فصلنامه علمی ـ پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی سال دهم، شماره ۲۷، زمستان ۹۱
صفحات ۶۳ تا ۸۷

رتبه‌بندی حالات بالقوه زیان آور با استفاده از تحلیل خوشه‌ای فازی

مطالعه موردی: واحد فولاد سازی شرکت فولاد آلیاژی ایران

دکترسید حیدر میرفخرالدینی *
مسعود پورحمیدی **
فائزه السادات میرفخرالدینی ***

چکیده

دراین مقاله سعی شده تا با روشن کردن معایب اصلی روش مرسوم FMEA، ضمن تشریح مفهوم تحلیل خوشه‌ای و مشخصات مدل‌های مختلف C-Means به طبقه بندی حالات بالقوه زیان آور و ارزیابی شرایط بالقوه برای بروز حوادث در واحد فولاد سازی شرکت فولاد آلیاژی ایران با استفاده از تلفیق روش‌های FMEA و خوشه‌بندی فازی بپردازد. در این راستا، حالات بالقوه زیان آور همگن بر مبنای شاخص‌های احتمال بروز، شدت پیامد و تناوب مواجهه به کمک تکنیک خوشه‌بندی فازی C-Means (FCM) شناسایی گردیدند. در این پژوهش، تحلیل خوشه‌ای فازی در شرایط قبل از بهبود و پس از بهبود با استفاده از نرم افزار Data Engine 4.0 صورت گرفت. نتایج این تحقیق در باب تدوین راهبردهای عملی در جهت پیشگیری از وقوع حالات بالقوه زیان آور برای پژوهشگران، مدیران و کارشناسان ایمنی و بهداشت حرفه ای مفید خواهد بود.

واژگان کلیدی: تحلیل حالات بالقوه خرابی، تحلیل خوشه‌ای تفکیکی، خوشه‌بندی فازی.

* عضو هیأت علمی دانشکده اقتصاد مدیریت و حسابداری یزد، ایران (مسئول مکاتبات) mirfakhr@yahzduni.ac.ir
** کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی استان یزد، ایران
*** دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت جهانگردی، گرایش برنامه ریزی توسعه، دانشگاه علامه طباطبایی، ایران
تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۳ تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۱

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تحلیل حالات بالقوه خرابی روشی گروهی، نظام‌مند و آینده‌نگر برای شناسایی و پیشگیری از وقوع مشکل در محصول و فرآیند آن است. این روش برای اولین بار در سال ۱۹۶۳ توسط ناسا پیشنهاد گردید و در سال ۱۹۷۷ توسط شرکت فورد توسعه یافت. هدف FMEA رتبه بندی درجه رجحان ریسک در طراحی محصول یا طرح ریزی فرایند جهت تخصیص منابع محدود به عوامل مخاطره آمیز می باشد. در حال حاضر، FMEA در طراحی سیستم‌ها و زیر سیستم‌های مربوط به آن، طراحی قطعات جدید یا اعمال تغییرات در طرح‌های جاری، طراحی و توسعه فرایندهای تولید یا مونتاژ و طراحی و توسعه خدمات کاربرد دارد [۲،۱]. لیکن علی رغم مزایای بسیار این روش، برخی از پژوهشگران (گیلکریست، ۱۹۹۳؛ دایا و رئوف، ۱۹۹۶؛ دنگ، ۱۹۸۹) منطق و تفکر عقلایی فراروی FMEA مرسوم را مورد انتقاد قرار داده اند. برخی از این استدلال‌ها عبارتند از: ارزیابی RPN کلیه نیازهای سنجش را برآورده نمی نماید؛ درجه رجحان ریسک به روش مرسوم، در احتساب اهمیت نسبی میان شدت، احتمال وقوع و احتمال کشف مسامحه می نماید؛ درجه رجحان ریسک به روش مرسوم، توان تبیین میزان اثربخشی شاخص‌های صحیح را ندارد؛ دلیل استفاده از حاصل ضرب و عدم استفاده از عملگرهای دیگر مشهود نمی باشد؛ مجموعه‌های متفاوتی از S، S_f و S_d درجه رجحان ریسک مشابهی ایجاد می‌نمایند؛ اگرچه مفهوم ریسک کاملاً متفاوت است، رابطه میان S_f و مقیاس احتمال وقوع غیر خطی است، در حالی رابطه میان S_d و مقیاس احتمال وقوع خطی است.

جهت ترفیع ضعف‌های مذکور، جان بالز، نخستین بار در مقاله ای که در سال ۱۹۹۵ انتشار یافت، از رابطه اگر، آنگاه برای توسعه FMEA در محیط فازی استفاده نمود. بدین ترتیب که تمامی حالت‌های بین سه پارامتر شدت خطا، احتمال وقوع خطا و احتمال کشف خطا را از طرق رابطه اگر،آنگاه مورد محاسبه قرار می‌دهد. او و همکارانش در مقاله ای دیگر که در سال ۱۹۹۶ به چاپ رسید، از نقشه‌ها و گراف‌های شناسانده فازی برای نشان دادن روابط بین علل اثرات خطا استفاده نمودند. به دلیل آنکه نقشه‌ها و گراف‌های فازی می‌توانند نسبت‌ها و روابط بین اثر و علت را نشان دهند، لذا منطق فازی جهت بهبود ارزیابی ریسک‌های بالقوه و ارتقاء قابلیت علت یابی و اولویت

Archive of SID

www.SID.ir

بندی روش FMEA مورد توجه قرار گرفت. در سال ۲۰۰۲، زو و همکارانش از این رویکرد در ارزیابی خطرات بالقوه سیستم موتور استفاده نمودند. در ادامه، استدلال فازی و رابطه خاکستری به همراه FMEA جهت تعدیل ضعف‌های روش مرسوم FMEA در صنایع دریایی پیشنهاد گردید. علاوه بر این گایمرس و لاپا در سال ۲۰۰۴ نیز از این رویکرد در ارتقاء رویه رتبه بندی ریسک‌های بالقوه در نیروگاه‌های هسته ای بهره گرفتند. روش دیگری در مورد FMEA فازی نیز توسط کلین و چن مطرح گردید که یک مدل قطعی سازی نسبتا آسان را جهت بدست آوردن مقادیر قطعی متغیرهای زبانی ارائه نمودند [۸،۹،۱۶،۱۸،۲۱]. در مطالعه حاضر با توسعه کاربرد روش‌های فازی بجای استفاده از مدل پایگاه قواعد فازی، ضرب مثلثی و گراف‌های فازی که در مقالات یاد شده به کار رفته اند، دسته بندی حالات بالقوه زیان آور با استفاده از روش خوشه‌بندی فازی انجام می‌شود. خوشه‌بندی فازی این امکان را فراهم می‌آورد که علاوه بر استفاده از دانش افراد خبره، روابط درون مجموعه نیز در نظر گرفته شود.

