابزار تصمیم برای مهندسان، بازار یا مدیریت سازمان است. این مبتنی بر تجربه واقعی مشتری از محصول و خدمت است که در مقابل الزامات مورد نظر تعیین می‌شود و هدف اصلی اندازه‌گیری کیفیت، تعیین و ارزیابی درجه و سطح محصول و خدمت مورد استفاده است (بارت[1]، ۱۳۹۷). کنترل فرآیند آماری (SPC)[2] مجموعه‌ای توانا از ابزارهای حل مشکل است که باعث ثبات در فرآیندهای تولید شده و توانایی تولید محصول با کیفیت را بالا می برد (جعفرنژاد، ۱۳۹۸). کنترل فرآیند آماری حین تولید، ابزار اصلی موردنیاز، جهت دست یافتن به چنین هدفی است؛ و همچنین یک تکنیک نمونه‌گیری است که کیفیت اقلام تولید شده را اندازه‌گیری می‌کند.

نمودارهای کنترل و کارایی فرآیند دو ابزار کاربردی مهم برای کنترل کیفیت آماری محسوب می شوند(علی‌نژاد و دیگران، ۱۳۹۸). در نمودارهای کنترل سنتی، داده‌ها از مقادیر واضح تشکیل شده‌اند. اما سیستم اندازه‌گیری که عمدتاً شامل اپراتور، ماشین‌آلات و شرایط محیطی است، می‌تواند شامل «عدم قطعیت» یا «ابهام» در داده‌های واضح باشد. این عدم قطعیت‌ها بر اساس فرآیند و سیستم اندازه‌گیری است که می‌تواند منجر به برخی مشکلات در بدست آوردن مقادیر واضح و قطعی از فرآیند شود(کایا[3] و همکاران، ۲۰۲۲). در این شرایط، نمودارهای کنترلی مبتنی بر نظریه مجموعه فازی، برای ارزیابی فرآیند مفیدتر هستند. برای این هدف، نظریه مجموعه فازی را می‌توان برای نمودارهای کنترل اتخاذ کرد. در این شرایط، نظریه مجموعه فازی از توسعه مفاهیم و تکنیک‌ها برای مقابله با منابع عدم قطعیت یا عدم دقت پشتیبانی می‌کند. سهم قابل توجه نظریه مجموعه فازی توانایی آن در ارائه و مدل‌سازی داده‌های زبانی و تقریبی برای فرآیند کنترل کیفیت است(کایا، ۲۰۲۱).

در بسیاری از سیستم‌های واقعی که همواره اطلاعات دقیق و قطعی در دسترس نبوده و اطلاعات به صورت مبهم و فازی وجود دارد، روش‌های فازی با استفاده از عبارات زبانی مناسب و اعداد فازی می‌توانند بررسی دقیق‌تری از وضعیت فرآیند تولید داشته باشند. در این تحقیق نمودارهای کنترل فازی با استفاده از قوانین فازی بسط داده شده و سپس شاخص کارآیی واقعی فرآیند جهت ارزیابی دقت، صحت و عملکرد فرآیند تولید در حالت فازی مورد بررسی قرار گرفته است تئوری مجموعه‌های فازی و متغیرهای تصادفی همواره

---

[1] Bart
[2] Statistical Process Control
[3] Kaya et al.

کوشیده‌اند که مبحث عدم قطعیت را به طور جداگانه مورد بررسی قرار دهند. اما در سیستم‌های واقعی همواره با مواردی مواجه هستیم که فرآیندها تحت تاثیر دو نوع عدم قطعیت قرار دارند. عدم قطعیت به دلیل عدم وجود اطلاعات کامل و دقیق و عدم قطعیت به دلیل ماهیت تصادفی ذاتی فرآیندها می‌باشد (فراز، ۱۳۹۰).

اگرچه نظریه مجموعه فازی مزایای بسیار خوبی برای مدل‌سازی عدم قطعیت دارد، گاهی اوقات صرف توجه به مجموعه‌های فازی بودن در نظر گرفتن یک سیستم یکپارچه نمی‌توانند عدم قطعیت را در نتیجه تعاریف واضح برای توابع عضویت مدل کنند (کایا[1]، ۲۰۲۱). بنابراین، سیستم استنتاج فازی که شامل توابع عضویت فازی است برای بهبود کیفیت مدل‌سازی عدم قطعیت پیشنهاد شده است. این سیستم قادر خواهد بود که بر اساس دانش موجود و پایگاه قوانین استنتاج به شکل مستقیم عدم قطعیت ها را مدل می‌کند (کایا[2] و تورگوت، ۲۰۲۱).

مطالعات مختلف بیشترین تمرکز خود را به فازی‌سازی حدود کنترل قرار داده و از ارائه یک سیستم ارزیابی و محاسباتی بر اساس پایگاه دانش خودداری نموده‌اند. در بسیاری از این مطالعات مانند مطالعه اسماعیل‌پور و همکاران(۱۳۸۸)، منطق طراحی نمودارهای کنترل همان منطق نمودارهای کنترل قطعی بوده است که در آنها فقط فازی‌سازی اعداد انجام گرفته و تغییر قابل توجهی در ساده‌سازی و افزایش کارایی نمودارهای کنترل برای شرکت‌ها صورت نگرفته است. بر همین اساس ضرورت دارد تا در تحقیقی اقدام به ارائه یک مدل کاربردی بر اساس سیستم استنتاج فازی به کمک مد و میانه فازی گردد. در رابطه با اهمیت موضوع از حیث کاربردی بودن، مطالعات و بررسی‌های محقق نشان می‌دهد که تا به حال در رابطه با ارائه مدل‌های کاربردی در زمینه نمودارهای کنترل بر اساس مد و میانه فازی در شرکت‌های استان آذربایجان‌شرقی کار زیادی از لحاظ ارائه الگوهای بومی انجام نگرفته است.

لذا با توجه به مباحث مطرح شده، مسئله‌ای که محقق را به انجام این تحقیق سوق داده، در درجه اول توجه به این موضوع بوده است که 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 ارزیابی حسی انجام می‌شود تا داده‌های وصفی را با روش‌هایی از قبیل آزمون 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 و ... می‌باشد و نتایج آن در صورت تکرار می‌تواند با تغییر شرایط متفاوت باشد. بر

[1] Kaya
[2] Kaya & Turgut

همین اساس، در این تحقیق برای توانمندکردن نمودارهای کنترل آماری از نظریه فازی استفاده شده و نمودارهای کنترل فازی برای مشخصه کیفی موردنظر ارائه گردیده است. برای این منظور نیز ابتدا یک سیستم استنتاج فازی طراحی و مدل‌سازی خواهد شد تا بر اساس آنچه کایا (۲۰۲۱) بیان نموده، بتوان عدم قطعیت را بر اساس توابع عضویت مدل نموده و یک سیستم پشتیبان تصمیم در اختیار داشت تا بتوان از طریق این سیستم پشتیبان تصمیم در زمان‌ها و مکان‌های مختلف نسبت ارزیابی محصولات با دقت و سرعت بالا اقدام نمود. این سیستم قادر خواهد بود که بر اساس دانش موجود و پایگاه قوانین استنتاج به شکل مستقیم عدم قطعیت‌ها را مدل می‌کند.

این تحقیق با هدف طراحی مدل کاربردی کنترل آماری فرآیند به روش مد و میانه فازی و مقایسه نتایج آن با روش کلاسیک انجام می‌شود. در راستای این هدف تحقیق، سوال اصلی پژوهش به این صورت تدوین می‌شود که مدل کاربردی کنترل آماری فرآیند به روش مد و میانه فازی چگونه مدلی بوده و نتایج آن با روش کلاسیک چه تفاوتی خواهد داشت.

