

(Original Research Paper)

Designing a Statistical Process Control Model Through a Fuzzy Inference System to Control Descriptive Characteristic in the Food Industry

Bahavar Azarmizad¹, Kamaledin Rahmani Yoshanlui^{2*}, Alireza Bafandeh Zendeh³, Sirous Fakhimi Azar²

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

Received:05/01/2023

Accepted:25/02/2023

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

(مقاله پژوهشی)

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

بهاور آذرمی زاد^۱، کمال الدین رحمانی یوشانلوئی^{۲*}، علیرضا بافنده زنده^۳، سیروس فخمی آذر^۲

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.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۵

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 می کند. نمودارهای کنترل کلاسیک با استفاده از داده های دقیق و معین، فرآیندهای تولیدی را در دو گروه «رد» و یا «قبول» قرار می دهند. مشخصه های وصفی به دلیل ابهام در میزان عیب در کالا و تصمیم گیری توسط بازرس در شرایط فازی قرار دارند و مجموعه های فازی با تعریف توابع عضویت پیوسته و استفاده از داده های مبهم و نامعین با بهره گیری از اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه ای به صورت دسته های کنترلی طبقه بندی می شوند و سطح کیفی محصول را به صورت واقعی تر بیان می کنند. این تحقیق از نوع تحقیقات کاربردی و توصیفی می باشد که با هدف طراحی مدل کنترل فرآیند آماری از طریق سیستم استنتاج فازی برای کنترل مشخصه های وصفی در صنایع غذایی اجرا شده است. برای جمع آوری اطلاعات از سیستم نمونه گیری در ایستگاه بازرسی استفاده شده است و با توجه به ویژگی های حسی و فیزیکی، سطح کیفی شکلات های 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.

واژه های کلیدی: کنترل آماری فرآیند فازی، مد فازی، میانه فازی، سیستم استنتاج فازی.

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. کنترل فرآیند آماری (SPC)^۱ مجموعه‌ای توانا از ابزارهای حل مشکل است که باعث ثبات در فرآیندهای تولید شده و توانایی تولید محصول با کیفیت را بالایی برد (۲). کنترل فرآیند آماری حین تولید، ابزار اصلی مورد نیاز، 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 می‌شوند (۳). 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 به دست آوردن مقادیر واضح و قطعی از فرآیند شود (۱۱). 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 (۱۰). 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 کارایی 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 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 (۴). 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 نمی‌تواند عدم قطعیت را در نتیجه تعاریف واضح برای توابع عضویت مدل کنند (۱۳). 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 قطعیت‌ها را مدل می‌کند (۱۳). مطالعات مختلف بیشترین تمرکز خود را به فازی‌سازی حدود کنترل قرار داده و از ارائه یک سیستم ارزیابی و محاسباتی براساس پایگاه دانش خودداری نموده‌اند. در بسیاری از این مطالعات مانند مطالعه اسماعیل پور 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 ساده سازی 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

۲- مواد و روش ها

این تحقیق از نظر هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی می‌باشد همچنین از بابت عملکردی 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 وارد کردن 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 جمع آوری شده که مربوط به ۳۰ روز کاری تولید محصولات

بر اساس مد و میانه فازی در شرکت‌های استان آذربایجان-شرقی 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 همین اساس، در این تحقیق برای توانمند کردن 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 آن چه 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.

شکلات بوده است. با توجه به ماهیت نقص های هفت گانه 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 ذوزنقه ای ایجاد کرده اند و در نهایت در مرحله تحلیل داده ها، از نرم افزارهای

شکلات بوده است. با توجه به ماهیت نقص های هفت گانه 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 ذوزنقه ای ایجاد کرده اند و در نهایت در مرحله تحلیل داده ها، از نرم افزارهای

۳- نتایج و بحث

با توجه به قلمرو زمانی این تحقیق داده های هشت ماه از اول مهر سال ۱۳۹۸ تا آخر اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۹ می باشد 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
دی ۹۸	۱۶۵۹۰۸
بهمن ۹۸	۱۷۳۷۶۳
اسفند ۹۸	۱۱۳۹۹۵
فروردین ۹۹	۳۵۴۰۷
اردیبهشت ۹۹	۱۰۴۵۳۱
جمع کل	۱۰۳۵۳۹۶