چارچوب نظری

تحلیل خوشه‌ای

تحلیل خوشه‌ای به دنبال سازماندهی مجموعه‌ای از داده‌ها در یک سری خوشه است به طوری که داده‌ها (که معمولاً هر کدام نشان دهنده برداری از مقادیر کمی در یک فضای چند بعدی است) در هر خوشه بالاترین درجه شباهت را دارا بوده و داده‌های متعلق به خوشه‌های مختلف دارای حداکثر درجه عدم شباهت هستند. در تحلیل خوشه‌ای معمولا p صفت بر روی n مورد (آزمودنی) اندازه‌گیری و ماتریس داده‌های خام تشکیل می شود. سپس ماتریس داده‌های خام به ماتریس شباهت‌ها یا فاصله‌ها تبدیل شده و با استفاده از یکی از تکنیک‌های طبقه بندی، موارد (آزمودنی‌ها) را بر اساس شباهت بین آنها گروه بندی می نمایند. هدف از تشکیل کلاسترها یا دسته‌ها آن است که در هر دسته مواردی را قرار دهیم که دارای واریانس یا تنوع کمتری نسبت به واریانس و تنوع موجود بین دسته‌ها باشند. علاوه بر تعیین دسته‌های واقعی آزمودنی‌ها، کاربرد دیگر تحلیل خوشه‌ای کاهش تعداد متغیرها (صفات) است. در

Archive of SID

www.SID.ir

تحلیل مؤلفه‌های اصلی[1] نیز تعداد داده‌ها کاهش می یابد و مجموعه ای از متغیرهای وابسته به هم به تعداد کمتری از متغیرها مستقل به هم تبدیل می شوند. لذا تحلیل مؤلفه اصلی، خود یک تحلیل خوشه‌ای است که در آن تاکید بر ستون‌های مربوط به ماتریس داده‌ها یعنی متغیرها است. در تابع تشخیص[2] نیز بحث گروه بندی و تفاوت بین گروه‌ها مطرح است. ولیکن تفاوت آن با تحلیل خوشه‌ای در آن است که در آنالیز تشخیصی گروه‌ها از قبل معلوم و مشخص هستند و تابع تشخیص بیشتر پیرامون تفاوت آنها و انتساب افراد به گروه‌ها بحث می نماید، اما در تحلیل خوشه‌ای گروه‌ها از قبل معلوم نیستند. روش‌های مختلفی برای تحلیل خوشه‌ای مطرح شده است که مهمترین آنها تکنیک‌های سلسله مراتبی[3] و تفکیکی (تجزیه ای)[4] است. روش‌های سلسله مراتبی کاملا سلسله مراتبی عمل می نمایند، بدین معنا که داده‌های ورودی در یک دنباله مرتب قرار می گیرند. روش‌های سلسله مراتبی می توانند تراکمی[5] یا تفرقی[6] باشند. در روش تراکمی دنباله ای از بخش‌ها ایجاد می شود که از خوشه‌بندی که در آن هر داده در یک خوشه قرار می گیرد شروع و با خوشه یابی که در آن تمام داده‌ها در یک خوشه قرار می گیرند، خاتمه می یابد. در روش تفرقی، ابتدا همه داده‌ها در یک خوشه قرار می گیرند و سپس عملیات شکستن تا رسیدن به یک حد توقف که معمولا پیش از رسیدن به خوشه‌هایی با یک عضو می باشد، ادامه می یابد. تقسیم بندی یک مجموعه داده به تعداد خوشه از پیش تعیین شده مبحث بسیار مهمی در تحلیل داده، بازشناسی الگو و پردازش تصویر محسوب می شود. به طور کلی، مراحل روش‌های تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی شامل جمع آوری ماتریس داده ها، استاندارد کردن ماتریس داده‌ها در صورت لزوم، محاسبه شباهت بین جفت‌های افراد ماتریس داده‌های اصلی یا داده‌های استاندارد شده، استفاده از یک روش خوشه‌بندی برای دسته بندی شباهت‌ها و تشکیل نمودار درختی یا دندروگرام[7] است. این نمودار شباهت بین تمام افراد (آزمودنی‌ها) را به صورت جفتی و به صورت مراتبی نشان می‌دهد. با استفاده

1- Principal component analysis
2- Discriminant function
3- Hierarchical
4- Partitional
5- Agglomerative
6- Divisive
7- Dendrogram

Archive of SID

www.SID.ir

از دندوگرام می توان دسته‌ها را پیدا نمود. در روش‌های تفکیکی، بدست آوردن یک تفکیک از داده‌های ورودی در تعداد مشخصی از خوشه‌ها مورد نظر است. چنین روش‌های ی معمولاً دنبال تفکیکی هستند که یک تابع کارایی را بهینه نماید. برای بهبود کیفیت خوشه‌بندی، الگوریتم چندین بار و در نقاط شروع مختلف اجرا می‌شود و بهترین وضعیت بدست آمده از کل دفعات اجرا به عنوان خروجی خوشه‌بندی انتخاب می شود. به طور کلی، مراحل روش‌های تحلیل خوشه‌ای تفکیکی (تجزیه‌ای) شامل شناسایی دسته‌های اولیه، انتساب افراد به دسته‌های اولیه و تعیین محل مجدد افراد می‌باشد. لذا، بر خلاف روش‌های سلسله مراتبی در روش‌های تفکیکی، امکان تصحیح بخش اولیه توسط تعیین مجدد افراد وجود دارد. روش‌های تفکیکی به دو بخش خوشه‌بندی سخت و خوشه‌بندی فازی تقسیم می‌شوند. در خوشه‌بندی سخت، هر داده به یک و فقط یک خوشه نسبت داده می شود. در حالیکه در خوشه‌بندی فازی، یک تفکیک فازی صورت می گیرد. بدین معنا که هر داده با یک درجه عضویت به هر خوشه متعلق است. در شرایط واقعی خوشه‌بندی فازی بسیار طبیعی‌تر از خوشه‌بندی سخت است. چون داده‌های موجود در مرز خوشه‌ها نیستند و با درجه تعلقی بین ۰ تا ۱ که نشان دهنده تعلق نسبی آنها است، تفکیک می شوند. روش‌های k-means و Fuzzy c-means از جمله روش‌های تفکیکی می باشند [۷،۶]. تفاوت اصلی این دو روش در این است که روش FCM دارای پارامترهای بیشتری از قبیل فازی کننده می‌باشند. همچنین در روش FCM، تفکیک نهایی یک مجموعه داده در خوشه‌های متفاوت به اندازه روش k-means شفاف نمی باشد [۱۵].