۲- مواد و روش ها

این تحقیق از نظر هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی می‌باشد همچنین از بابت عملکری توصیفی-پیمایشی می‌باشد که به صورت میدانی اجرا می‌شود. روش آن نیز بدین ترتیب است که با انجام مطالعات کتابخانه‌ای، ابتدا یک سیستم استنتاج فازی برای نمودارهای کنترل فازی طراحی شده است. در طراحی این سیستم استنتاج فازی، از متغیرهای کلامی و اعداد فازی ذوزنقه‌ای بهره گرفته شده است. سپس بر اساس سیستم استنتاج طراحی شده، بر اساس مد و میانه فازی حدود کنترل نمودارها کنترلی مشخص گردیده است. از این سیستم در جهت کنترل تعداد نقص‌ها استفاده شده است. مدل مورد نظر در محیط نرم‌افزاری MATLAB R2018A و بر اساس تولباکس سیستم استنتاج فازی طراحی شده است. سیستم طراحی شده دارای هفت متغیر ورودی و یک متغیر خروجی بوده است. تحقیق حاضر در شرکت صنعتی داداش برادر که تولید کننده انواع شکلات، بیسکویت، ویفر، اسنک، کیک، آدامس، تافی و کارامل است، برای مشخصه‌های وصفی (کیفی) شکلات شیری انجام شده است. دلیل انتخاب مشخصه‌های کیفی این است که مشخصه‌های کمی را نمی‌توان به صورت فازی بیان کرد ولی مشخصه‌های کیفی و وصفی را می‌توان به صورت فازی بیان کرد. برای جمع آوری داده‌ها از روش مطالعه اسنادی استفاده شده است که در این تحقیق اسناد، فرم‌هایی هستند که بازرسان شرکت از آن برای کنترل نقص‌ها به صورت قطعی استفاده می‌کنند. از کنترل نقص‌های قطعی به منظور اعتبارسنجی و مقایسه آن با روش مد و میانه فازی استفاده می‌شود؛ همچنین فرم‌هایی برای کنترل نقص‌ها به صورت مشاهدات فازی طراحی شده و برای واردکردن مشاهدات فازی تعداد نقص‌ها (C) از

طیف فازی ذوزنقه‌ای استفاده شده است این طیف بخشی از ابزار جمع آوری داده‌ها است. طیف فازی ذوزنقه‌ای با استفاده از داده‌های تحقیق طراحی شده‌اند. برای اجرای مدل پس از جمع آوری اطلاعات، از سیستم نمونه‌گیری در ایستگاه بازرسی نهایی استفاده شده است. داده‌ها به صورت ۳۰ نمونه ۵۰ تایی جمع‌آوری شده که مربوط به ۳۰ روزکاری تولید محصولات شکلات بوده است. با توجه به ماهیت نقص‌های هفت‌گانه برای هریک از آنها تابع عضویت جداگانه‌ای تعریف شد. توابع عضویت از اعداد به دست آمده از فرآیند تولید شرکت صنعتی داداش برادر، اعداد فازی ذوزنقه‌ای ایجاد کرده اند و در نهایت در مرحله تحلیل داده‌ها، از نرم افزارهای Minitab 21.1.0 و MATLAB R2018A استفاده شده است.

۳- نتایج و بحث

با توجه به قلمرو زمانی این تحقیق داده‌های هشت ماه از اول مهر سال ۱۳۹۸ تا آخر اردیبهشت ماه سال۱۳۹۹ می‌باشد که در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: آمار تولید هشت ماه محصول شکلات

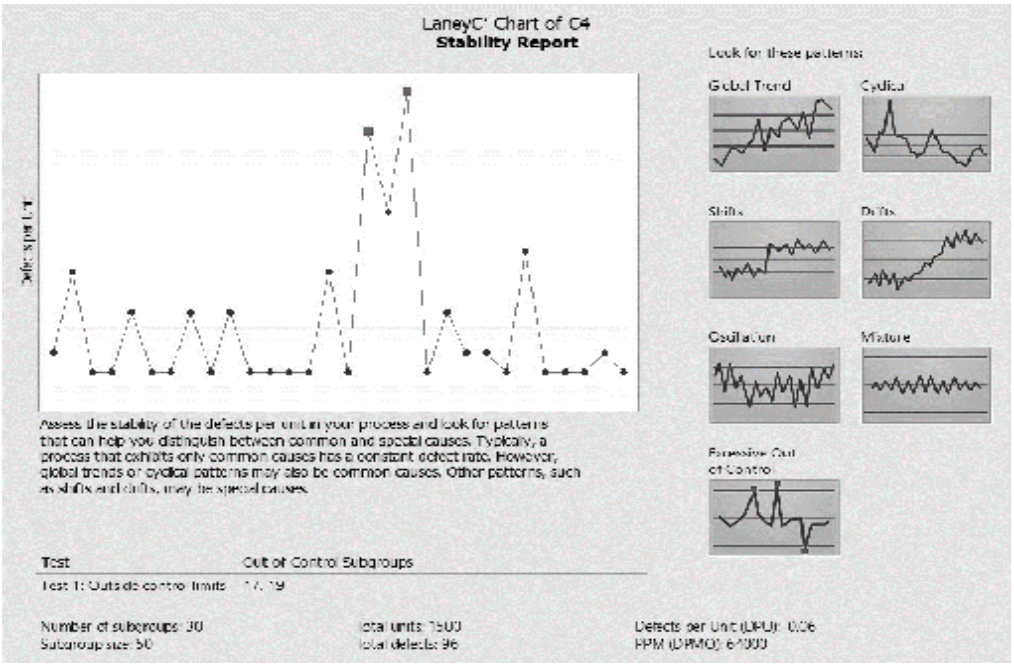
ماه	کیلوگرم
مهر ۹۸	۱۵۶۰۶۶
آبان ۹۸	۱۳۶۵۴۰
آذر ۹۸	۱۴۹۱۸۶
دی۹۸	۱۶۵۹۰۸
بهمن ۹۸	۱۷۳۷۶۳
اسفند۹۸	۱۱۳۹۹۵
فروردین۹۹	۳۵۴۰۷
اردیبهشت۹۹	۱۰۴۵۳۱
جمع کل	۱۰۳۵۳۹۶

جدول شماره ۲ نمایانگر داده‌های مربوط به تعداد نقص در شکلات از ۳۰ گروه ۵۰ تایی است که طی ۳۰ روزکاری تولید شکلات جمع‌آوری شده است.