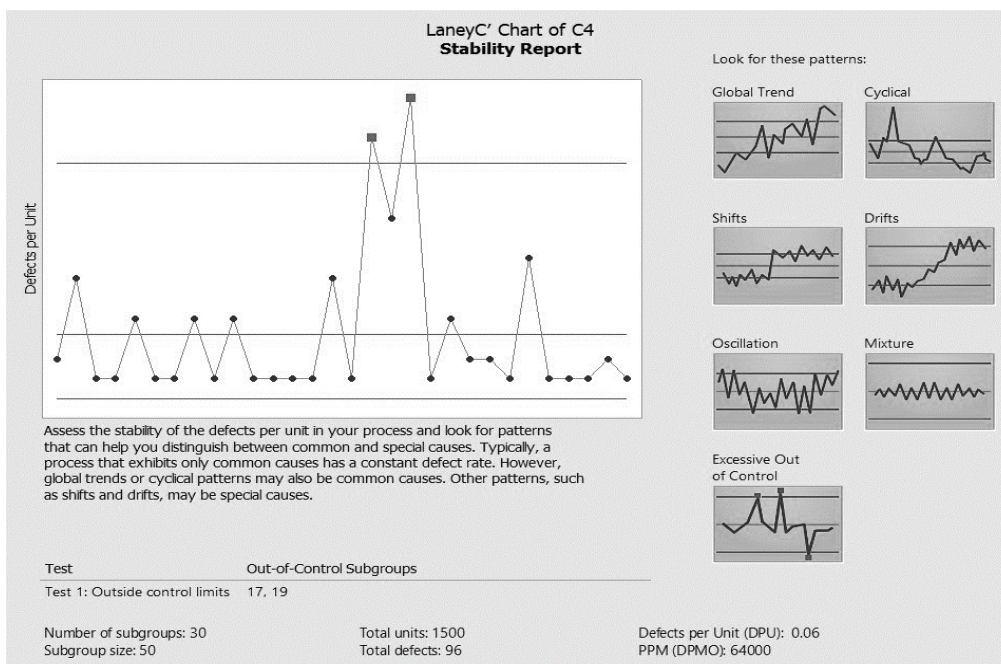
شکلات جمع آوری شده است.

جدول شماره ۲ نمایانگر داده های مربوط به تعداد نقص در شکلات از ۳۰ گروه ۵۰ تایی است که طی ۳۰ روز کاری تولید

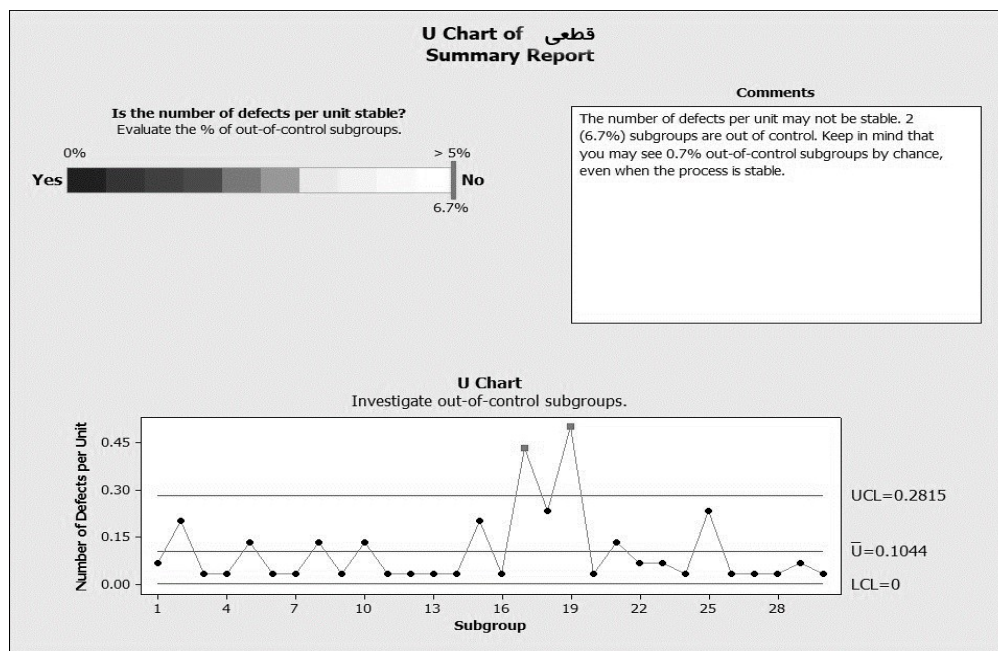
جدول ۲- اطلاعات بر مبنای اعداد غیر فازی (اعداد قطعی)

