مجله ریاضیات کاربردی واحد لاهیجان، سال هشتم، شماره ۲ (پیاپی ۲۹)، تابستان ۹۰، ص ص ۵۴-۴۵
شاپا ۶۰۸۳-۲۰۰۸

بناسازی نمودار کنترل آماری- فازی فرایند

علیرضا فراز*
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مسجد سلیمان، گروه مهندسی صنایع ،مسجد سلیمان ، ایران

رسید مقاله: ۸۹/۱۱/۹
پذیرش مقاله: ۹۰/۳/۲۸

چکیده

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 فرایندها 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 فرایندها. این مقاله به بناسازی یک نمودار کنترل آماری – فازی فرایند در حضور این دو نوع عدم قطعیت می پردازد و با استفاده از یک مثال صنعتی، این موضوع را به تصویر می‌کشد.

کلمات کلیدی: مجموعه های فازی، آمار فازی، کنترل.

۱ مقدمه

نمودارهای کنترل از پرکاربردترین ابزارهای کنترل آماری فرایند بوده و نقش مهمی را در ارتقاء کیفیت فرایندها و محصولات ایفا می‌کنند. متداول‌ترین آن‌ها، نمودار کنترل شوهارت است که به منظور پایش محصول یا فرایندی تنها با یک مشخصه کیفی بکار می‌رود. در این نمودارها فرض بر آن است که داده‌ها و اطلاعات دقیق و قطعی است. این نمودارها سطح متوسط عملکرد فرایند و تغییرپذیری ذاتی آن را با معیار آماری میانگین و واریانس سنجیده و سعی در کنترل آن کمیت‌ها در طول زمان دارند. لذا به نمودارهای کنترل آماری معروف می باشند. این در حالی است که، در بسیاری از کاربردها، همواره اطلاعات دقیق و قطعی موجود نبوده بلکه اطلاعات، مبهم و فازی می‌باشند. نمودارهای کنترل فازی به بررسی عملکرد فرایندهایی با داده‌های فازی می پردازند. در تئوری مجموعه‌های فازی، داده‌های مبهم در قالب مجموعه‌های فازی در نظر گرفته می‌شوند و سپس هر مجموعه فازی با عملگرهای غیرفازی ساز مانند میانگین، میانه و مد فازی به اعدادی دقیق و مشخص تبدیل می‌شوند و سپس نمودارهای کنترل بناسازی می‌شوند. از معایب این روش ها این است که اولاً اطلاعات مجموعه‌های فازی بر اثر استفاده از عملگرهای غیرفازی ساز از دست می رود.

*عهده دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: *alireza.faraz@gmail.com*

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

ثانیاً عملگرهای متفاوت منجر به تصمیمات متفاوتی در مورد فرایندها می شوند که این خود نیز از دلایل عدم کارایی این گونه روش‌ها است. بنابراین در فرایندهایی با اطلاعات فازی نیاز به استفاده از روش هایی است که از عملگرهای غیرفازی ساز دوری جسته و علاوه بر ماهیت فازی فرایندها، جنبه‌ی تصادفی آن را نیز در نظر بگیرند. در این مقاله به معرفی یک روش نوین، برای پایش و کنترل فرایندها در حضور دو عدم قطعیت فازی و آماری، می‌پردازد.

نمودار کنترل پیشنهادی (نمودار کنترل آماری - فازی)، بر پایه یک ناحیه تحت کنترل فازی که یک فاصله اطمینان آماری – فازی است، بنا شده است. به منظور قضاوت در مورد فرایند، آماره‌ای تعریف می شود که درجه عدم انطباق نمونه‌های فازی را با این ناحیه سنجیده و نتیجه را در قالب عددی بین صفر و یک بیان می‌کند. عدد یک به این معنا است که نمونه گرفته شده هیچ تطابقی با ناحیه تحت کنترل نداشته و لذا می توان به صراحت عنوان کرد که فرایند خارج از کنترل است. عدد صفر به معنی آن است که فرایند کاملاً تحت کنترل است. در صورتی که عدد مذکور بین صفر و یک باشد، بدین معنی است که فرایند در حالتی فازی بین دو حالت قطعی تحت کنترل و خارج از کنترل قرار دارد و لذا می توان آن را به منزله یک هشدار در نظر گرفت. هرچه مقدار عددی آماره به یک نزدیکتر باشد، بدین معنی است که هشدار وخیم‌تر است. ساختار مقاله به شرح زیر است:

در بخش بعدی به مرور ادبیات موضوع پرداخته می شود. در بخش سوم، نمودار کنترل آماری- فازی پیشنهادی مورد بررسی قرار می گیرد. در بخش چهارم، در قالب یک مثال عددی، کاربرد روش مذکور نشان داده می شود و در بخش پایانی به جمع بندی و نتیجه گیری مطالب پرداخته می شود.