مدل‌های خوشه‌بندی C-Means

فرایند اکتشافی داده مبتنی بر پارادایمی است که پارادایم اطلاعاتی $\left(\Im_E, \Im_T\right)$ نامیده می شود که در آن $\Im_E$[1] اطلاعات تجربی (ماتریس داده‌ها) و $\Im_T$ اطلاعات نظری (مدل‌ها، مفروضات تئوری و ...) می‌باشد. در واقع تحلیل اکتشافی داده‌ها در چارچوب آماری نشان دهنده مقوله ویژه‌ای از اکتساب دانش است. بنابراین تحلیل اکتشافی داده‌ها می‌تواند به عنوان یک فرایند ذهنی شرح داده شود که از اطلاعات

1- Imaginary part

Archive of SID

www.SID.ir

ابتدایی (تجربی و نظری) آغاز می‌گردد و از طریق چندین رویه محاسباتی اطلاعات بیشتری را بدست می‌آورد. تحلیل خوشه‌ای نیز همانند رویه‌های متعدد اکتشاف داده‌ها می‌تواند مبتنی بر پارادایم اطلاعاتی باشد. در این راستا، ماهیت اطلاعاتی عناصر رویه‌های خوشه‌بندی را به صورت داده‌های مشاهده شده و مدل‌های خوشه‌بندی (اطلاعات تجربی و اطلاعات نظری) می‌شناسیم. لذا، $\Im_E$ و $\Im_T$ به ترتیب بیانگر عدم قطعیت تجربی و عدم قطعیت تجربی نظری می‌باشند. در اینجا، عدم قطعیت تجربی و نظری می‌تواند با استفاده از عبارت "فازی" بیان گردد (زاده، ۱۹۶۵). عدم قطعیت نظری در مدل خوشه‌بندی بویژه در تخصیص شی داده‌ها به خوشه‌ها لحاظ می‌گردد. همچنین جهت توجه به عدم قطعیت نظری در فرایند خوشه‌بندی، درجه عضویت هر شی داده به خوشه‌های گوناگون در نظر گرفته شده است. از سوی دیگر، عدم قطعیت تجربی در ارتباط با عدم صحت و دقت در نظر گرفته می شود که در مورد ادراک بیان شده انسان در قضاوت‌ها نظیر موقعیت مشاهده شده (عالی، خوب، عادلانه)، داده‌های با ارزش فاصله ای (تعداد ضربان، دما) و اندازه‌گیری‌های مبهم صادق است. با در نظر گرفتن ماهیت ممکن عناصر اطلاعاتی (قطعی یا فازی) چهار موقعیت اطلاعاتی بدست می آید [۱۱]. جداول ۱ و ۲، موقعیت‌های مختلف اطلاعاتی را در مدل‌های خوشه‌بندی C-Means نشان می دهند. بدیهی است چارچوب جامع مدل‌های خوشه‌بندی C-Means، زمینه لازم برای تحلیل خوشه‌ای سایر ورودی‌ها اعم از قطعی یا فازی را فراهم می‌آورد.

Archive of SID

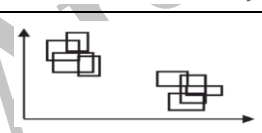
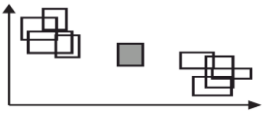
www.SID.ir

جدول ۱. موقعیت‌های مختلف اطلاعاتی در مدل‌های خوشه‌بندی C-Means

نوع	پارادایم اطلاعاتی	اطلاعات عمومی
A	$\Im_E$CRISP $\Im_T$CRISP **پارادایم قطعی کامل** (قطعی بودن داده‌ها و خوشه ها)	$X \equiv \{x_{ij}: i = 1, \dots, c; j = 1, \dots, n\}$ x_{ij} نشان دهنده j امین متغیر قطعی مشاهده شده در شی i ام است
B	$\Im_E$FUZZY $\Im_T$CRISP **پارادایم فازی جزئی** (فازی بودن داده‌ها و قطعی بودن خوشه ها)	$X \equiv \{x_{ij} = (\alpha_{ij}, \beta_{ij}): i = 1, \dots, c; j = 1, \dots, n\}$ α_{ij} نشان دهنده مرکز و β_{ij} نشان دهنده پراکندگی j امین متغیر فازی مشاهده شده در شی i ام است. به طور معمول یک تابع پارامتریک (تابع عضویت) در فاصله $[\alpha_{ij} - \beta_{ij}, \alpha_{ij} + \beta_{ij}]$ تعریف می گردد.
C	$\Im_E$CRISP $\Im_T$FUZZY **پارادایم فازی جزئی** (قطعی بودن داده‌ها و فازی بودن خوشه ها)	$X \equiv \{x_{ij}: i = 1, \dots, c; j = 1, \dots, n\}$ x_{ij} نشان دهنده j امین متغیر قطعی مشاهده شده در شی i ام است
D	$\Im_E$FUZZY $\Im_T$FUZZY **پارادایم فازی کامل** (فازی بودن داده‌ها و خوشه ها)	$X \equiv \{x_{ij} = (\alpha_{ij}, \beta_{ij}): i = 1, \dots, c; j = 1, \dots, n\}$ x_{ij} نشان دهنده j امین متغیر فازی مشاهده شده در شی i ام است

منبع: درسوا و جیوردانی [۱۱]