شماره گروه	اندازه نمونه	تعداد نقص (رنگ، عطر و طعم، بافت، ماسیدگی، شکوفه شکر، حس دهانی و مواد خارجی)
۱	۵۰	۲
۲	۵۰	۶
۳	۵۰	۱
۴	۵۰	۱
۵	۵۰	۴
۶	۵۰	۱
۷	۵۰	۱
۸	۵۰	۴
۹	۵۰	۱
۱۰	۵۰	۴
۱۱	۵۰	۱
۱۲	۵۰	۱
۱۳	۵۰	۱
۱۴	۵۰	۱
۱۵	۵۰	۶
۱۶	۵۰	۱
۱۷	۵۰	۱۳
۱۸	۵۰	۹
۱۹	۵۰	۱۵
۲۰	۵۰	۱
۲۱	۵۰	۴
۲۲	۵۰	۲
۲۳	۵۰	۲
۲۴	۵۰	۱
۲۵	۵۰	۷
۲۶	۵۰	۱
۲۷	۵۰	۱
۲۸	۵۰	۱
۲۹	۵۰	۲
۳۰	۵۰	۱

شکل های ۱ و ۲ نمودار کنترل تعداد نقص در ۳۰ گروه ۵۰ تایی می دهد فرآیند از نظر نمودار C و U در کنترل نمی باشد و با اطلاعات قطعی (کنترل فرآیند کلاسیک) می باشند که نشان نمونه های ۱۷ و ۱۹ از کنترل خارج می باشند.



شکل ۱- نمودار کنترل تعداد نقص C اطلاعات قطعی



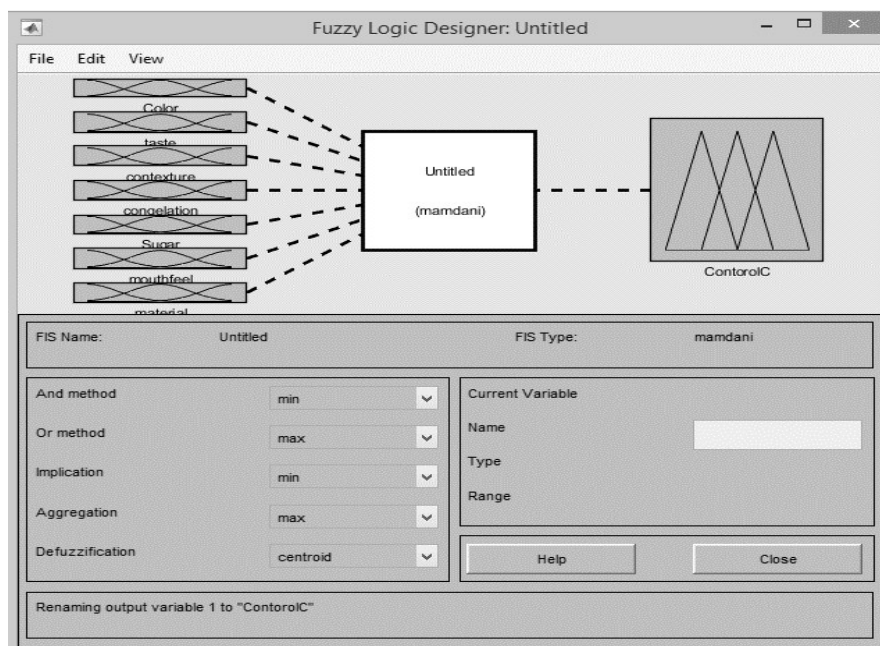
شکل ۲- نمودار کنترل U تعداد نقص بدون استفاده از اطلاعات قطعی

۳-۱- 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 نقص‌های هفت‌گانه شکلات به شرح ذیل می‌باشد: 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 برآق 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 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 تشکیل‌دهنده 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.



شکل ۳- مدل (سیستم استنتاج فازی) طراحی شده در این پژوهش

متغیر رنگ، عطر و طعم، بافت، مواد خارجی، ماسیدگی، شکوفه شکر و حس دهانی نشان داده شده است. برای این متغیرها از یک طیف سه گزیننه‌ای با فاصله‌های یکسان استفاده شده است.