۲ مرور ادبیات

شوهارت(۱۹۳۷)، ابتدا نمودارهای کنترل آماری را با استفاده از داده‌های قطعی که تنها تحت تاثیر عدم قطعیت آماری قرار دارند، معرفی کرد[۶]. در این نمودارها برای طبقه بندی محصولات از یک تابع مشخصه دوتایی که محصول را به دو طبقه سالم و معیوب تقسیم می‌کند، استفاده می‌شود. این تابع عضویت تنها دو مقدار صفر و یک را می پذیرد. اما طبقه بندی دوتایی ممکن است در بسیاری از موقعیت ها مناسب نباشد، بویژه زمانی که کیفیت محصول نمی تواند قویاً به انطباق یا عدم انطباق اقلام تقسیم بندی شود. به عبارت دیگر ممکن است که تعدادی از سطوح کیفی بین دو سطح سالم و معیوب وجود داشته باشد. وانگ و راز (۱۹۹۰) و راز و وانگ (۱۹۹۰)، اولین محققانی بودند که متغیرهای زبانی کیفی مانند عالی، خوب، متوسط، ضعیف و بد را برای بیان سطوح متوسطی از کیفیت برگزیدند[۱۰]. کاناواگا (۱۹۹۳)، نیز متغیرهای زبانی را برای بیان خروجی فرایندها استفاده کرد[۳]. آن ها به کنترل توزیع احتمالی و زیربنایی داده‌های زبانی می‌پردازند که توسط راز و وانگ (۱۹۹۰)، در نظر گرفته نشده بود. اما مشکل و سختی روش آن‌ها در تعیین این توزیعات احتمالی است که کاربرد آن را بسیار محدود می‌نماید. تالب و لیمام (۲۰۰۲)[۹]، رویکرد دیگری را در ساختار نمودارهای کنترل فازی بر پایه داده‌های زبانی پیشنهاد کردند و نتیجه‌گیری کردند که نمودارهای کنترل فازی به درجه فازی بودن حساس بوده که این مخالف با نتیجه راز و وانگ (۱۹۹۰) است. در این روش ها، مجموعه های فازی متناظر با متغیرهای

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

زبانی توسط عملگرهای غیرفازی ساز به اعداد قطعی تبدیل می شوند که این امر سبب از دست دادن محتوای اطلاعاتی داده‌های اصلی(مشاهدات فازی) می‌شوند. به علاوه، تعدد عملگرهای غیرفازی ساز خود نیز مسئله‌ی دیگری است که منجر به اخذ تصمیمات مختلف و بعضاً متناقض با یکدیگر می‌شود. اخیراً گولبای و کهرمان (۲۰۰۷)، به بناسازی نمودارهای کنترل فازی برای متغیرهای زبانی پرداخته‌اند[۲]. از مزیت روش آنها عدم تبدیل نمونه‌های فازی به داده های قطعی است، اما برای بناسازی حدود کنترل فازی از قانون سه انحراف معیار استفاده شده است که وابستگی شدیدی به فرض توزیع نرمال بودن داده‌ها دارد. متاسفانه، این فرضیات در مقاله آن‌ها نادیده گرفته شده است. بعلاوه الگوریتم پیشنهادی برای تعیین حالات خارج از کنترل، نیاز به تعیین ۹ پارامتر و ۱۴ حالت مختلف دارد که با ملاحضات کاربردی همراه است. سنتورک و ارجینل (۲۰۰۸)، به بناسازی نمودارهای کنترل فازی $\overline{X}-S$ و $\overline{X}-R$ شوهارت پرداختند[۷]. آن‌ها مجدداً از قانون سه انحراف معیار برای بناسازی حدود کنترل استفاده کردند که به فرض نرمال بودن مشاهدات بستگی دارد که متاسفانه این فرضیات در نظر گرفته نشده است. شایان ذکر است، در حضور داده‌های فازی، واریانس داده‌های نرمال افزایش می‌یابد و لذا حدود کنترل عریض‌تر می گردند.