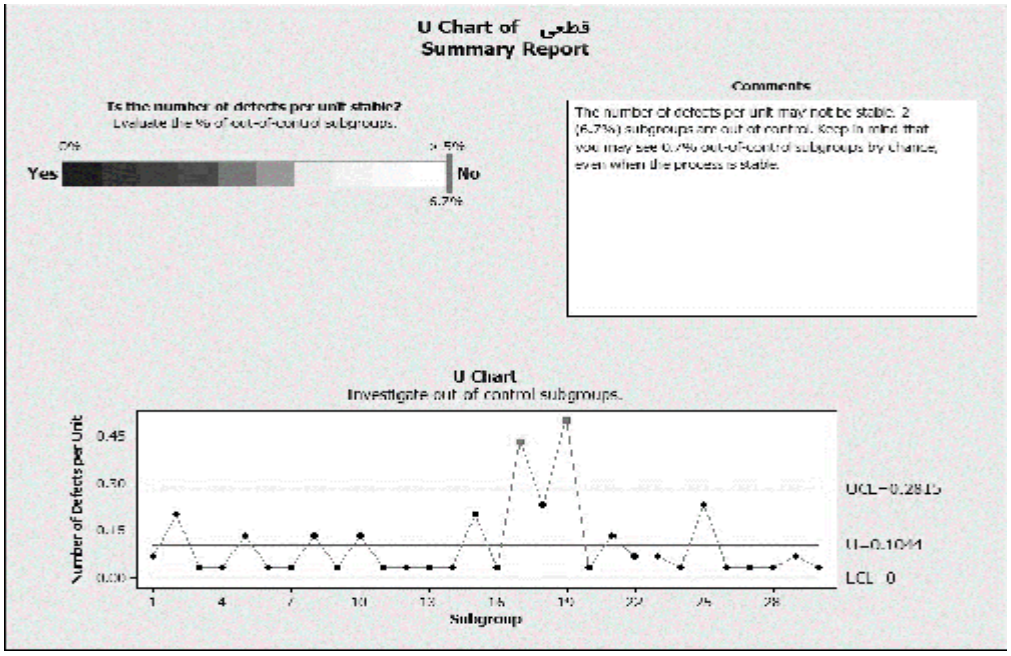
جدول ۲: اطلاعات بر مبنای اعدد غیر فازی(اعداد قطعی)

شماره گروه	اندازه نمونه	تعداد نقص(رنگ، عطر و طعم، بافت، ماسیدگی، شکوفه شکر، حس دهانی و مواد خارجی)
۱	۵۰	۲
۲	۵۰	٦
۳	۵۰	۱
٤	۵۰	۱
۵	۵۰	٤
٦	۵۰	۱
۷	۵۰	۱
۸	۵۰	٤
۹	۵۰	۱
۱۰	۵۰	٤
۱۱	۵۰	۱
۱۲	۵۰	۱
۱۳	۵۰	۱
۱٤	۵۰	۱
۱۵	۵۰	٦
۱٦	۵۰	۱
۱۷	۵۰	۱۳
۱۸	۵۰	۹
۱۹	۵۰	۱۵
۲۰	۵۰	۱
۲۱	۵۰	٤
۲۲	۵۰	۲
۲۳	۵۰	۲
۲٤	۵۰	۱
۲۵	۵۰	۷
۲٦	۵۰	۱
۲۷	۵۰	۱
۲۸	۵۰	۱
۲۹	۵۰	۲
۳۰	۵۰	۱

شکل‌های ۱ و ۲ نمودار کنترل تعداد نقص در ۳۰ گروه ۵۰ تایی با اطلاعات قطعی (کنترل فرآیند کلاسیک) می‌باشند که نشان می‌دهد فرآیند از نظر نمودار C و U درکنترل نمی‌باشد و نمونه‌های ۱۷ و ۱۹ از کنترل خارج می‌باشند.



شکل ۱: نمودار کنترل تعداد نقص C اطلاعات قطعی

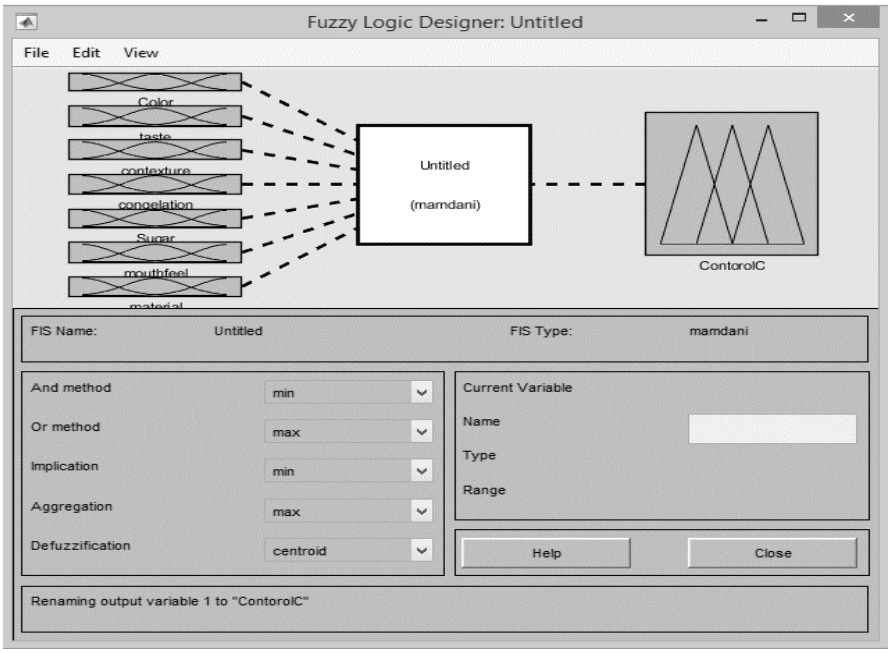


شکل ۲: نمودار کنترلU تعداد نقص بدون استفاده از اطلاعات قطعی

۱-۳- طراحی سیستم استنتاج فازی برای نمودارهای کنترلی

برای طراحی نمودارهای کنترل بر اساس سیستم استنتاج فازی، در مرحله اول بایستی ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم استنتاج را مشخص نمود. با توجه به هدف تحقیق، خروجی سیستم نمودارهای کنترل فازی خواهد بود که به عنوان تک خروجی سیستم استنتاج فازی تلقی می‌گردد. به منظور تعیین ورودی‌ها با توجه به محصول شکلات که برای مطالعه در این پژوهش انتخاب شده، از استاندارد موجود در تعیین کیفیت شکلات استفاده شده است. ماهیت نقص های هفت گانه شکلات به شرح ذیل می باشد: 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، کپک زدگی، صابونی، کهنگی، سوختگی و ترشیدگی باشد)، ۳- بافت (انواع شکلات، باید دارای بافت همگن باشد و در دمای ۱۸ تا ۲۰ درجه سانتیگراد 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 دانه های برآمده خاکستری رنگ 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 تشکیل دهنده باشد). بدین منظور ورودی‌های سیستم استنتاج فازی برای طراحی نمودار کنترل فازی دارای هفت ورودی رنگ، عطر و طعم، بافت، ماسیدگی، شکوفه شکر، حس دهانی و مواد خارجی خواهد بود. همچنین خروجی سیستم نمودار کنترل فازی می‌باشد که به عنوان تنها خروجی سیستم بر اساس هدف پژوهش انتخاب شده است.

بر همین اساس سیستم استنتاج فازی با هفت متغیر ورودی و یک متغیر خروجی به صورت شکل (۳) در نرم‌افزار متلب طراحی شده است.



شکل۳: مدل(سیستم استنتاج فازی) طراحی شده در این پژوهش

پس از طراحی سیستم استنتاج فازی نمودارهای کنترل، در ادامه فازی‌سازی متغیرهای ورودی و خروجی بر اساس واژه‌های زبانی و اعداد فازی ذوزنقه‌ای انجام شده است. در جدول (۳) واژه‌های زبانی و اعداد فازی معادل برای هفت متغیر رنگ، عطر و طعم، بافت، مواد خارجی، ماسیدگی، شکوفه شکر و حس دهانی نشان داده شده است. برای این متغیرها از یک طیف سه‌گزینه‌ای با فاصله‌های یکسان استفاده شده است.