پس از طراحی سیستم استنتاج فازی نمودارهای کنترل، در ادامه فازی سازی متغیرهای ورودی و خروجی بر اساس واژه های زبانی و اعداد فازی ذوزنقه‌ای انجام شده است. در جدول (۳) واژه‌های زبانی و اعداد فازی معادل برای هفت

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

نماد	عدد فازی معادل	رنگ	عطر و طعم	بافت	مواد خارجی
mf1	(۰ ۰ ۲۳)	ناخالصی کم	مزه و بوی غیر طبیعی کم	نسبتاً غیر همگن	کم
mf2	(۲۳ ۷۸)	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
mf3	(۷۸ ۱۰۱۰)	ناخالصی زیاد	مزه و بوی طبیعی زیاد	کاملاً غیر همگن	زیاد
نماد	عدد فازی معادل	ماسیدگی	شکوفه شکر	حس دهانی	-
mf1	(۰ ۰ ۲۳)	ماسیدگی کم	شکوفه شکر کم	حس خنکی کم	-
mf2	(۲۳ ۷۸)	نرمال	نرمال	نرمال	-
mf3	(۷۸ ۱۰۱۰)	ماسیدگی زیاد	شکوفه شکر زیاد	بدون حس خنکی	-

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

جدول ۴- واژه‌های زبانی و اعداد فازی معادل برای خروجی سیستم

نماد	عدد فازی معادل	کنترل	خروجی
mf1	(۰ ۰ ۵۱)	خارج از کنترل	
mf2	(۰/۵ ۱ ۱/۵ ۲)	نسبتاً خارج از کنترل	
mf3	(۱/۵ ۲ ۲/۵ ۳)	نسبتاً تحت کنترل	
mf4	(۲/۵ ۳ ۷ ۷/۵)	تحت کنترل	
mf5	(۷ ۷/۵ ۸ ۸/۵)	نسبتاً تحت کنترل	
mf6	(۸ ۸/۵ ۹ ۹/۵)	نسبتاً خارج از کنترل	
mf7	(۹ ۹/۵ ۱۰ ۱۰)	خارج از کنترل	

واژه‌های زبانی و n نشان دهنده تعداد متغیرهای ورودی سیستم خواهد بود. بنابراین $2^{187} = 3^4$ 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

تدوین قوانین فازی، پس از فازی‌سازی متغیرهایی ورودی و خروجی انجام می‌گیرد. برای این منظور می‌توان از ترکیب ورودی‌ها استفاده نمود. با توجه به این که 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

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.

برای تدوین قوانین استنتاج فازی از روش قواعد وابستگی GRI که از روش های 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 Celementine SPSS شده و تحلیل بر اساس این نرم‌افزار انجام گرفته است. در مرحله اول خروجی روش GRI ۱۸۵ قانون بوده است که در

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

شماره قانون	درصد اطمینان	درصد پشتیبانی	مقدم	نتیجه
۱	۱۰۰	۴۴/۴۴	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
۴	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
۶	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

وارد بخش قوانین سیستم استنتاج فازی شده است. از تست‌هایی که به منظور اطمینان از مناسب بودن سیستم طراحی

نتایج جدول (۵) نشان می‌دهد که با استفاده از روش استخراج قواعد وابستگی GRI ۱۰۰ قانون استخراج شده، که این قوانین

خطای سیستم که در حقیقت مجذور میانگین مربعات خطا یا MSE می باشد، به طور معمول هر چقدر به صفر نزدیک باشد مناسب خواهد بود. محاسبات مربوط به تست عددی در جدول (۶) نشان داده شده است.

شده انجام می گیرد، تست عددی و یا به عبارت بهتر اطمینان از میزان خطای خروجی سیستم طراحی شده می باشد. برای این منظور خروجی مورد انتظار در هر قانون با خروجی سیستم مقایسه شده و میانگین خطای سیستم محاسبه می شود. میانگین

جدول ۶- نتایج مربوط به تست عددی سیستم طراحی شده

شماره قانون	خروجی مورد انتظار y	خروجی سیستم \bar{y}	$(y - \bar{y})^2$
۱	۱	۱	۰
۲	۹	۹	۰
۳	۸	۸	۰
۴	۸	۷	۱
۵	۷	۷/۵	۰/۲۵
۶	۶	۶	۰
۷	۶	۶	۰
۸	۴	۵	۱
۹	۵	۵	۰
۱۰	۵	۵	۰
۱۱	۹	۱۰	۱
۱۲	۵	۴	۱
۱۳	۸	۸	۰
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
۹۶	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