۳ نمودار کنترل فازی - آماری

در عمل موقعیت های زیادی وجود دارند که فرایندها دستخوش دو نوع عدم قطعیت فازی و آماری هستند. به عنوان مثال فرایندی را با یک مشخصه کیفی در نظر بگیرید که هدف آن کنترل مشخصه کیفی تصادفی در حضور عدم قطعیت حاکی از دستگاههای اندازه گیری ویا قضاوت افراد است. نمودارهای کنترل آماری از آنجا که عدم قطعیت فازی را در نظر نمی‌گیرند مناسب نمی‌باشند. از طرفی، نمودارهای کنترل فازی نیز ماهیت تصادفی بودن مشخصه کیفی را نادیده می گیرند. لذا بناسازی نمودارهایی که قادر به کنترل عدم قطعیت‌های فازی و آماری به طور همزمان باشند، از اهمیت خاصی برخوردار است که در این بخش به آن می‌پردازیم.

۳-۱ ناحیه کنترل فازی و متغیرهای تصادفی فازی

در این مقاله از مفهوم متغیرهای تصادفی فازی در مدل کردن فرایندها در حضور دو عدم قطعیت مذکور استفاده می کنیم. در این راستا، مشخصه کیفی فرایند تحت تاثیر دو تابع قرار دارد. تابع توزیع احتمال مشخصه کیفی، تغییرپذیری ذاتی فرایند را مدل می کند و ابهام موجود در فرایند به وسیله یک تابع عضویت فازی مدل می‌گردد. گیل و همکاران (۲۰۰۶) و شاپیرو (۲۰۰۹)، به طور جامع مفاهیم و تعاریف مختلف متغیرهای تصادفی را مورد بررسی قرار داده‌اند.

فرض کنید که مشخصه کیفی فرایند X دارای توزیع نرمال با پارامترهای (μ,σ) است. از طرفی به دلیل حضور عدم قطعیت فازی، مشاهدات در قالب یک عدد فازی LR به فرم $\tilde{X}_{LR}=<m,\ s,\ l,\ r>_{LR}$ گزارش داده می‌شوند که در آن $m \in \Re,$ متغیر تصادفی و مشتق پذیر است که مرکز عدد فازی را نشان می‌دهد. متغیر تصادفی و همواره مثبت S بیانگر نصف طول هسته و متغیرهای تصادفی مثبت r و l به ترتیب بیانگر گسترش راست و چپ عدد فازی می باشند. تابع عضویت این عدد فازی به فرم زیر است:

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

$$M_{\tilde{X}}(x)=\begin{cases}0 & x<m-s-l\\ L(\frac{m-s-x}{l}) & m-s-l\le x<m-s\\ 1 & m-s\le x<m+s\\ R(\frac{x-s-m}{r}) & m+s\le x<m+s+r\\ 0 & x>m+s+r\end{cases}\quad ,x\in\Re$$

با در نظر گرفتن توابع گسترش خطی $L(x) = R(x) = 1\text{-}x$ و همچنین $s = 0$، عدد فازی مثلی حاصل می شود. زمانی که عدم قطعیت فازی وجود نداشته باشد، توزیع مشخصه کیفی از متغیر تصادفی نرمال پیروی می کند.

از آنجا که میانگین و واریانس مشخصه کیفی فرایند مشخص نمی‌باشد، ابتدا لازم است که این دو پارامتر تخمین زده شوند. بنابراین، زمانی که فرض می‌شود فرایند تحت کنترل است، نمونه‌هایی به حجم n و به تعداد k از فرایند جمع‌آوری می‌شوند و بوسیله آنالیز این نمونه‌های اولیه، ابتدا میانگین فرایند به فرم زیر تخمین زده می شود:

$$\hat{\tilde{\mu}}_{LR}=<\hat{\mu}_m,\hat{\mu}_s,\hat{\mu}_l,\hat{\mu}_r>_{LR}=\frac{\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n}<m_{ij},s_{ij},l_{ij},r_{ij}>_{LR}}{kn}$$
$$=\frac{\sum_{i=1}^{k}<\overline{m}_i,\overline{s}_i,\overline{l}_i,\overline{r}_i>_{LR}}{k}=<\frac{\sum_{i=1}^{k}\overline{m}_i}{k},\frac{\sum_{i=1}^{k}\overline{s}_i}{k},\frac{\sum_{i=1}^{k}\overline{l}_i}{k},\frac{\sum_{i=1}^{k}\overline{r}_i}{k}>_{LR}=<\overline{\overline{m}},\overline{\overline{s}},\overline{\overline{l}},\overline{\overline{r}}>_{LR} \quad (۱)$$