جدول ۲. موقعیت‌های مختلف اطلاعاتی در مدل‌های خوشه‌بندی C-Means

نوع	اطلاعات نظری	نمایش گرافیکی
A	$\min: \sum_{i=1}^{c}\sum_{i=1}^{n} u_{ij}\,(x_j - v_i)^2$ $\left(\sum_{i=1}^{c} u_{ij} = 1,\ u_{ij} \in \{0,1\}, \mathrm{m} = 1\right)$	
B	$\min: \sum_{i=1}^{c}\sum_{i=1}^{n} u_{ij}\,(x_j - v_i)^2$ $\left(\sum_{i=1}^{c} u_{ij} = 1,\ u_{ij} \in \{0,1\}, \mathrm{m} = 1\right)$	
C	$\min: \sum_{i=1}^{c}\sum_{i=1}^{n} u_{ij}^{m}\,(x_j - v_i)^2$ $\left(\sum_{i=1}^{c} u_{ij} = 1,\ u_{ij} \in \{0,1\}, \mathrm{m} > 1\right)$	
D	$\min: \sum_{i=1}^{c}\sum_{i=1}^{n} u_{ij}^{m}\,(x_j - v_i)^2$ $\left(\sum_{i=1}^{c} u_{ij} = 1,\ u_{ij} \in \{0,1\}, \mathrm{m} > 1\right)$	

منبع: درسوا و جیوردانی [۱۱]

Archive of SID

www.SID.ir

روش پژوهش

روش گردآوری داده‌ها و تعریف متغیرها

روش بررسی حاضر با توجه به ماهیت موضوع و هدف‌های مورد نظر مطالعه موردی است. جمع آوری داده‌ها با استفاده از مطالعات کتابخانه ای، روش‌های پیمایشی و دلفی صورت گرفت. در مرحله اول، شاخص‌های انتخابی برای خوشه‌بندی از طریق مطالعه کتب و مقالات بین المللی گردآوری شد و بعد ازگفتگو با ۲۴ نفر از خبرگان در این زمینه (مدیران و کارشناسان واحد فولاد سازی، اساتید و متخصصان ایمنی و بهداشت حرفه ای)، ۳ شاخص نهایی برای خوشه‌بندی انتخاب گردید. در مرحله دوم، شناسایی حالات بالقوه زیان آور واحد فولاد سازی با استفاده از روش دلفی انجام گرفت و اجماع گروهی در نتایج در راند چهارم بدست آمد. بر این اساس، کمیته خبرگان ۵۵ ریسک شناخته شده را به تفکیک فعالیت‌ها رده بندی و پیامدهای حاصل از آنها را شناسایی نمود. در مرحله سوم، جهت ارزیابی حالات زیان آور پرسشنامه ای مبتنی بر سه شاخص احتمال بروز، شدت پیامدها و تناوب مواجهه با طیف امتیاز دهی ۱ تا ۱۰طراحی گردید. جداول ۳، ۴ و ۵ عبارات توصیفی مربوط به هر یک از رتبه‌ها را در شاخص‌های مذکور نشان می‌دهد.

جدول ۳. رتبه بندی شاخص احتمال بروز (P)

شاخص احتمال	عبارات توصیفی
۱۰	اجتناب ناپذیر
۹	تقریبا حتمی
۸	بسیار محتمل
۷	محتمل
٦	بیش از کاملاً تصادفی
٥	کاملاً تصادفی
٤	کمتر از کاملاً تصادفی
۳	نامحتمل
۲	بسیار نامحتمل
۱	تقریباً نادر

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤. رتبه بندی شاخص شدت پیامدها (S)

شاخص شدت پیامد	عبارات توصیفی
۱۰	مرگ
۹	ازکارافتادگی کلی دائمی
۸	ازکارافتادگی شدید دائمی
۷	ازکارافتادگی جزئی دائمی
٦	غیبت بیش از ۳ هفته یا از کارافتادگی برگشت پذیر
٥	غیبت بیش از ۳ هفته با بهبودی کامل
٤	غیبت بیش از ۳ روز و کمتر از سه هفته با بهبودی کامل
۳	غیبت کمتر از ۳ روز با بهبودی کامل
۲	صدمه جزئی بدون هدر رفتن وقت و بهبودی کامل
۱	صدمه انسانی خاصی انتظار نمی رود

جدول ٥. رتبه بندی شاخص تناوب مواجهه (F)

شاخص تناوب	عبارات توصیفی
۱۰	خطر دائماً وجود دارد
۹	خطر هر ثانیه یکبار بروز می کند
۸	خطر هر دقیقه یکبار بروز می کند
۷	خطر هر ۳۰ دقیقه یکبار بروز می کند
٦	خطر هر ساعت یکبار بروز می کند
٥	خطر هر شیفت یکبار بروز می کند
٤	خطر هر هفته یکبار بروز می کند
۳	خطر هر ماه یکبار بروز می کند
۲	خطر هر سال یکبار بروز می کند
۱	خطر ٥ سال یکبار بروز می کند

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

در این پژوهش، نتایج حاصل از پرسشنامه‌ها با استفاده از روش میانگین گیری دلفی تلفیق شدند. همچنین در مرحله چهارم، بعد از تبیین امتیاز هر یک از حالات بالقوه زیان آور در عوامل موثر، روش خوشه‌بندی فازی C-Means (FCM) برای خوشه‌بندی ریسک‌های بالقوه استفاده گردید. تحلیل خوشه‌ای فازی با استفاده از نرم افزار Data Engine 4.01 انجام گردید. در ادامه به شرح مختصری از این تکنیک می‌پردازیم. در مرحله پنجم، کمیته خبرگان با توجه به رتبه‌های تعیین شده راه کارهای عملی را جهت

Archive of SID

www.SID.ir

بهبود هر یک ریسک‌ها شناسایی نمود. راه کارهای شناسایی شده پس از غربال‌گری در کمیته راهبردی به اجرا گذاشته شدند. در مرحله ششم، حالات بالقوه زیان آور پس از بهبود خوشه‌بندی شدند و نتایج با شرایط قبل از بهبود مقایسه گردید. بدیهی است جهت ورود داده‌های ریسک هایی که بهبود نیافته اند از داده‌های پیش از بهبود استفاده شده است.