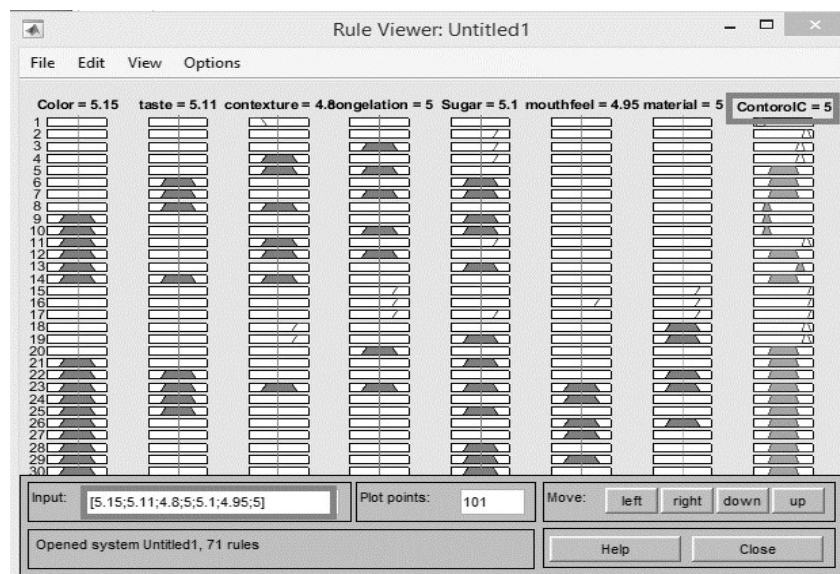
هر ویژگی بر اساس منطق موجود در متوسط تعداد نقص، میانگین گرفته شده است که در این بخش نیز برای هر هفت ویژگی میانگین فازی محاسبه شده است. نتایج میانگین های فازی در جدول (۷) نشان داده شده است.

نتایج مربوط به تست عددی سیستم نشان می دهد که مقدار خطای به دست آمده برای سیستم طراحی شده برابر ۰/۱۳ است که نشان دهنده خطای پایین در سیستم طراحی شده می باشد. برای بررسی تحت کنترل بودن هر یک از نمونه ها از

جدول ۷- میانگین فازی نمونه اول

ویژگی	میانگین فازی نمونه اول				مقدار قطعی
رنگ	(۲/۳۰	۳/۲۴	۷/۰۸	۸/۰۲)	۵/۱۵
عطر و طعم	(۱/۹۲	۳/۹۰	۶/۸۰	۷/۸۰)	۵/۱۱
بافت	(۱/۷۶	۳/۶۴	۶/۴۰	۷/۴۰)	۴/۸۰
ماسیدگی	(۲/۰۶	۳/۰۴	۶/۹۶	۷/۹۴)	۵/۰۰
شکوفه شکر	(۲/۰۴	۳/۹۶	۶/۷۲	۷/۶۸)	۵/۱۰
حس دهانی	(۱/۸۴	۳/۷۶	۶/۶۰	۷/۶۰)	۴/۹۵
مواد خارجی	(۲/۱۲	۳/۰۸	۶/۹۲	۷/۸۸)	۵/۰۰
میانگین فازی	(۲	۳/۵۱	۶/۷۸	۷/۷۶)	-

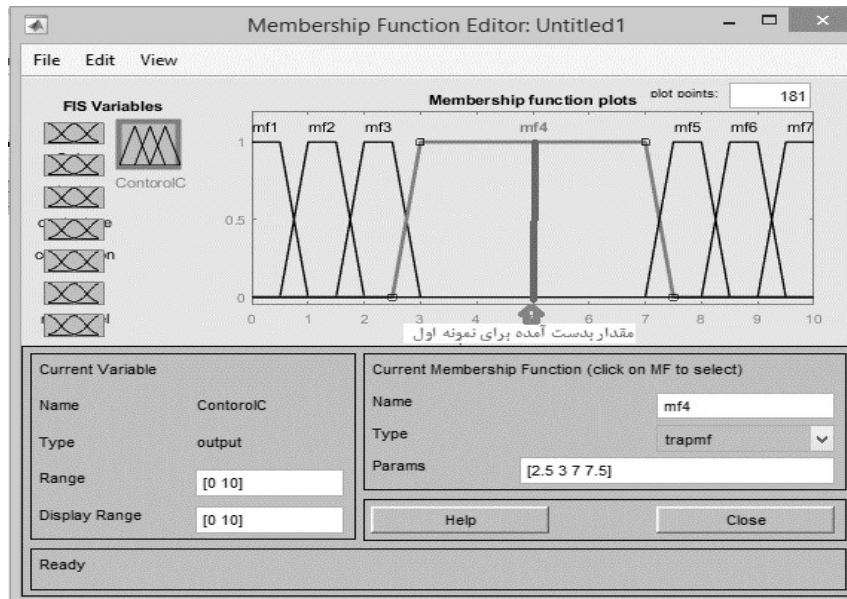
پس از محاسبه مقدار دیفازی شده هر یک از نمونه‌ها، داده‌ها وارد سیستم گردیده و تحت کنترل بودن این نمونه بررسی شده است. نتایج در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل ۴- نتایج بررسی تحت کنترل بودن (نقص یا عدم نقص) یک نمونه بر اساس سیستم استنتاج فازی

است. شکل (۵) نشان دهنده این وضعیت است.