حال حدود کنترل فازی در سطح خطای نوع اول α به صورت زیر محاسبه می باشند:

$$\tilde{ucl}_{LR}=\hat{\tilde{\mu}}_{LR}+z_{\alpha/2}\times\frac{\sigma}{\sqrt{n}}=<\overline{\overline{m}},\overline{\overline{s}},\overline{\overline{l}},\overline{\overline{r}}>_{LR}+z_{\alpha/2}\times\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$
$$=<\overline{\overline{m}}+z_{\alpha/2}\times\frac{\sigma}{\sqrt{n}},\overline{\overline{s}},\overline{\overline{l}},\overline{\overline{r}}>_{LR}$$
$$\tilde{lcl}_{LR}=\hat{\tilde{\mu}}_{LR}-z_{\alpha/2}\times\frac{\sigma}{\sqrt{n}}=<\overline{\overline{m}},\overline{\overline{s}},\overline{\overline{l}},\overline{\overline{r}}>_{LR}-z_{\alpha/2}\times\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (۲)$$
$$=<\overline{\overline{m}}-z_{\alpha/2}\times\frac{\sigma}{\sqrt{n}},\overline{\overline{s}},\overline{\overline{l}},\overline{\overline{r}}>_{LR}$$

که در آن σ انحراف معیار متغیر تصادفی فازی است. کورنر(۱۹۹۷)، نشان داد که این کمیت به فرم کلی زیر قابل محاسبه است:

$$Var(\tilde{X}_{LR})=\sigma_m{}^2+\sigma_s{}^2+\left(\frac{1}{2}\int_0^1\left(L^{(-1)}(\alpha)\right)^2 d\alpha\right)\sigma_l{}^2+\left(\frac{1}{2}\int_0^1\left(R^{(-1)}(\alpha)\right)^2\right)\sigma_r{}^2 \quad (۳)$$

در صورتی که توابع گسترش را خطی درنظر بگیریم یا زمانی که مشاهدات فازی به فرم اعداد ذوزنقه ای باشند، آن گاه می توان نوشت:

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

$$\sigma^2 = Var(\tilde{X}_{LR}) = {\sigma_m}^2 + {\sigma_s}^2 + \frac{{\sigma_l}^2}{6} + \frac{{\sigma_r}^2}{6} \qquad (۴)$$

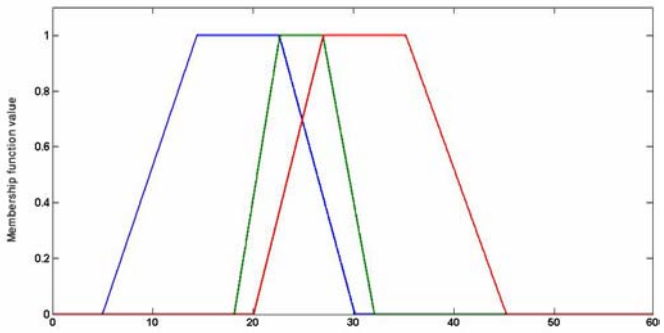
که برآورد ناااریب آن به قرار زیر است:

$$\overline{s}^2 = {\overline{s}_m}^2 + {\overline{s}_s}^2 + \frac{{\overline{s}_l}^2}{6} + \frac{{\overline{s}_r}^2}{6} \qquad (۵)$$

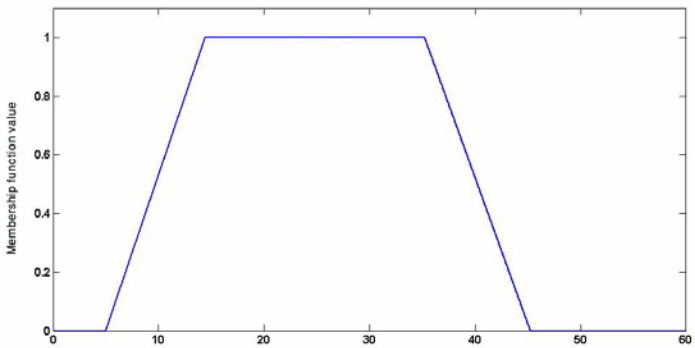
شایان ذکر است، برآوردگر ناااریب انحراف استاندارد به فرم $\hat{\sigma} = \frac{\sqrt{\overline{s}^2}}{c_4}$ است که در آن

$$.c_4 = \sqrt{\frac{2}{n-1}} \times \frac{\Gamma(\frac{n}{2})}{\Gamma(\frac{n-1}{2})}$$

شکل (۱)، حدود کنترل فازی بالا و پایین به دست آمده در معادله (۲) را همراه با عدد فازی مرکزی برای اعداد ذوزنقه ای به نمایش می‌گذارد. این حدود کنترل فازی ناحیه کنترل فازی را شکل میدهند که متناظر با عدد ذوزنقه ای $< \overline{\overline{m}}, \overline{\overline{s}} + z_{\alpha/2} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \overline{\overline{l}}, \overline{\overline{r}} >_{LR}$ می‌باشد که در شکل(۲) نشان داده شده است. به راحتی می توان نشان داد زمانی‌که داده ها قطعی می‌باشند، این ناحیه کنترل فازی همان فاصله اطمینان $100(1-\alpha)\%$ برای میانگین فرایند را نتیجه می دهد. شکل (۳) این فاصله اطمینان را به نمایش می‌گذارد.