جدول ۳: واژه‌های زبانی و اعداد فازی معادل برای ورودی‌های سیستم

مواد خارجی	بافت	عطر و طعم	رنگ	عدد فازی معادل	نماد
کم	نسبتاً غیر همگن	مزه و بوی غیر طبیعی کم	ناخالصی کم	(۰ ۰ ۲ ۳)	mf1
نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	(۲ ۳ ۷ ۸)	mf2
زیاد	کاملا غیر همگن	مزه و بوی طبیعی زیاد	ناخالصی زیاد	(۷ ۸ ۱۰ ۱۰)	mf3
–	حس دهانی	شکوفه شکر	ماسیدگی	عدد فازی معادل	نماد
–	حس خنکی کم	شکوفه شکر کم	ماسیدگی کم	(۰ ۰ ۲ ۳)	mf1
–	نرمال	نرمال	نرمال	(۲ ۳ ۷ ۸)	mf2
–	بدون حس خنکی	شکوفه شکر زیاد	ماسیدگی زیاد	(۷ ۸ ۱۰ ۱۰)	mf3

در جدول (۴) واژه‌های زبانی و اعداد فازی معادل برای متغیر خروجی نشان داده شده است.

جدول ٤: واژه‌های زبانی و اعداد فازی معادل برای خروجی سیستم

	کنترل	عدد فازی معادل	نماد
خروجی	خارج از کنترل	(۰ ۰ ۰/۵ ۱)	mf1
	نسبتاً خارج از کنترل	(۰/۵ ۱ ۱/۵ ۲)	mf2
	نسبتاً تحت کنترل	(۱/۵ ۲ ۲/۵ ۳)	mf3
	تحت کنترل	(۲/۵ ۳ ۷ ۷/۵)	mf4
	نسبتاً تحت کنترل	(۷ ۷/۵ ۸ ۸/۵)	mf5
	نسبتاً خارج از کنترل	(۸ ۸/۵ ۹ ۹/۵)	mf6
	خارج از کنترل	(۹ ۹/۵ ۱۰ ۱۰)	mf7

تدوین قوانین فازی، پس از فازی‌سازی متغیرهایی ورودی و خروجی انجام می‌گیرد. برای این منظور می‌توان از ترکیب ورودی‌ها استفاده نمود. با توجه به این‌که در سیستم ارائه شده، هفت متغیر ورودی وجود دارد که هر یک به سه واژه زبانی تقسیم شده‌اند، بنابراین حداکثر تعداد قوانین قابل تدوین شده برابر با k^n خواهد بود. در این رابطه k نشان دهنده تعداد واژه‌های زبانی و n نشان دهنده تعداد متغیرهای ورودی سیستم خواهد بود. بنابراین $۳^۷ = ۲۱۸۷$ قانون برای این سیستم وجود خواهد داشت که تعداد این قوانین بالا بوده و باعث پیچیدگی بیشتر سیستم خواهد شد. از طرفی مشخص کردن طرف نتیجه (آن‌گاه) پس از ترکیب قوانین به دلیل تعداد زیاد قوانین، برای خبرگان امکان‌پذیر نخواهد بود. بر همین اساس برای تدوین قوانین استنتاج‌فازی از روش قواعد وابستگی GRI که از روش‌های تولید قانون بر اساس ورودی و خروجی(استخراج قوانین وابستگی از داخل داده‌ها) می‌باشد، استفاده شده است. برای این منظور از اپراتور خواسته شده است تا سه نمونه ۳۰ تایی را بر اساس ورودی‌ها و هم بر اساس خروجی نمره‌گذاری نماید. داده‌ها وارد نرم‌افزار SPSS Celementine شده و تحلیل بر اساس این نرم‌افزار انجام گرفته است. در مرحله اول خروجی روش GRI ۱۸۵ قانون بوده است که در این مرحله بر اساس درصد اطمینان بالای ۵۰ درصد برای هر قانون، ۸۵ قانون وابستگی از مجموع قوانین حذف شده و در نهایت ۱۰۰ قانون با درصد اطمینان بالای ۵۰ درصد باقیمانده است که این قوانین به عنوان قوانین نهایی وارد بخش قوانین سیستم استنتاج فازی در نرم‌افزار متلب شده است. برخی از قوانین تولید شده به همراه درصد اطمینان و مقدار پشتیبانی در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول ۵: بخشی از قوانین وابستگی استخراج شده از روش GRI

شماره قانون	درصد اطمینان	درصد پشتیبانی	مقدم	نتیجه
۱	۱۰۰	٤٤/٤٤	اگر بافت شکلات نسبتاً غیر همگن باشد	آنگاه فرآیند خارج از کنترل خواهد بود
۲	۱۰۰	۳۳/۳۳	اگر شکوفه شکر شکلات کم باشد	آنگاه فرآیند خارج از کنترل خواهد بود
۳	۱۰۰	۳۳/۳۳	اگر ماسیدگی شکلات نرمال و شکوفه شکر شکلات زیاد باشد	آنگاه فرآیند نسبتاً تحت کنترل خواهد بود
٤	۱۰۰	۵۲/۲۳	اگر بافت شکلات نرمال و شکوفه شکر شکلات زیاد باشد	آنگاه فرآیند نسبتاً تحت کنترل خواهد بود
۵	۱۰۰	۵۲/۲۳	اگر بافت شکلات نرمال و ماسیدگی شکلات نرمال باشد	آنگاه فرآیند تحت کنترل خواهد بود
٦	۱۰۰	۵۲/۲۳	اگر عطر و مزه شکلات نرمال و شکوفه شکر شکلات نرمال باشد	آنگاه فرآیند تحت کنترل خواهد بود
۷	۱۰۰	۵۲/۲۳	اگر عطر و مزه شکلات نرمال، ماسیدگی شکلات نرمال و شکوفه شکر نرمال باشد	آنگاه فرآیند تحت کنترل خواهد بود
۸	۱۰۰	۳۳/۳۳	اگر عطر و مزه شکلات نرمال و بافت شکلات نرمال باشد	آنگاه فرآیند تحت کنترل خواهد بود
۹	۱۰۰	۳۳/۳۳	اگر عطر و مزه شکلات نرمال و شکوفه شکر شکلات نرمال باشد	آنگاه فرآیند تحت کنترل خواهد بود
۱۰	۱۰۰	۳۳/۳۳	اگر رنگ شکلات نرمال، ماسیدگی شکلات نرمال و شکوفه شکر شکلات نرمال باشد	آنگاه فرآیند تحت کنترل خواهد بود
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
۹۷	۵۰	۲۲/۲۲	اگر ماسیدگی شکلات کم، شکوفه شکر شکلات کم و حس دهانی دارای خنکی کمی باشد	آنگاه فرآیند خارج از کنترل خواهد بود
۹۸	۵۰	۲۲/۲۲	اگر بافت شکلات نسبتاً غیر همگن و مواد خارجی در شکلات کم باشد	آنگاه فرآیند خارج از کنترل خواهد بود
۹۹	۵۰	۲۲/۲۲	اگر بافت شکلات نسبتاً غیر همگن، شکوفه شکلات کم و مواد خارجی در آن کم باشد	آنگاه فرآیند خارج از کنترل خواهد بود
۱۰۰	۵۰	۲۲/۲۲	اگر بافت شکلات نسبتاً غیر همگن، ماسیدگی شکلات کم و شکوفه شکر در آن کم باشد	آنگاه فرآیند خارج از کنترل خواهد بود

نتایج جدول(۵) نشان می‌دهد که با استفاده از روش استخراج قواعد وابستگی GRI ۱۰۰ قانون استخراج شده، که این قوانین وارد بخش قوانین سیستم استنتاج فازی شده است.