نتایج شکل (۴) نشان می‌دهد که مقدار به دست آمده برابر ۵ می‌باشد که دقیقاً در میانه نمودار کنترل خروجی قرار گرفته



شکل ۵- مقدار خروجی مدل برای نمونه اول

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 نمونه ها در جدول (۸) نشان داده شده است.

با توجه به اینکه در این تحقیق مد و میانه فازی هدف بوده است، لذا برای نمونه اول مد فازی برابر $[۶/۷۸ و ۳/۵۱]$ می شود که مقدار به دست آمده داخل این حدود کنترل قرار داشته و برای نمونه اول می توان عنوان نمود که فرآیند تحت کنترل بوده است. بر اساس میانه فازی $(۲/۹۱ ۳/۵۱ ۶/۷۸ ۷/۱۷)$ که با استفاده از برش آلفا برای حدود کنترل به دست آمده و

جدول ۸- نتایج مربوط به ۳۰ نمونه ۵۰ تایی

شماره نمونه	رنگ	عطر و طعم	مقادیر ورودی			تصمیم‌گیری	
			بافت	ماسیدگی	شکوفه شکر		
			حس دهانی	مواد خارجی	خروجی سیستم		
۱	۵/۱۵	۴/۸۵	۴/۵۵	۴/۷۰	۴/۸۵	۵/۰۰	تحت کنترل
۲	۴/۸۵	۴/۶۳	۴/۱۰	۴/۹۳	۴/۴۸	۴/۰۰	تحت کنترل
۳	۴/۷۰	۴/۵۵	۴/۴۸	۴/۹۳	۴/۵۵	۴/۴۵	تحت کنترل
۴	۵/۰۰	۴/۰۳	۴/۱۸	۴/۸۵	۴/۷۸	۴/۵۵	تحت کنترل
۵	۵/۴۵	۵/۶۰	۵/۰۸	۵/۱۵	۴/۹۳	۴/۲۱	تحت کنترل
۶	۵/۷۵	۵/۶۵	۴/۹۳	۶/۲۵	۶/۵۵	۵/۵۵	تحت کنترل
۷	۶/۸۰	۷/۹۸	۵/۳۵	۷/۶۸	۴/۳۵	۵/۰۰	تحت کنترل
۸	۶/۶۵	۷/۱۰	۴/۱۸	۴/۶۹	۵/۳۶	۵/۰۰	تحت کنترل
۹	۶/۴۳	۶/۰۵	۴/۹۲	۵/۰۳	۴/۳۳	۵/۰۰	تحت کنترل
۱۰	۵/۹۰	۴/۱۰	۴/۹۳	۴/۴۸	۴/۱۸	۵/۴۹	تحت کنترل
۱۱	۶/۱۳	۶/۳۵	۷/۵۳	۶/۶۸	۶/۰۳	۵/۸۵	تحت کنترل
۱۲	۷/۲۵	۶/۶۵	۸/۱۵	۶/۰۵	۶/۵۸	۶/۲۵	تحت کنترل
۱۳	۵/۹۸	۵/۸۸	۵/۱۷	۵/۸۳	۷/۸۲	۶/۱۴	تحت کنترل
۱۴	۵/۹۰	۵/۷۰	۶/۶۵	۵/۸۳	۴/۶۵	۵/۲۵	تحت کنترل
۱۵	۶/۰۵	۵/۳۵	۴/۱۸	۵/۵۳	۴/۷۸	۴/۹۳	تحت کنترل
۱۶	۶/۱۳	۴/۸۳	۵/۰۸	۵/۱۵	۴/۱۳	۴/۸۷	تحت کنترل
۱۷	۸/۳۸	۸/۴۵	۸/۳۸	۷/۴۸	۸/۲۳	۷/۶۸	نسبتاً تحت کنترل
۱۸	۵/۶۸	۷/۶۵	۶/۸۷	۶/۸۳	۷/۳۶	۵/۵۸	تحت کنترل
۱۹	۵/۰۰	۵/۶۸	۸/۵۳	۹/۲۵	۸/۶۸	۹/۱۴	خارج از کنترل
۲۰	۵/۲۳	۵/۵۳	۵/۴۵	۶/۵۷	۶/۰۵	۵/۴۵	تحت کنترل
۲۱	۵/۰۰	۵/۳۸	۵/۱۶	۵/۹۰	۵/۲۳	۵/۱۴	تحت کنترل
۲۲	۴/۹۳	۶/۵۵	۵/۴۶	۵/۶۳	۵/۴۸	۵/۳۶	تحت کنترل
۲۳	۵/۴۸	۴/۴۵	۴/۳۶	۶/۶۸	۴/۱۸	۴/۸۲	تحت کنترل
۲۴	۶/۸۳	۴/۰۳	۷/۶۹	۴/۰۳	۵/۶۳	۵/۳۷	تحت کنترل
۲۵	۵/۹۳	۵/۱۸	۸/۳۸	۴/۵۵	۵/۲۳	۵/۱۸	تحت کنترل
۲۶	۴/۱۰	۴/۹۳	۴/۴۸	۴/۱۸	۸/۴۵	۵/۰۵	تحت کنترل
۲۷	۶/۲۰	۷/۵۸	۴/۲۳	۴/۵۵	۵/۶۵	۵/۳۵	تحت کنترل
۲۸	۴/۴۵	۴/۸۵	۷/۸۶	۴/۶۸	۵/۴۶	۵/۰۵	تحت کنترل
۲۹	۴/۱۰	۴/۹۳	۴/۴۸	۴/۱۸	۴/۱۰	۴/۹۳	تحت کنترل
۳۰	۴/۲۵	۵/۳۰	۷/۶۴	۷/۳۶	۴/۳۳	۵/۰۰	تحت کنترل