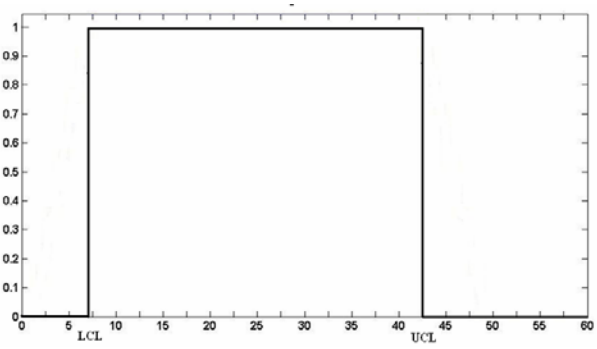


شکل ۱. حدود کنترل فازی بالا و پایین به همراه عدد فازی مرکزی برای اعداد ذوزنقه ای



شکل ۲. ناحیه کنترل فازی متناظر با شکل ۱

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]



شکل ۳. فاصله اطمینان قطعی متناظر با شکل ۲

۳-۲ آماره نمودار کنترل آماری - فازی

شکل‌های ۴ تا ۶ حالت‌های مختلف قرارگیری نمونه‌های فازی را نسبت به ناحیه کنترل فازی نشان می‌دهند. چنانچه مشخص است، مرزهای ناحیه کنترل فازی و همچنین نمونه‌های فازی مورب بوده که این مسئله تصمیم-گیری در مورد فرایند را مشکل می‌سازد. در این بخش به تعریف آماره‌ای می‌پردازیم که تصمیم‌گیری در مورد فرایند را ساده می‌کند.

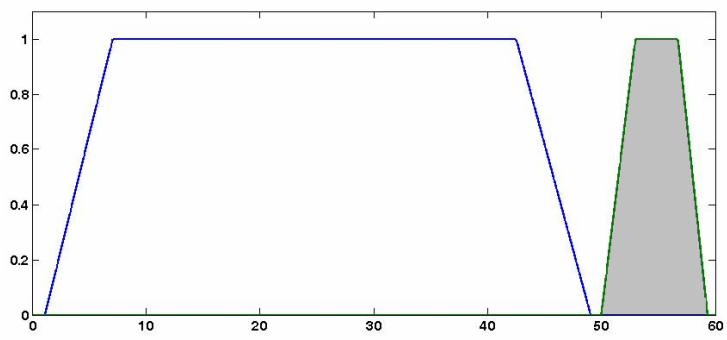
تعریف. دو مجموعه فازی، نرمال، محدب و حقیقی F_1 و F_2را در مجموعه مرجع X در نظر بگیرید. $\mu_{F_1}(x)$ و $\mu_{F_2}(x)$ به ترتیب بیانگر تابع عضویت دو مجموعه فازی می‌باشند. با توجه به این که مکمل نسبی مجموعه فازی F_1 نسبت به F_2، مجموعه ای فازی با تابع عضویت $\mu_{F_1-F_2}(x)=Max\{0,\mu_{F_1}(x)-\mu_{F_2}(x)\}$ می باشد، درصدی از مجموعه فازی F_1 که خارج مجموعه فازی F_2 قرار میگیرد به فرم زیر قابل محاسبه است:

$$A_{F_1}^{OUT}=\frac{\int \mu_{F_1-F_2}(x)dx}{\int \mu_{F_1}(x)dx} \qquad (۶)$$

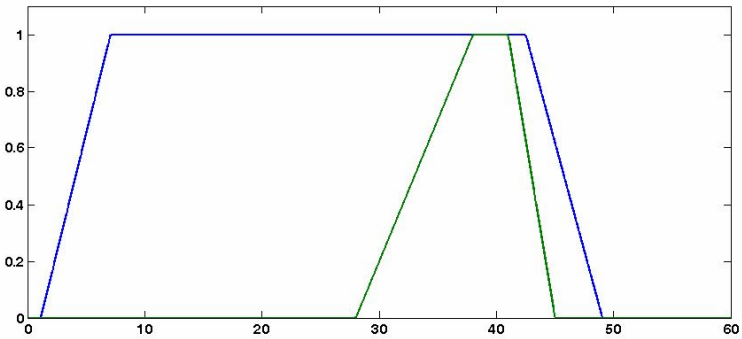
زمانی که مجموعه فازی F_1 به طور کامل خارج مجموعه فازی F_2 قرار میگیرد، $A_{F_1}^{OUT}=1$ است. $A_{F_1}^{OUT}=0$ بدین معنی است که مجموعه فازی F_1 به طور کامل درون مجموعه فازی F_2 قرار گرفته است و در غیر این صورت مقدار آماره فوق بیانگر درصدی از مجموعه فازی F_1است که خارج از مجموعه فازی F_2 قرار گرفته است.