روش FCM [1]

روسپینی[2] در سال ۱۹۶۹ اولین مدل خوشه‌بندی با ایده فازی را مطرح نمود. روش FCM یکی از معروف ترین روش‌های خوشه‌بندی فازی است [۱۳]. در این روش میزان عضویت یا تعلق هرشی داده به هر خوشه در ماتریس عضویت $(U = [u_{ij}]_{c\times n} = (\mathrm{u_1}, \mathrm{u_2}, \dots, \mathrm{u_n})$ که c تعداد خوشه‌ها و n تعداد اشیاء داده است) مشخص می شود. در این روش دو محدودیت اصلی وضع شده است؛ اول اینکه هیچ خوشه‌ای نباید تهی باشد $\left(0 < \sum_{j=1}^{n} \mathrm{u_{ij}} < n \ \forall \mathrm{i} \in \{1, \dots, \mathrm{c}\}\right)$ و محدودیت دوم که محدودیت نرمال سازی نامیده می شود، بیان می کند که مجموع درجه عضویت هر داده به همه خوشه‌ها باید برابر یک باشد $\left(\sum_{\mathrm{i}=1}^{c} \mathrm{u_{ij}} = 1 \ \forall \mathrm{j} \in \{1, \dots, \mathrm{n}\}\right)$.

$$M_{FCM} = \left\{U \epsilon [0,1]^{c\times n} \middle| \sum_{\mathrm{i}=1}^{c} \mathrm{u_{ij}} = 1, \mathrm{j} = 1, \dots, \mathrm{n}\ , \sum_{j=1}^{n} \mathrm{u_{ij}} > 0,\ i = 1, \dots, c\right\}$$

روش FCM سعی می کند تا برای یک مجموعه نقاط داده، افرازهایی (c عدد خوشه به صورت فازی) بیابد که مجموع پراکندگی‌های تمام متغیرهای j در هر خوشه i را کمینه نماید. بر این اساس، تابع هدف FCM به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$J_{FCM}(U, V; X) = \sum_{i=1}^{c} \sum_{j=1}^{n} u_{ij}^{m} \left(x_j - v_i\right)^2$$

که در آن $d_{ij} = \left(x_j - v_i\right)$ فاصله بین داده x_j و مرکز خوشه i است و m میزان فازی بودن است (معمولاً $m = 2$). پس اگر m به سمت یک $(m \to 1)$ میل کند، خوشه‌بندی قطعی یا سخت‌تر می‌شود و بر عکس اگر m به سمت بی‌نهایت $(m \to \infty)$ میل کند، خوشه‌بندی فازی تر خواهد شد. البته تابع J_{FCM} را نمی‌توان به طور مستقیم کمینه نمود، بنابراین باید از الگوریتم‌های تکراری استفاده کرد. برای حل این مشکل از جایگزینی بهینه به صورت زیر استفاده می شود:

1- Fuzzy C-Means
2- Ruspini

Archive of SID

www.SID.ir

الف) یک عدد مثبت کوچک برای ε و مقادیر مناسبی برای m، c را انتخاب (با استفاده ازتوابع روایی) و ماتریس V (مرکز یا میانه خوشه ها) را به صورت تصادفی تشکیل و مقدار t را نیز صفر قرار می دهیم.

ب) ماتریس عضویت را در $t = 0$ محاسبه یا در $t > 0$ بروز رسانی می نماییم. یعنی درجه عضویت برای پارامترهای ثابتی از خوشه‌ها به صورت زیر بهینه سازی می شوند.

$$u_{ij}^{(t+1)} = \frac{\left(\frac{1}{\left|x_j - v_i\right|^2}\right)^{\frac{1}{m-1}}}{\sum_{l=1}^{c}\left(\frac{1}{\left|x_j - v_l\right|^2}\right)^{\frac{1}{m-1}}} = \frac{1}{\sum_{l=1}^{c}\left(\frac{\left|x_j - v_i\right|}{\left|x_j - v_l\right|}\right)^{\frac{2}{m-1}}},$$
$$l = 1, \dots, N$$

در این رابطه مشاهده می شود که درجه عضویت علاوه بر فاصله همان داده تا خوشه به فاصله بین این داده و خوشه‌های دیگر نیز بستگی خواهد داشت.

ج) در گام آخر، ماتریس مرکز خوشه‌ها را با درجه عضویت‌های بهینه شده، بروز رسانی می نماییم.

$$v_i^{(t+1)} = \frac{\sum_{j=1}^{n}\left(u_{ij}^{(t+1)}\right)^m x_j}{\sum_{j=1}^{n}\left(u_{ij}^{(t+1)}\right)^m}$$

فرمول بروز رسانی ماتریس مرکز خوشه‌ها به پارامترهایی نظیر مکان، شکل و اندازه خوشه‌ها وابسته است. علاوه بر پارامترهای مذکور، نحوه اندازه گیری فاصله بسیار مؤثر خواهد بود.

د) تکرار گام‌های ب و ج تا زمانی که $\left|U^{(t+1)} - U^{(t)}\right| < \varepsilon$ یا $\left|V^{(t+1)} - V^{(t)}\right| <$ ε برقرار باشند [۱۹،۳،۵].

سنجش روایی روش خوشه‌بندی FCM

در سال‌های اخیر، معیارهای زیادی جهت سنجش روایی روش خوشه‌بندی FCM مطرح گردیده است. کلیه این معیارها در دو طبقه اصلی تفکیک گردیده اند. نوع اول مبتنی بر افراز فازی مجموعه نمونه و نوع دیگر بر اساس ساختار هندسی مجموعه نمونه