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.

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

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

شماره نمونه	مد فازی	میانه فازی	تصمیم‌گیری
۱	[۳.۵۱, ۶.۷۸]	۵.۰۹	تحت کنترل
۲	[۳.۰۵, ۶.۲۵]	۴.۹۸	تحت کنترل
۳	[۳.۱۴, ۶.۰۲]	۴.۵۹	تحت کنترل
۴	[۳.۱۸, ۶.۲۸]	۴.۶۸	تحت کنترل
۵	[۳.۰۸, ۶.۳۰]	۴.۲۳	تحت کنترل
۶	[۳.۵۵, ۶.۸۰]	۵.۶۸	تحت کنترل
۷	[۳.۵۱, ۶.۸۰]	۵.۰۹	تحت کنترل
۸	[۳.۴۹, ۶.۷۸]	۵.۱۱	تحت کنترل
۹	[۳.۵۱, ۶.۷۸]	۵.۰۹	تحت کنترل
۱۰	[۳.۶۵, ۶.۸۰]	۵.۷۴	تحت کنترل
۱۱	[۳.۷۱, ۶.۸۵]	۵.۹۱	تحت کنترل
۱۲	[۳.۶۴, ۶.۸۷]	۵.۰۹	تحت کنترل
۱۳	[۳.۵۸, ۶.۸۱]	۵.۲۱	تحت کنترل
۱۴	[۳.۹۰, ۶.۷۹]	۵.۲۲	تحت کنترل
۱۵	[۳.۴۱, ۶.۶۷]	۴.۷۹	تحت کنترل
۱۶	[۳.۵۱, ۶.۸۰]	۵.۰۹	تحت کنترل
۱۷	[۷.۲۳, ۸.۴۴]	۸.۰۹	نسبتاً تحت کنترل
۱۸	[۳.۹۴, ۶.۹۸]	۵.۶۸	تحت کنترل
۱۹	[۸.۶۳, ۹.۹۲]	۹.۵۳	خارج از کنترل
۲۰	[۳.۴۹, ۶.۶۸]	۵.۰۹	تحت کنترل
۲۱	[۳.۵۵, ۶.۸۱]	۵.۲۱	تحت کنترل
۲۲	[۳.۶۴, ۶.۹۰]	۵.۴۲	تحت کنترل
۲۳	[۳.۲۲, ۶.۴۹]	۴.۹۶	تحت کنترل
۲۴	[۳.۸۰, ۶.۸۴]	۵.۴۲	تحت کنترل
۲۵	[۳.۴۴, ۶.۷۲]	۵.۲۸	تحت کنترل
۲۶	[۳.۵۳, ۶.۸۲]	۵.۱۸	تحت کنترل
۲۷	[۳.۶۳, ۶.۸۴]	۵.۴۲	تحت کنترل
۲۸	[۳.۵۱, ۶.۸۰]	۵.۱۸	تحت کنترل
۲۹	[۳.۰۵, ۶.۲۵]	۵	تحت کنترل
۳۰	[۳.۴۸, ۶.۷۶]	۵	تحت کنترل

کیفیت آماری هستند که نقش مهمی در بازرسی و کنترل کیفیت محصولات دارد. در نمودار کنترل آماری 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^۶ (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 سرمایه‌گذاران اهمیت زیادی دارد که در تحقیق 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^۷ (۲۰۱۹) در تحقیق خود توجه اصلی‌شان را بر روی مشکلات پایداری و تثبیت یک کلاس از سیستم‌های آشوب‌زده (CSS) را با مدل فازی تاکاگی-سوگونو 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^۸ (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.