مثال. عدد فازی ذوزنقه ای F_1=(39, 50, 52, 55) و ناحیه کنترل فازی F_2 = (1.15, 7.10, 42.50, 49.05) را در نظر بگیرید. شکل ۶ موقعیت این دو عدد نسبت به هم را به تصویر می‌کشد. ناحیه هاشور خورده مشخص کننده بخشی از نمونه فازی F_1 است که خارج از ناحیه کنترل فازی F_2 قرار دارد. مساحت این ناحیه نسبت به مساحت مجموعه فازی F_1 توسط آماره فوق محاسبه شده و مقدار $A_{F_1}^{OUT}=0.6803$ به دست آمده است. بنابراین به طور تقریبی، ۶۸٪ مجموعه فازی F_1 به مجموعه فازی F_2 تعلق ندارد و در نتیجه شواهد حاکی از آن است که فرایند در حال فاصله گرفتن از ناحیه تحت کنترل است.

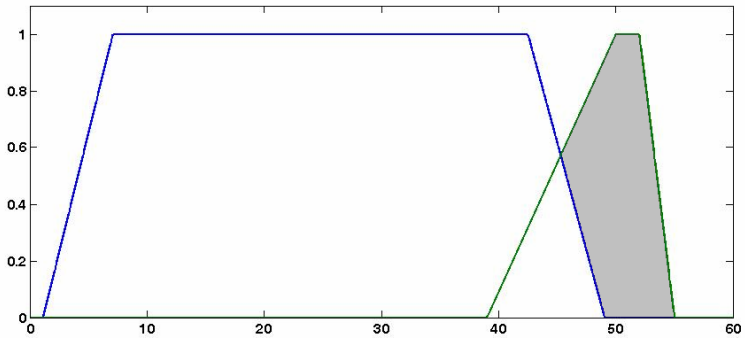
[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]



شکل ٤. مجموعه فازی F_1 به طور کامل خارج از مجموعه فازی F_2 است.



شکل ٥. مجموعه فازی F_1 به طور کامل درون مجموعه فازی F_2 است.



شکل ٦. بخشی از مجموعه فازی F_1 که خارج مجموعه فازی F_2 است.

حال نمونه هایی به حجم n و در فواصل زمانی h از فرایند جمع‌آوری میشود. میانگین فازی نمونه محاسبه شده و با استفاده از رابطه (۶) وضعیت جاری فرایند در مقایسه با ناحیه کنترل فازی سنجیده می‌شود. درصورتی‌که برای نمونه i-ام، $A_i^{OUT}=0$ شود، فرایند تحت کنترل است. درصورتیکه $A_i^{OUT}=1$ شود، فرایند خارج از کنترل است. در غیر این صورت کلیه مقادیری که بین صفر و یک می‌باشند بیانگر نوعی هشدار در خصوص سوق فرایند به حالت خارج از کنترل می‌باشند. هرچه مقدار آماره به عدد یک نزدیکتر شود، اهمیت و وخامت هشدار بیشتر می‌شود. لذا مهندسان کنترل کیفیت در صورت بروز هر گونه هشداری می‌توانند با توجه به سطح وخامت آن، نظارت و بازرسی سختگیرانه‌تری را بر روی فرایند اعمال دارند (افزایش حجم نمونه). در این مقاله استفاده از دو

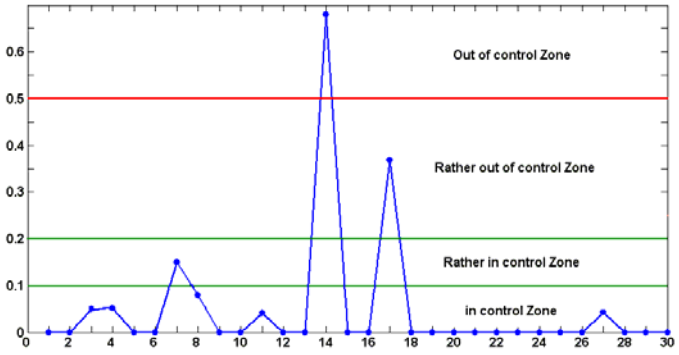
[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