Archive of SID

www.SID.ir

است. ایده اصلی توابع روایی مبتنی بر افراز فازی این است که کاهش میزان فازی بودن باعث افزایش عملکرد می گردد. توابع معرف نوع اول ضریب افراز[1] (بیزدک، ۱۹۷۴) و آنتروپی افراز[2] (بیزدک، ۱۹۷۵) می باشد. تحقیقات کاربردی نشان دهنده آن است که بیشینه سازی V_{pc} و کمینه سازی V_{pe} منجر به تفسیر بهتری از نمونه‌های مورد نظر می گردد. فقدان ارتباط مستقیم با مشخصه هندسی و همچنین تمایل به افزایش یکنواخت V_{pc} و کاهش یکنواخت V_{pe} با افزایش تعداد خوشه‌ها (c) از مهمترین نقایص این دو روش می باشند. روش‌های تابع روایی سوجنو ـ فوکویاما V_{fs} (سوجنو و فوکویاما، ۱۹۸۹) و تابع ایکسی بنی V_{xb} (ایکسی و بنی، ۱۹۹۱) از جمله این روش‌ها می باشند. همچنین نتایج تحقیقات کاربردی نشان می دهد که کمینه سازی توابع V_{fs} و V_{xb} منجر به تفسیر مناسب‌تری می‌گردد. زیرا تابع V_{xb} با افزایش تعداد خوشه‌ها (c) به طور یک نواخت کاهش می یابد. لذا یک تابع جریمه می تواند برای آن وضع گردد. ولیکن حتی بدون وضع تابع جریمه، تابع V_{xb} دارای عملکرد مناسبی می‌باشد. بدیهی است درجه فازی بودن و متراکم بودن یک خوشه با کاهش تعداد خوشه‌ها کاهش می‌یابد. جدول ۶ نشان دهنده توابع سنجش روایی روش‌های خوشه‌بندی به طور خلاصه می باشد. همچنین قابل ملاحظه است که در برخی موارد این توابع نمی توانند به طور هم زمان به مقادیر بهینه خود دست یابند [۱۰،۱۹،۲۰].

جدول ٦. توابع سنجش روایی روش خوشه‌بندی FCM

تابع روایی	تابع هدف	جزء بهینه
ضریب افراز	$V_{pc}(U)=\frac{\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{c}u_{ij}^2}{n}$	$Max(V_{pc})$
آنتروپی افراز	$V_{pe}(U)=-\frac{1}{n}\left\{\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{c}\left[u_{ij}\,log\,u_{ij}\right]\right\}$	$Min(V_{pe})$
تابع سوجنو، فوکویاما	$V_{fs}(U)=\sum_{i=1}^{c}\sum_{j=1}^{n}u_{ij}^2\left(\left\|X_j-v_i\right\|^2-\left\|v_i-\bar{v}\right\|^2\right)$	$Min(V_{fs})$
تابع ایکسی، بنی	$V_{xb}(U)=\frac{\sum_{i=1}^{c}\sum_{j=1}^{n}u_{ij}^2\left\|X_j-v_i\right\|^2}{n*(min_{i\neq k}\{\|v_i-\bar{v}\|^2\})}$	$Min(V_{xb})$

منبع: وانگ و همکاران [۲۰]

جدول ۷، کمترین و بیشترین مقادیر شاخص‌های روایی را نشان می‌دهد.

1- Partition coefficient
2- Partition entropy

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷. مقادیر شاخص‌های روایی در روش خوشه‌بندی FCM

شاخص روایی	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	افراز قطعی
ضریب افراز (PC)	$1/c$	۱	۱
توان نسبت[1](PEX)	۰		Max
آنتروپی افراز (PE)	۰	Ln c	۰

یافته‌های پژوهش

پس از جمع‌آوری داده‌های حاصل از نظرات خبرگان در پژوهش و تلفیق آنها با استفاده از میانگین گیری دلفی، فرم شناسایی خطرات، عوامل زیان آور و ارزیابی ریسک واحد فولاد سازی طراحی گردید (جداول ۱۱-۸) و بر مبنای آن ماتریس‌های تصمیم در شرایط قبل از بهبود و پس از بهبود طراحی شد. این ماتریس‌ها متشکل از ۵۵ سطر (تعداد ریسک ها) و ۳ ستون (تعداد شاخص‌ها) می‌باشد.

Archive of SID

1- Proportion Exponent

www.SID.ir

جدول ۸. فرم شناسایی خطرات، عوامل زیان آور و ارزیابی ریسک واحد فولاد سازی (نسوز)

ردیف	فعالیت	خطر	پیامد	P	S	F	اقدام کنترلی	مسئول انجام	تاریخ انجام	P_{RE}	S_{RE}	F_{RE}	شماره ریسک
۱	کار در محیط فولادسازی	گرد و غبار	آسیب ریوی	۵	۷	۵							۱
			آسیب چشمی	٤	۳	۵							۲
		آلودگی صوتی	آسیب شنوایی	۷	۷	٦	استفاده از گوشی ایر پلاک	اپراتورهای مربوطه	بطور مستمر	۷	۲	٦	۳
۲	فعالیت در واحد نسوز	سوراخ شدن پاتیل	ریزش مذاب، مرگ	٤	۱۰	۷	دقت در نسوزکاری و چک نمودن مداوم پاتیل	نسوزکارها	بطور مستمر	۲	۱۰	۵	٤

جدول ۹. ادامه فرم شناسایی خطرات، عوامل زیان آور و ارزیابی ریسک واحد فولاد سازی (نسوز)

ردیف	فعالیت	خطر	پیامد	P	S	F	اقدام کنترلی	مسئول انجام	تاریخ انجام	PRE	SRE	FRE	شماره ریسک
	فعالیت در واحد نسوز	سقوط پاتیل	ریزش مذاب، مرگ	۳	۱۰	۷	PM بموقع جرثقیل	تعمیرات	بطور مستمر	۱	۱۰	۵	۵
۳	برشکاری و تمیز کردن نازل و صفحات پاتیل	پاشش مواد مذاب	سوختگی	٦	٤	٦							٦
		انفجار شیلنگ اکسیژن	سوختگی شدید	٦	۵	٦	استفاده از شیلنگ استاندارد و کنترل از نظر نداشتن نشتی و عدم تماس با روغن	اپراتورهای مربوطه	بطور مستمر	۵	۵	٦	۷
		عکس العمل شدید لانس اکسیژن	ضرب دیدگی اعضاء	۵	٦	٦	کنترل دوره ای سرلانس	اپراتورهای مربوطه	بطور مستمر	۵	٦	۵	۸
		نور مادون قرمز	آسیب بینایی (آب مروارید)	۸	۷	۵	استفاده از محافظ صورت	برشکارها	بطور مستمر	۸	۲	۵	۹
		حرارت زیاد	گرمازدگی	۷	۳	۵							۱۰
۴	تعمیر بلوک پرس پلاگ و بلوک خروج مذاب	حرارت زیاد	سوختگی	۸	۵	۵	ارتقاء کیفیت بلوک یا سرد کردن پاتیل	اپراتور/ مسئول واحد	بطور مستمر	۸	۱	۵	۱۱
		نور مادون قرمز	آسیب چشمی	۸	۷	۵	استفاده از عینک DIN_4	مسئول واحد	در اسرع وقت	۸	۲	۵	۱۲