از تست‌هایی که به منظور اطمینان از مناسب بودن سیستم طراحی شده انجام می‌گیرد، تست عددی و یا به عبارت بهتر اطمینان از میزان خطای خروجی سیستم طراحی شده می‌باشد. برای این منظور خروجی مورد انتظار در هر قانون با خروجی سیستم مقایسه شده و میانگین خطای سیستم محاسبه می‌شود. میانگین خطای سیستم که در حقیقت مجذور میانگین مربعات خطا یا MSE می‌باشد، به طور معمول هر چقدر به صفر نزدیک باشد مناسب خواهد بود. محاسبات مربوط به تست عددی در جدول (۶) نشان داده شده است.

جدول ٦: نتایج مربوط به تست عددی سیستم طراحی شده

شماره قانون	خروجی مورد انتظار y	خروجی سیستم $\overline{y}$	$(y-\overline{y})^2$
۱	۱	۱	۰
۲	۹	۹	۰
۳	۸	۸	۰
٤	۸	۷	۱
۵	۷	۷/۵	۰/۲۵
٦	٦	٦	۰
۷	٦	٦	۰
۸	٤	۵	۱
۹	۵	۵	۰
۱۰	۵	۵	۰
۱۱	۹	۱۰	۱
۱۲	۵	٤	۱
۱۳	۸	۸	۰
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
۹٦	۰/۵	۰	۰/۲۵
۹۷	۰	۰	۰
۹۸	۰	۰	۰
۹۹	۰	۰	۰
۱۰۰	۰	۰	۰
مقدار MSE			۰/۱۳

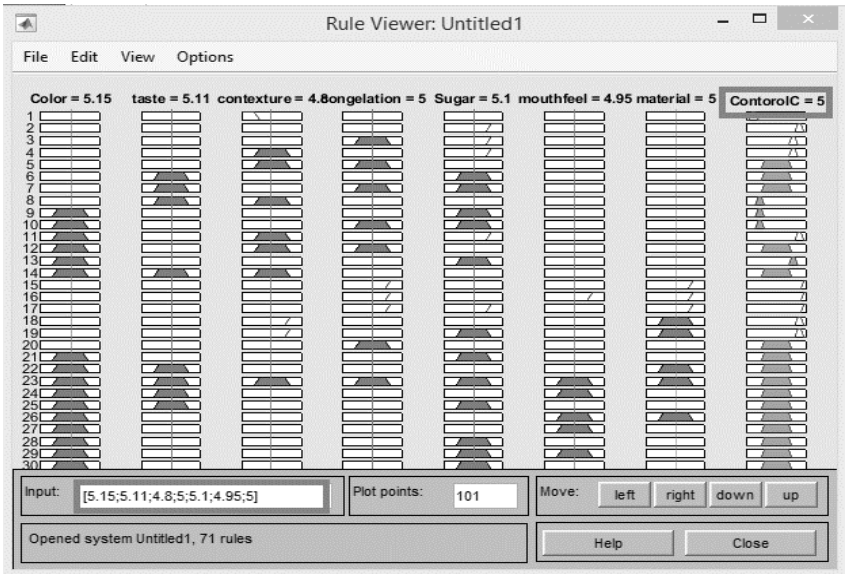
نتایج مربوط به تست عددی سیستم نشان می‌دهد که مقدار خطای بدست آمده برای سیستم طراحی شده برابر ۰/۱۳ است که نشان دهنده خطای پایین در سیستم طراحی شده می‌باشد

برای بررسی تحت کنترل بودن هر یک از نمونه‌ها از هر ویژگی بر اساس منطق موجود در متوسط تعداد نقص، میانگین گرفته شده است که در این بخش نیز برای هر هفت ویژگی میانگین فازی محاسبه شده است. نتایج میانگین‌های فازی در جدول (۷) نشان داده شده است.

جدول ۷: میانگین فازی نمونه اول

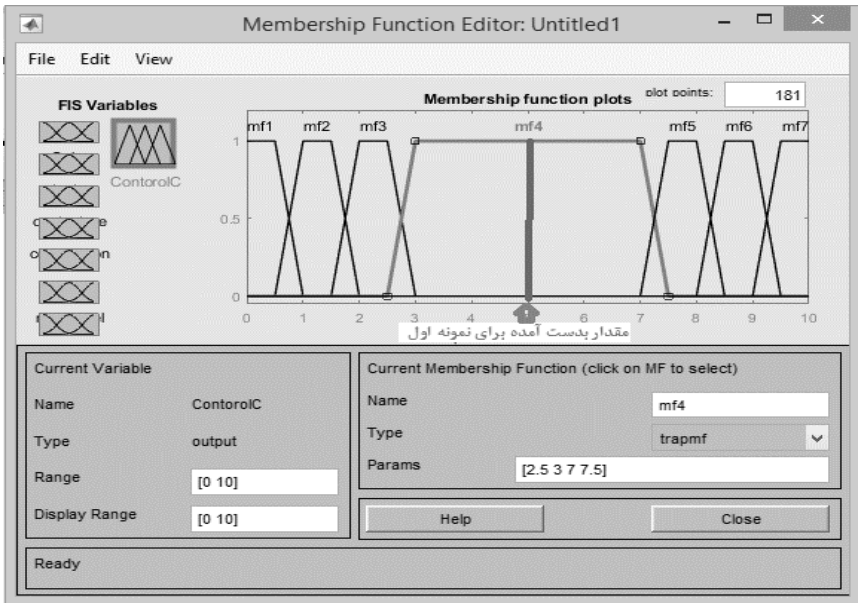
ویژگی	میانگین فازی نمونه اول				مقدار قطعی
رنگ	(۲/۳۰	۳/۲٤	۷/۰۸	۸/۰۲)	٥/۱٥
عطر و طعم	(۱/۹۲	۳/۹۰	٦/۸۰	۷/۸۰)	٥/۱۱
بافت	(۱/۷٦	۳/٦٤	٦/٤۰	۷/٤۰)	٤/۸۰
ماسیدگی	(۲/۰٦	۳/۰٤	٦/۹٦	۷/۹٤)	٥/۰۰
شکوفه شکر	(۲/۰٤	۳/۹٦	٦/۷۲	۷/٦۸)	٥/۱۰
حس دهانی	(۱/۸٤	۳/۷٦	٦/٦۰	۷/٦۰)	٤/۹٥
مواد خارجی	(۲/۱۲	۳/۰۸	٦/۹۲	۷/۸۸)	٥/۰۰
میانگین فازی	(۲	۳/٥۱	٦/۷۸	۷/۷٦)	-

پس از محاسبه مقدار دیفازی شده هر یک از نمونه‌ها، داده‌ها وارد سیستم گردیده و تحت کنترل بودن این نمونه بررسی شده است. نتایج در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل ٤: نتایج بررسی تحت کنترل بودن(نقص یا عدم نقص) یک نمونه بر اساس سیستم استتاج فازی

نتایج شکل (۴) نشان می‌دهد که مقدار بدست آمده برابر ۵ می‌باشد که دقیقا در میانه نمودار کنترل خروجی قرار گرفته است. شکل (۵) نشان دهنده این وضعیت است.