خط هشدار پیشنهاد میشود: خط هشدار اول متناظر با برش در سطح اطمینان ۲۰ درصد و خط هشدار دوم متناظر با برش در سطح اطمینان ۵۰ درصد. لذا میتوان فرایند کنترل را در قالب تابع زیر خلاصه کرد:

$$\text{Process state} = \begin{cases} \text{in control} & A_{Sample}^{OUT} = 0 \\ \text{Rather in control} & 0 < A_{Sample}^{OUT} \le 0.2 \\ \text{Rather out of control} & 0.2 < A_{Sample}^{OUT} \le 0.5 \\ \text{out of control} & 0.5 < A_{Sample}^{OUT} \le 1 \end{cases} \quad (۷)$$

٤ مثال کاربردی

کارخانه سازنده وسایل الکترونیکی خواهان کنترل کیفیت خازن‌های تولیدی است. مقاومت الکتریکی خازن یکی از مشخصات مهم کیفی است که با استفاده از دستگاه های حساس الکترونیکی سنجیده می‌شوند. از طرفی با در نظر گرفتن خطای اندازه گیری و همچنین شرایط محیطی آزمایشگاه، داده‌ها در قالب اعداد فازی ذوزنقه‌ای گزارش می‌شوند. با آنالیز اولیه داده‌ها و در سطح خطای نوع اول $\alpha = 0.0027$، ناحیه کنترل فازی در قالب عدد فازی (1.15, 7.10, 42.50, 49.05) محاسبه می‌گردد. جدول(۱)، بیانگر میانگین ۳۰ نمونه متوالی هر یک به حجم ۳ خازن است. میزان خروج هر یک از نمونه های فازی از ناحیه تحت کنترل فازی توسط رابطه (۶) محاسبه شده و در ستون آخر جدول(۱) آورده شده است. شکل (۷) نمودار کنترل آماری – فازی را برای داده های جدول (۱) به نمایش می گذارد.



شکل ۷ . نمودار کنترل آماری – فازی برای داده های جدول ۱

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

جدول ۱. داده های فازی مقاوت الکتریکی خازن

No.	a	b	c	d	A_{Sample}^{OUT}
۱	۲۵	۳۰	۳۰	۳۵	۰
۲	۱۵	۲۰	۳۰	۳۵	۰
۳	۴	۵	۱۲	۱۵	/۰۴۹۵
۴	۳	۶	۶	۸	۰/۰۵۱۶
۵	۳۲	۳۸	۳۸	۴۵	۰
۶	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۰
۷	۳	۴	۸	۱۲	۰/۱۴۹۳
۸	۲۷	۳۶	۴۴	۵۰	۰/۰۷۹
۹	۹	۱۱	۱۵	۲۰	۰
۱۰	۷	۱۰	۱۳	۱۵	۰
۱۱	۳	۶	۶	۱۰	۰/۰۴۱۲
۱۲	۲۷	۳۲	۳۲	۳۷	۰
۱۳	۱۱	۱۳	۱۳	۱۵	۰
۱۴	۳۹	۵۰	۵۲	۵۵	۰/۶۸۰۳
۱۵	۲۸	۳۸	۴۱	۴۵	۰
۱۶	۳۳	۴۰	۴۰	۴۴	۰
۱۷	۲۸	۳۲	۵۰	۶۰	۰/۳۶۹
۱۸	۳۳	۳۹	۳۹	۴۳	۰
۱۹	۱۲	۱۵	۲۱	۳۸	۰
۲۰	۲۳	۲۸	۲۸	۳۶	۰
۲۱	۲۸	۳۲	۳۵	۴۲	۰
۲۲	۱۴	۱۸	۲۸	۳۳	۰
۲۳	۲۴	۳۰	۳۰	۳۴	۰
۲۴	۲۰	۲۵	۲۵	۳۱	۰
۲۵	۲۵	۳۱	۴۱	۴۶	۰
۲۶	۷	۱۰	۲۵	۲۸	۰
۲۷	۳	۵	۱۴	۲۰	۰/۰۴۲۹
۲۸	۲۳	۲۸	۳۵	۳۸	۰
۲۹	۱۷	۲۰	۲۵	۲۹	۰
۳۰	۵	۸	۸	۱۵	۰