Archive of SID

www.SID.ir

		سقوط داخل پاتیل	مرگ	۵	۱۰	۵	استفده از کمربند ایمنی	مسئول واحد	در اسرع وقت	۲	۱۰	۵	۱۳
		برخورد پاتیل با افراد	شکستگی	۵	٦	۵							۱٤
		پاشش مواد به صورت	سوختگی	۵	۵	۵							۱۵
۵	کار با پیکور دستی (بادی)	ارتعاش	مشکل اسکلتی عضلانی ـ عصبی دست	۹	۷	٤	استفاده از دستکش ضد ارتعاش، استفاده بیشتر از پیکور ماشینی، تقسیم کار	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۹	۵	۳	۱٦
		صدای زیاد	آسیب شنوایی	۱۰	۷	٤	استفاده از گوشی هدفون دار	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۱۰	۲	٤	۱۷
		گرد و غبار	آسیب ریوی	۱۰	۷	٤	استفاده از ماسک فیلتر دار	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۱۰	۲	٤	۱۸
		سقوط روی پا	ضربه دیدگی پا، شکستگی	٤	٦	٤							۱۹
		آزاد شدن شیلنگ هوا	ضربه دیدگی شدید اعضاء	۵	٦	٤							۲۰

جدول ۱۰. ادامه فرم شناسایی خطرات، عوامل زیان آور و ارزیابی ریسک واحد فولاد سازی

ردیف	فعالیت	خطر	پیامد	P	S	F	اقدام کنترلی	مسئول انجام	تاریخ انجام	P_{RE}	S_{RE}	FRE	شماره ریسک
		پرتاب شدن مواد	آسیب چشمی	۹	۶	۴	استفاده از عینک محافظ چشم	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۹	۲	۴	۲۱
٦	تعویض صفحات و پرس پلاگ	پاشش مواد با حرارت بالا	سوختگی و آسیب چشم و صورت	۷	۷	٦	استفاده از محافظ صورت، دستکش، کفش ایمنی ساقه بلند	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۷	۲	٦	۲۲
		سقوط صفحات روی پا	شکستگی، سوختگی	۵	٦	٦	استفاده از ابزار مناسب	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۵	٦	۵	۲۳
		گرد و غبار کاست	بیماریهای ریوی	۵	۷	۵							۲٤
		پراکنده شدن ذرات	آسیب چشمی	٦	۳	٦							۲۵
		سقوط پیکور	شکستگی اعضاء	٦	٦	۵	استفاده از تکیه گاه	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۵	٦	۵	۲٦

Archive of SID

www.SID.ir

		حرارت	سوختگی	۸	۵	۵	استفاده از محافظ صورت و دستکش	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۸	۳	۵	۲۷
			گرفتگی عضلات، گرمازدگی	۱۰	۳	٦	استفاده از کولر یا فن دمنده	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۵	۳	٦	۲۸
		نور مادون قرمز	آسیب چشمی	۸	۷	۵	استفاده از عینک DIN_4	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۸	۲	۵	۲۹
۷	نسوز کاری کوره قوس الکتریکی در حالت گرم و سرد	حرارت	گرفتگی عضلات، گرمازدگی	۱۰	۳	۵							۳۰
			سوختگی اعضاء	۱۰	٤	۵	استفاده از کفش ایمنی نسوز و دستکش نسوز	ایمنی فنی	در اسرع وقت	۱۰	۲	۵	۳۱
۸	نسوز کاری فلپ E.B.T	ریزیش مذاب	سوختگی	٤	۷	٦							۳۲
		بسته شدن ناگهانی فلپ	شکستگی و قطع مچ دست	٦	۸	٦	دقت اپراتور در هنگام فعالیت	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۳	۷	٦	۳۳
۹	لوله گذاری E.B.T	پاشش نسوز داغ	سوختگی سر و صورت	۵	۵	۵							۳٤
۱۰	کف سازی در حالت گرم	سقوط به داخل کوره	مرگ	۴	۱۰	۴	سرد کردن کوره، ارتقاء دقت اپراتور	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۱	۱۰	۴	۳۵
۱۱	کف سازی در حالت گرم	حرارت شدید	سوختگی اعضاء	۱۰	۴	۴							۳٦
			گرمازدگی	۱۰	۳	۴							۳۷
		نور مادون قرمز	آسیب چشمی (آب مروارید)	۸	۷	۴	استفاده از محافظ صورت DIN_4	ایمنی فنی	در اسرع وقت	۸	۲	۴	۳۸
		گرد و غبار ناشی از پاشش مواد نسوز	آسیب ریوی	۷	۷	۴	استفاده از ماسک فیلتردار	ایمنی فنی	در اسرع وقت	۷	۴	۴	۳۹

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۱. ادامه فرم شناسایی خطرات، عوامل زیان آور و ارزیابی ریسک واحد فولاد سازی