شکل ۵: مقدار خروجی مدل برای نمونه اول

با توجه به اینکه در این تحقیق مد و میانه فازی هدف بوده است، لذا برای نمونه اول مد فازی برابر [۶/۷۸ و ۳/۵۱] می‌شود که مقدار بدست آمده داخل این حدود کنترل قرار داشته و برای نمونه اول می‌توان عنوان نمود که فرآیند تحت کنترل بوده است. بر اساس میانه فازی (۷/۱۷ ۶/۷۸ ۳/۵۱ ۲/۹۱) که با استفاده از برش آلفا برای حدود کنترل بدست آمده و قطعی شده نشان دهنده مقدار ۵/۰۹۶ می-باشد، که این مقدار دقیقاً منطبق بر این ناحیه قرار دارد.

نتایج مربوط به ۳۰ نمونه بر اساس ورودی و خروجی سیستم طراحی شده به همراه با تحت کنترل بودن یا نبودن هر یک از نمونه‌ها در جدول(۸) نشان داده شده است.

جدول ۸: نتایج مربوط به ۳۰ نمونه ۵۰ تایی

شماره نمونه	مقادیر ورودی							خروجی سیستم	تصمیم گیری
	رنگ	عطر و طعم	بافت	ماسیدگی	شکوفه شکر	حس دهانی	مواد خارجی		
۱	۵/۱۵	٤/۸۵	٤/۵۵	۵/۰۰	٤/۸۵	٤/۷۰	۵/۰۰	۵/۰۰	تحت کنترل
۲	٤/۸۵	٤/٦۳	٤/۱۰	٤/۹۳	٤/٤۸	٤/۱۸	٤/٦۳	٤/۰۰	تحت کنترل
۳	٤/۷۰	٤/۵۵	٤/٤۸	٤/۹۳	٤/۵۵	٤/۱۰	٤/٤۰	٤/٤۵	تحت کنترل
٤	۵/۰۰	٤/۰۳	٤/۱۸	٤/۸۵	٤/۷۸	٤/٤۰	٤/۱۸	٤/۵۵	تحت کنترل
۵	۵/٤۵	۵/٦۰	۵/۰۸	۵/۱۵	٤/۹۳	۵/۳۸	۵/۱۵	٤/۲۱	تحت کنترل
٦	۵/۷۵	۵/٦۵	٤/۹۳	٦/۲۵	٦/۵۵	٤/٦۵	۵/۱۸	۵/۵۵	تحت کنترل
۷	٦/۸۰	۷/۹۸	۵/۳۵	۷/٦۸	٤/۳۵	۵/۵۵	۵/٦۸	۵/۰۰	تحت کنترل
۸	٦/٦۵	۷/۱۰	٤/۱۸	٤/٦۹	۵/۳٦	۵/۸٦	۷/۳٦	۵/۰۰	تحت کنترل
۹	٦/٤۳	٦/۰۵	٤/۹۲	۵/۰۳	٤/۳۳	۵/۲۵	۵/٦۰	۵/۰۰	تحت کنترل
۱۰	۵/۹۰	٤/۱۰	٤/۹۳	٤/٤۸	٤/۱۸	٦/۲۰	۸/۲۳	۵/٤۹	تحت کنترل
۱۱	٦/۱۳	٦/۳۵	۷/۵۳	٦/٦۸	٦/۰۳	۵/۵۵	۷/٦۳	۵/۸۵	تحت کنترل
۱۲	۷/۲۵	٦/٦۵	۸/۱۵	٦/۰۵	٦/۵۸	۸/۱۵	٦/۱۳	٦/۲۵	تحت کنترل
۱۳	۵/۹۸	۵/۸۸	۵/۱۷	۵/۸۳	۷/۸۲	٦/٦۳	۷/٦۸	٦/۱٤	تحت کنترل
۱٤	۵/۹۰	۵/۷۰	٦/٦۵	۵/۸۳	٤/٦۵	٦/٦۵	٤/۳۵	۵/۲۵	تحت کنترل
۱۵	٦/۰۵	۵/۳۵	٤/۱۸	۵/۵۳	٤/۷۸	٤/٤۰	٤/۸٤	٤/۹۳	تحت کنترل
۱٦	٦/۱۳	٤/۸۳	۵/۰۸	۵/۱۵	٤/۱۳	۵/٤۸	٤/٦۵	٤/۸۷	تحت کنترل
۱۷	۸/۳۸	۸/٤۵	۸/۳۸	۷/٤۸	۸/۲۳	۷/۸۵	۸/۵۳	۷/٦۸	نسبتاً تحت کنترل
۱۸	۵/٦۸	۷/٦۵	٦/۸۷	٦/۸۳	۷/۳٦	٤/۰۳	٤/۱۰	۵/۵۸	تحت کنترل
۱۹	۵/۰۰	۵/٦۸	۸/۵۳	۹/۲۵	۸/٦۸	۸/۵۳	۸/۳۸	۹/۱٤	خارج از کنترل
۲۰	۵/۲۳	۵/۵۳	۵/٤۵	٦/۵۷	٦/۰۵	۵/۷۵	۵/٦۰	۵/٤۵	تحت کنترل
۲۱	۵/۰۰	۵/۳۸	۵/۱٦	۵/۹۰	۵/۲۳	٤/۹۳	۷/۷۰	۵/۱٤	تحت کنترل
۲۲	٤/۹۳	٦/۵۵	۵/٤٦	۵/٦۳	۵/٤۸	٤/٦۸	۷/٦۳	۵/۳٦	تحت کنترل
۲۳	۵/٤۸	٤/٤۵	٤/۳٦	٦/٦۸	٤/۱۸	۳/۹٦	۵/٤۵	٤/۸۲	تحت کنترل
۲٤	٦/۸۳	٤/۰۳	۷/٦۹	٤/۰۳	۵/٦۳	٤/۵۸	۵/۳۸	۵/۳۷	تحت کنترل
۲۵	۵/۹۳	۵/۱۸	۸/۳۸	٤/۵۵	۵/۲۳	٦/٦۸	۵/۳۰	۵/۱۸	تحت کنترل
۲٦	٤/۱۰	٤/۹۳	٤/٤۸	٤/۱۸	۸/٤۵	۷/۵۵	۸/۲۳	۵/۰۵	تحت کنترل
۲۷	٦/۲۰	۷/۵۸	٤/۲۳	٤/۵۵	۵/٦۵	٤/۱۸	٤/۷۸	۵/۳۵	تحت کنترل
۲۸	٤/٤۵	٤/۸۵	۷/۸٦	٤/٦۸	۵/٤٦	٦/۵٦	٦/۲۳	۵/۰۵	تحت کنترل
۲۹	٤/۱۰	٤/۹۳	٤/٤۸	٤/۱۸	٤/۱۰	۵/٦۳	۵/۱۸	٤/۹۳	تحت کنترل
۳۰	٤/۲۵	۵/۳۰	۷/٦٤	۷/۳٦	٤/۳۳	۵/۸۳	۵/٤۸	۵/۰۰	تحت کنترل

نتایج جدول(۸) نشان می‌دهد که از مجموعه ۳۰ نمونه‌ای نمونه هفدهم در شرایط نسبتاً تحت کنترل و نمونه نوزدهم خارج از کنترل قرار گرفته است. از نمونه‌های نسبتاً تحت کنترل می‌توان در جهت درجه‌بندی محصولات استفاده نمود.

همان‌گونه که در بخش قبلی نیز بیان شد، با توجه به اینکه در این پژوهش مد و میانه فازی مد نظر بوده است؛ لذا برای تبیین بهتر وضعیت سیستم طراحی شده، مد و میانه هر یک از ورودی‌ها محاسبه و از طریق خروجی سیستم مورد مقایسه قرار گرفته است که نتایج در جدول (۹) نشان داده شده است.