با توجه به تابع (۷)، نتایج حاکی از آن است که تمامی نمونه‌ها در شرایط رضایت بخشی عمل می‌کنند به جزء نمونه های ۱۴ و ۱۷ که مقاومت الکتریکی خازن‌ها افزایش چشمگیری نسبت به سایر نمونه‌ها داشته‌اند. بنابراین این دو زیرگروه باید به منزله بررسی بیشتر مورد مطالعه قرار گیرند. چنانچه ملاحظه می‌شود، روش پیشنهادی بسیار ساده، با انعطاف بالا و دقیق بوده که از تمامی داده‌های مجموعه‌های فازی استفاده می‌کند و عملکرد نهایی فرایند را در قالب یک عدد قطعی بین صفر و یک گزارش می‌دهد.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

۵ نتیجه‌گیری

در ادبیات نمودارهای کنترل فازی، اعداد فازی با عملگرهای غیرفازی ساز مانند میانگین، میانه و مد فازی به اعدادی دقیق و مشخص تبدیل می‌شوند و سپس نمودارهای کنترل بناسازی می‌شوند. از معایب این روش‌ها آن است که اولاً اطلاعات مجموعه‌های فازی بر اثر استفاده از عملگرهای غیرفازی ساز از دست می‌رود. ثانیاً عملگرهای متفاوت منجر به تصمیمات متفاوتی در مورد فرایندها می‌شوند که این خود نیز از دلایل عدم کارایی این گونه روش‌ها است. در واقع در این روش‌ها سعی می‌شود تا با استفاده از تبدیلات غیرفازی ساز به این سئوال قطعی "آیا فرایند تحت کنترل است؟"، پاسخ قطعی دهند. اما در محیط فازی، نمودارها باید درجه تعلق فرایند به حالت تحت کنترل را پایش و کنترل نمایند. بنابراین در فرایندهایی با اطلاعات فازی نیاز به استفاده از روش‌هایی است که از عملگرهای غیرفازی ساز دوری جسته و علاوه بر ماهیت فازی فرایندها، جنبه‌ی تصادفی آن را نیز در نظر بگیرند. در این مقاله، یک روش نوین برای پایش و کنترل فرایندها در حضور دو عدم قطعیت فازی و آماری پیشنهاد گردید. نمودار کنترل پیشنهادی (نمودار کنترل آماری - فازی) بر پایه یک ناحیه تحت کنترل فازی که یک فاصله اطمینان آماری – فازی است، بنا شده است. به منظور قضاوت در مورد فرایند، آماره‌ای تعریف گردید که درجه عدم انطباق نمونه‌های فازی را با این ناحیه سنجیده و نتیجه را در قالب عددی مابین صفر و یک بیان می‌کند. عدد یک به این معنا است که فرایند خارج از کنترل است. عدد صفر به معنی آن است که فرایند کاملاً تحت کنترل است. در صورتی که عدد مذکور بین صفر و یک باشد، بدین معنی است که فرایند در حالتی فازی بین دو حالت قطعی تحت کنترل و خارج از کنترل قرار دارد و لذا می‌توان آن را به منزله یک هشدار در نظر گرفت. هرچه مقدار عددی آماره به یک نزدیکتر باشد، بدین معنی است که هشدار وخیم تر است.

منابع

[1] Gil, M. A., López-Díaz, M., Ralescu, D.A., Overview on the development of fuzzy random variables, Fuzzy Sets and Systems 157 (2006) 2546–2557.

[2] Gulbay, M., Kahraman, C., An alternative approach to fuzzy control charts: Direct fuzzy approach, Information Sciences 177 (2007) 463–1480.

[3] Kanagawa, A., Tamaki, F., Ohta, H., Control charts for process average and variability based on linguistic data, Internat. J. Production Res. 31 (1993) 913–922.

[4] Körner, R., On the variance of fuzzy random variables, Fuzzy Sets and Systems 92 (1997) 83–93.

[5] Raz, T., Wang, J. H., Probabilistic and membership approaches in the construction of control charts for linguistic data, Production Plann. Cont. 1 (1990) 147–157.

[6] Shewhart, W. A., Economic Control of Quality of Manufactured Product, D. Van Nostrand, Inc., Princeton, NJ., (1937).

[7] Senturk, S., Erginel, N., Development of fuzzy Xbar-R and Xbar-S control charts using α-cuts, Inform. Sci. (2008), doi:10.1016/j.ins.2008.09.022

[8] Shapiro, A. F., Fuzzy random variables. Insurance: Mathematics and Economics 44 (2009) 307-314.

[9] Taleb, H., Limam, M., On fuzzy and probabilistic control charts, International Journal of Production Research 40 (2002) 2849–2863.

[10] Wang, J. H., Raz, T., On the construction of control charts using linguistic variables, Internat. J. Production Res. 28 (1990) 477–487.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]