۴- نتیجه‌گیری

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 بازرسی بخش کیفیت می‌تواند بر اساس نظر کارشناسان و یا

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.

۳-۲- بحث و مقایسه با برخی از پژوهش‌های پیشین

پژوهش‌های انجام شده مانند مطالعه ارتگرل و آیتک^۱ (۲۰۰۹) که نمودارهای کنترل را با استفاده از روش‌های احتمالی و فازی با هدف ترکیب کنترل کیفیت آماری 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^۲ (۲۰۰۴) که نمودارهای کنترل فازی معرفی شده توسط وانگ و رز را برای سطح α برای وصفی‌ها پیشنهاد دادند. گولبای و قهرمان^۳ (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^۴ (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 سوگونو^۵ (۱۹۸۵) بیان کند، زیرا ساختاری مشابه با مدل تاکاگی و سوگونو 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 نقص‌ها ارائه کردند. مرادی طادی و آوخ دارستانی (۱۳۹۳) طی پژوهشی دریافتند که نمودارهای کنترل شوهارت، مهم‌ترین ابزارهای کنترل

1-Ertugrul et al.

2-Gulbay et al.

3-Gulbay and Kahraman

4-Kim et al.

5- Takagi and Sugeno

6- Kaya et al.

7- Wang et al.

8- Dombi and Hussain

کنترل فرآیند آماری. چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت صنعتی، یزد.

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

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. توسعه ی نمودار کنترل IX-MR با استفاده از روش مد فازی. کنفرانس بین المللی مهندسی، هنر و محیط زیست.

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

7. Ertugrul İ, Aytac E. Construction of quality control charts by using probability and fuzzy approaches and an application in a textile company. *Journal of intelligent manufacturing*. 2009; 20(2): 139-149.

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

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

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

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

تغییر در استانداردهای مورد نیاز محصول شکلات، میزان سخت گیری را کم و یا زیاد نمایند. همچنین بر اساس سیستم طراحی شده می توان شرایط فرآیند تولید و مواد اولیه در هر ردیابی را تحت تأثیر قرار داد. این امر بیشتر از آن جایی نشأت می گیرد 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 می گردد که می توان هر یک از آن ها را در فرآیند کنترل به تنهایی مورد توجه قرار داده و ارزیابی نمود. در حالی که این امر در نمودارهای کنترل کلاسیک امکان پذیر نخواهد بود. در سیستم طراحی شده حساسیت و دقت نتایج با توجه به این موضوع که در روش کلاسیک، نمونه ها بعضاً نزدیک حدود کنترل می باشند، 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 می شوند، اما در روش فازی می توان آن ها را "نسبتاً تحت کنترل" معرفی کرد. در واقع روش فازی و به خصوص مد فازی بر اساس درصدی از مد فازی نمونه ها که درون یا بیرون حدود کنترل فازی نشان داده شده، میزان تحت کنترل یا خارج از کنترل بودن نمونه ها را در قالب چهار اصطلاح زبانی بیان می کند. شکستن طبقه های کلاسیک که به معنای تقسیم بندی واقعی تر محصولات است و دسته بندی آنها در چهار سطح به جای دو سطح، گزینه های تصمیم گیری بیشتری را در اختیار تصمیم گیرندگان قرار می دهد که این امر باعث افزایش انعطاف پذیری و حساسیت و دقت نتایج در مواجهه با بازارها و مشتری های مختلف افزایش می دهد.

۵- منابع

۱. اسماعیل پور ر، رمضانیان م، کاظم اف ف. ارائه مدل کنترل فرآیند آماری فازی با روش مد فازی برای کنترل تعداد نقص های محصول. نشریه مدیریت صنعتی. ۱۳۸۸؛ ۲(۲): ۱۸-۳.

۲. جعفرنژاد، ا.، قاسمیان صاحبی، ا.، معصومی، ب.، و رفعتی، آ. ۱۳۹۸. تحلیل روابط میان عوامل حیاتی موفقیت

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

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

15. Sugeno M, Yasukawa T. A fuzzy-logic-based approach to qualitative modeling. *in IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. 1993;1(1): 7.