جدول ۹: نتایج مد و میانه فازی برای نمونه ۳۰ تایی

شماره نمونه	مد فازی	میانه فازی	تصمیم‌گیری
۱	[٦.٧٨ ,٣.٥١]	٥.٠٩	تحت کنترل
۲	[٦.٢٥ ,٣.٠٥]	٤.٩٨	تحت کنترل
۳	[٦.٠٢ ,٣.١٤]	٤.٥٩	تحت کنترل
٤	[٦.٢٨ ,٣.١٨]	٤.٦٨	تحت کنترل
٥	[٦.٣٠ ,٣.٠٨]	٤.٢٣	تحت کنترل
٦	[٦.٨٠ ,٣.٥٥]	٥.٦٨	تحت کنترل
۷	[٦.٨٠ ,٣.٥١]	٥.٠٩	تحت کنترل
۸	[٦.٧٨ ,٣.٤٩]	٥.١١	تحت کنترل
۹	[٦.٧٨ ,٣.٥١]	٥.٠٩	تحت کنترل
۱۰	[٦.٨٠ ,٣.٦٥]	٥.٧٤	تحت کنترل
۱۱	[٦.٨٥ ,٣.٧١]	٥.٩١	تحت کنترل
۱۲	[٦.٨٧ ,٣.٦٤]	٥.٠٩	تحت کنترل
۱۳	[٦.٨١ ,٣.٥٨]	٥.٢١	تحت کنترل
١٤	[٦.٧٩ ,٣.٩٠]	٥.٢٢	تحت کنترل
١٥	[٦.٦٧ ,٣.٤١]	٤.٧٩	تحت کنترل
١٦	[٦.٨٠ ,٣.٥١]	٥.٠٩	تحت کنترل
١٧	[٨.٤٤ ,٧.٢٣]	٨.٠٩	نسبتاً تحت کنترل
١٨	[٦.٩٨ ,٣.٩٤]	٥.٦٨	تحت کنترل
١٩	[٩.٩٢ ,٨.٦٣]	٩.٥٣	خارج از کنترل
٢٠	[٦.٦٨ ,٣.٤٩]	٥.٠٩	تحت کنترل
٢١	[٦.٨١ ,٣.٥٥]	٥.٢١	تحت کنترل
٢٢	[٦.٩٠ ,٣.٦٤]	٥.٤٢	تحت کنترل
٢٣	[٦.٤٩ ,٣.٢٢]	٤.٩٦	تحت کنترل
٢٤	[٦.٨٤ ,٣.٨٠]	٥.٤٢	تحت کنترل
٢٥	[٦.٧٢ ,٣.٤٤]	٥.٢٨	تحت کنترل

٢٦	[٦.٨٢ ,٣.٥٣]	٥.١٨	تحت کنترل
٢٧	[٦.٨٤ ,٣.٦٣]	٥.٤٢	تحت کنترل
٢٨	[٦.٨٠ ,٣.٥١]	٥.١٨	تحت کنترل
٢٩	[٦.٢٥ ,٣.٠٥]	٥	تحت کنترل
٣٠	[٦.٧٦ ,٣.٤٨]	٥	تحت کنترل

نتایج جدول (۹) نشان می‌دهد که سیستم طراحی شده قادر است با در نظر گرفتن مد و میانه فازی، تحت کنترل و یا خارج از کنترل بودن فرآیند را نشان دهد.

۲-۳- بحث و مقایسه با برخی از پژوهش های پیشین

پژوهش‌های انجام شده مانند مطالعه ارتگرل و آیتک[1] (۲۰۰۹) که نمودارهای کنترل را با استفاده از روش‌های احتمالی و فازی با هدف ترکیب کنترل کیفیت‌آماری با تئوری مجموعه‌های فازی را انجام دادند، نمودارهای آماری فازی را برای متغیرها ارائه داده و از روش میان دامنه فازی در سطح آلفا استفاده کرده‌اند. همچنین با نتایج تحقیق گولبای و دیگران[2] (۲۰۰۴) که نمودارهای کنترل فازی معرفی شده توسط وانگ و رز را برای سطح α برای وصفی‌ها پیشنهاد دادند .

گولبای و قهرمان[3] (۲۰۰۶) 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. کیم، پارک، جی و پارک[4] (۱۹۹۷) در مقاله‌ای با عنوان"رویکردی جدید برای مدل سازی فازی"یک رویکرد جدید برای مدل‌سازی فازی پیشنهاد می‌کنند. مدل فازی پیشنهادی می‌تواند یک سیستم مجهول معین را با چند قانون فازی و همچنین مدل تاکاگی و سوگنو[5] (۱۹۸۵) بیان کند، زیرا ساختاری مشابه با مدل تاکاگی و سوگنو دارد. اسماعیل پور و همکاران (۱۳۸۸) مدل کنترل فرآیند آماری فازی با روش مد فازی برای کنترل تعداد نقص‌های محصول، توسعه نمودار آماری فرآیند فازی نسبت نقص ها ارائه کردند. مرادی طادی و آوخ دارستانی (۱۳۹۳) طی پژوهشی دریافتند که نمودارهای کنترل شوهارت، مهمترین

[1] Ertugrul et al.
[2] Gulbay et al.
[3] Gulbay and Kahraman
[4] Kim et al.
[5] Takagi and Sugeno

ابزارهای کنترل کیفیت آماری هستند که نقش مهمی در بازرسی وکنترل کیفیت محصولات دارد. در نمودار کنترل‌آماری برای داده‌های قطعی مفهوم کیفیت محصول توسط یک تابع دو عضوی صفر و یک به صورت درست یا نادرست بیان شده‌است .

کایا، اردوغان و یلدیز[1] (۲۰۱۷) دریافتند که تشخیص تغییرات در یک فرآیند در کوتاه‌ترین زمان مزایای قابل توجهی از نظر هزینه و کیفیت را به همراه دارد. هنگام در نظر گرفتن هزینه‌ای که به دلیل تاخیر در شناسایی تغییرپذیری ظاهر می‌شود، تشخیص انحراف در فرآیند به طور دقیق و سریع برای سرمایه گذاران اهمیت زیادی دارد که درتحقیق خود یک نمودار کنترل فازی برای اندازه‌گیری‌های فردی (FCCIM) برای استفاده در تعیین و کنترل در متغیرهای شاخص BIST-30 پیشنهاد داده‌اند .

وانگ، پارک، شی، ژانگ و شای[2] (۲۰۱۹) در تحقیق خود توجه اصلی‌شان را بر روی مشکلات پایداری و تثبیت یک کلاس از سیستم‌های آشوب‌زده (CSs) را با مدل فازی تاکاگی- سوگنو و نمونه‌برداری غیریکنواخت قرار دادند. این پروتکل داده‌های نمونه‌گیری فازی را بر اساس یک ایده تغییر یافته طراحی می‌کند تا مشکل پایداری چنین سیستم‌هایی را حل کند. جوزف دومبی و ابرار حسین[3] (۲۰۲۰) در تحقیق خود به یک کنترل‌کننده فازی با استفاده از محاسبات فازی و نوع جدیدی از تابع عضویت دست یافتند که روش جدید کنترل فازی پیشنهادی در مقایسه با تکنیک‌های کلاسیک بسیار ساده، سریع و از نظر محاسباتی کارآمد است و همچنین می‌تواند با پویایی فرآیند سازگار شود.

٤- نتیجه گیری

در سیستم طراحی شده می‌توان از تجربه کارشناسان صنایع برای تعیین درجه سخت‌گیری در هر ردیابی استفاده نمود. در حالی که این امر در روش کلاسیک وجود ندارد. به عبارتی بازرسین بخش کیفیت می‌توانند بر اساس نظر کارشناسان و یا تغییر در استانداردهای مورد نیاز محصول شکلات، میزان سخت‌گیری را کم و یا زیاد نمایند. همچنین بر اساس سیستم طراحی شده می‌توان شرایط فرآیند تولید و مواد اولیه در هر ردیابی را تحت تأثیر قرار داد. این امر بیشتر از آنجایی نشأت می‌گیرد که برای بررسی نقص و به عبارتی در کنترل بودن فرآیند تولید، از هر هفت معیار استاندارد مورد نیاز برای محصول شکلات به عنوان ورودی استفاده می‌گردد که می‌توان هر یک از آنها را در فرآیند کنترل به تنهایی مورد توجه قرار داده و ارزیابی نمود. در حالی که این امر در نمودارهای کنترل کلاسیک

[1] Kaya et al.
[2] Wang et al.
[3] Dombi and Hussain

امکان‌پذیر نخواهد بود. در سیستم طراحی شده حساسیت و دقت نتایج با توجه به این موضوع که در روش کلاسیک، نمونه‌ها بعضاً نزدیک حدود کنترل می‌باشند، ولی به دلیل اختلاف اندک با حدود کنترل(بیشتر یا کمتر بودن از حد بالا و پایین)، به عنوان یک محصول خارج از کنترل در نظر گرفته می‌شوند، اما در روش فازی می‌توان آنها را "نسبتاً تحت کنترل" معرفی کرد. در واقع روش‌فازی و به خصوص مد فازی بر اساس درصدی از مد فازی نمونه‌ها که درون یا بیرون حدود کنترل فازی نشان داده شده، میزان تحت کنترل یا خارج از کنترل بودن نمونه‌ها را در قالب چهار اصطلاح زبانی بیان می‌کند. شکستن طبقه‌های کلاسیک که به معنای تقسیم‌بندی واقعی‌تر محصولات است و دسته‌بندی آنها در چهار سطح به جای دو سطح، گزینه‌های تصمیم‌گیری بیشتری را در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهد که این امر باعث افزایش انعطاف‌پذیری و حساسیت و دقت نتایج در مواجهه با بازارها و مشتری‌های مختلف افزایش می‌دهد.

۵- منابع

۱. اسماعیل‌پور، ر.، رمضانیان، م. و کاظم اف، ف. ۱۳۸۸. ارائه مدل کنترل فرآیند آماری فازی با روش مد فازی برای کنترل تعداد نقصهای محصول. *نشریه مدیریت صنعتی*، دوره ۱، شماره ۲، ۱۸-۳.

۲. جعفرنژاد، ا.، قاسمیان صاحبی، ا.، معصومی، ب.، و رفعتی، آ. ۱۳۹۸. تحلیل روابط میان عوامل حیاتی موفقیت کنترل فرآیند آماری. *چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت صنعتی*، یزد.

۳. علینژاد، خ.، دباغ، ر. و شیرزاد، ا. ۱۳۹۸ .کنترل کیفیت آماری براساس شاخص کارایی فرآیندها و نمودارهای کنترل با رویکرد فازی (مطالعه موردی: شرکت آب و فاضلاب شهری استان آذربایجان غربی). *نشریه مهندسی عمران امیرکبیر*، دوره ۵۱، شماره ۴، ۷۱۲-۶۹۹.

۴. فراز، ع. ۱۳۹۰. بناسازی نمودار کنترل آماری– فازی فرآیند. تحقیق در عملیات در کاربردهای آن (ریاضیات کاربردی)، ۵۴-۴۵.

۵. مرادی طادی، ا. و آوخ دارستانی، س. ۱۳۹۳. توسعه‌ی نمودار کنترل IX-MR با استفاده از روش مد فازی. *کنفرانس بین المللی مهندسی، هنر و محیط زیست*.

6. Dombi, J. and Hussain, A. 2020. A new approach to fuzzy control using the distending function. *Journal of Process Control*, 86: 16-29.

7. Ertugrul, İ., and 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(2): 139-149.

8. Gulbay, M., and Kahraman, C. 2006. *Development of fuzzy process control charts and fuzzy unnatural pattern analyses*. Computational statistics & data analysis, 51(1): 434-451.

9. Gulbay, M., Kahraman, C., and Ruan, D. 2004. α□Cut fuzzy control charts for linguistic data. *International journal of intelligent systems*, 19(12): 1173-1195.

10. Kaya, I., 2021. Construction of u Control Chart by Type-2 Fuzzy Sets, *Proceedings Of the 4th International E-Conference on Advances in Engineering, Technology and Management -ICETM 2021*: 138-143.

11. Kaya, I., Devrim, E., and Baracli, H. 2022. Design of Attributes Control Charts for Defects Based on Type-2 Fuzzy Sets with Real Case Studies from Automotive Industry.1173-1195.

12. Kaya, I., Erdogan, M., and Yıldız, C. 2017. Analysis and control of variability by using fuzzy individual control charts. *Applied Soft Computing*, 51: 370-381.

13. Kaya, I., and Turgut, A. 2021. Design of variable control charts based on type-2 fuzzy sets with a real case study. *Soft Computing*, 25(1): 613-633.

14. Kim, E., Park, M., Ji, S., and Park, M. 1997. A new approach to fuzzy modeling. *IEEE Transactions on fuzzy systems*, 5(3): 328-337.

15. Sugeno, M. and Yasukawa, T. 1993. A fuzzy-logic-based approach to qualitative modeling. *in IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 1, no. 1, pp. 7.

16. Wang, X., Park, J. H., She, K., Zhong, S., and Shi, L. 2018. Stabilization of chaotic systems with T–S fuzzy model and nonuniform sampling: A switched fuzzy control approach. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 27(6): 1263-1271.

(Original Research Paper)

Designing a statistical process control model through a fuzzy inference system to control descriptive characteristic in the food industry

Bahavar Azarmizad[1], Kamaleddin Rahmani Yoshanlui[2*], Alireza Bafandeh Zendeh[3], Sirous Fakhimiazer[2]

1. Ph.D student, Management Department, Management, Economic and Accounting Faculty, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
2. Assistant prof., Management Department, Management, Economic and Accounting Faculty, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
3. Associate prof., Management Department, Management, Economic and Accounting Faculty, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

Abstract

The importance of quality in the industry to obtain and produce high quality products has been known for a long time. Quality in the production environment improves reliability, increase production and attracts customer satisfaction. Classical control diagrams, using precise and definite data, place production processes in two groups, «rejection» or «acceptance». Descriptive characteristics are in fuzzy conditions due to ambiguity in the number of defects in the product and decision making by the inspector, and fuzzy sets by defining continuous membership functions and using ambiguous and indefinite data by using triangular and trapezoidal fuzzy numbers in the form of control categories are classified and express the quality level of the product more realistically. This research is an applied and descriptive research, which was carried out with the aim of designing model of Statistical Process Control through a fuzzy inference system to control descriptive characteristics in the food industry. Sampling system has been used in the inspection station to collect information and according to sensory and physical characteristics, the quality level of the produced chocolates was determined. In the Classical Method, 28 cases were identified «under control» and only 2 cases were «out of control». But in the investigation with the fuzzy designed model, 28 samples were «under control», 1 sample was «relatively under control» and 1 sample was «out of control»; Based on the research result, practical suggestions were recommended to the relevant industry.

Keywords: Fuzzy SPC, Fuzzy Mode, Middle Fuzzy, Fuzzy Inference System.

[*]Corresponding Author: kr13452000@yahoo.com