۱۲	تعمیرات سرد و کوره قوس	افتادن سرباره در هنگام تخریب	آسیب دیدگی اعضاء	۵	۵	۳								٤٠
		پاره شدن زنجیر یا بکسل هنگام تخریب	آسیب دیدگی شدید، مرگ	۵	۱۰	۳	استفاده از زنجیر سیم بوکسل مناسب	اپراتور/ مسئول واحد ایمنی فنی	بطور مستمر	۲	۱۰	۳		٤١
		گرد و غبار هنگام تخریب	اسیب ریوی	۱۰	۷	۳	استفاده از ماسک فیلتردار	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۱۰	۲	۳		٤٢
		حرارت	سوختگی، گرمازدگی	۷	۴	۴								٤٣
		ارگونومیکی	آسیب اسکلتی- عضلانی	۱۰	۷	۳	توزیع نیروی کار، رعایت اصول ارگونومی	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۸	۷	۳		٤٤
۱۳	جوشکاری پلیت دماغه	نور ماوراء بنفش	آسیب دیدگی چشم- ورم ملتحمه	۱۰	۴	۳								٤٥
		فیوم فلزی	آسیب ریوی	۱۰	۷	۳	استفاده از ماسک فیلتردار	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۱۰	۲	۳		٤٦
		خطر سقوط پالت آجر به داخل کوره	آسیب شدید اعضاء، مرگ	۵	۱۰	۴	اعلان خطر توسط آپیر جرثقیل، استفاده از پلیت مناسب	کلیه افراد/ رانندگان جرثقیل	بطور مستمر	۴	۷	۴		٤٧
		سقوط آجر نسوز	آسیب دیدگی دست و پا	۷	۶	۵	استفاده از کفش پنجه فولادی و دستکش ضد ضربه	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۷	۳	۵		٤٨
۱۴	تعمیرات سرد کوره قوس	خطر کار با میکسر	آسیب دیدگی دست	۶	۷	۵	استفاده از میکسر استاندارد	اپراتور/ مسئول واحد	بطور مستمر	۳	۷	۵		٤٩
		خطر برق گرفتگی با دستگاه میکسر و اره	مرگ	۵	۱۰	۴	استفاده از سیستم ارت کنترل سالم بودن سیم و اتصالات	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۳	۱۰	۴		٥٠
		شکستن تیغه اره	قطع انگشتان دست	۶	۷	۴								٥١
		شکستن تیغه اره	کوری چشم، آسیب شدید	۵	۸	۴	استفاده از محافظ صورت	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۵	۳	۴		٥٢
		پرتاب پاره آجر	کوری چشم، آسیب شدید	۶	۸	۴	استفاده از محافظ صورت	اپراتور مربوطه	بطور مستمر	۶	۳	۴		٥٣
۱۵	فعالیت در قسمت نسوزکاری	حرارت	سوختگی اعضاء	۵	۴	۸								٥٤
		گرد و غبار مواد نسوز	آسیب ریوی	۶	۷	۵	استفاده از ماسک فیلتردار	پیمانکار/ واحد ایمنی فنی	در اسرع وقت	۶	۲	۵		٥٥

Archive of SID

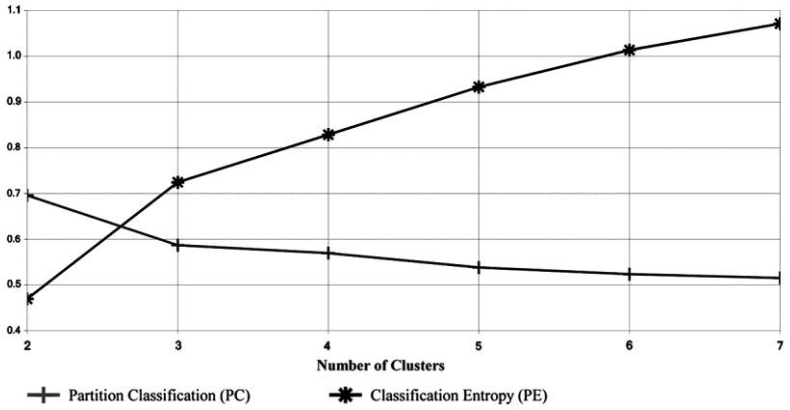
www.SID.ir

با توجه به اینکه میزان فازی بودن $m = 2$ و تعداد خوشه‌ها حداقل می بایست ۲ باشد، لذا میزان روایی تعداد خوشه‌ها بر اساس نتایج بدست آمده از نرم افزار Data Engine 4.01 به صورت زیر می‌باشد (جدول ۱۲).

جدول ۱۲. میزان روایی تعداد خوشه‌ها بر مبنای شاخص‌های PE، PEX و PC

C	m	ضریب افراز (PC)	توان نسبت (PEX)	آنتروپی افراز (PE)
۲	۲	۰,٦٩٦٠٧٧	٦٠,٨٩٩٤	۰,٤٦٩٥٥
۳	۲	۰,٥٨٦٩٤٩	٩٥,٣٦١٣٣	۰,٧٢٤٦٨١
٤	۲	۰,٥٦٩٦٧٣	١٦٠,٠٧٢٢	۰,٨٢٨٧٣٦
٥	۲	۰,٥٣٨٢٧	٢١٤,٢٩١١	۰,٩٣٣٠٥٣
٦	۲	۰,٥٢٣٦٥١	٢٦٩,٠٧٠٧	١,٠١٣٧٤٣
٧	۲	۰,٥١٥٣٢	٣٣٩,٣٢٧٥	١,٠٧١٥١٨

جدول ۱۲ نشان دهنده شاخص‌های روایی برای تعداد متفاوت خوشه‌ها می باشد. جهت تسهیل فرایند تصمیم گیری، نمودار دو بعدی زیر را با استفاده از دو شاخص PE و PC و همچنین تعداد خوشه‌ها ترسیم می نماییم تا میزان ارتباط هر یک از این شاخص‌ها را با تعداد خوشه‌ها بسنجیم (شکل ۱).



شکل ۱. رابطه میان تعداد خوشه‌ها با شاخص‌های روایی PE و PC

طبق قاعده، تعداد بهینه خوشه‌ها در جایی است که مقدار PE پایین تر از روند صعودی و مقدار PC بالاتر از روند نزولی قرار گیرد. در نمودار فوق مشهود است که در جایی که تعداد خوشه‌ها برابر ۴ می‌باشد، این قاعده برقرار است. لذا تعداد بهینه

www.SID.ir

خوشه‌ها برابر ۴ می باشد. در این قسمت، به صورت فرضی نام خوشه‌ها بر اساس حروف الفبای انگلیسی نام‌گذاری می‌گردد. جداول ۱۳ و ۱۴ به ترتیب نشان دهنده اطلاعات مرکز خوشه‌ها در سه شاخص احتمال بروز، شدت پیامدها و تناوب مواجهه در وضعیت پیش از بهبود و پس از بهبود می‌باشند.

جدول ۱۳. اطلاعات مرکز خوشه‌ها پیش از بهبود

نام خوشه	P	S	F
A	٦,٩٥٢٨٢	٢,٦٧٠٧٧	٥,١٧٩٤٤
B	٩,٤٧٧٣٧	٢,٧٧٥٠٨	٣,٨٣١٦٠
C	٢,٠٠٣٨٣	٩,٧١٦٦٧	٤,٤٦٩٢٠
D	٤,٨٧٨٧٣	٥,٩٥٠٨١	٤,٨٨٤٤٩

جدول ١٤. اطلاعات مرکز خوشه‌ها پس از بهبود

نام خوشه	P	S	F
A	٨,٥٦١٧١	٦,٧٣٥٢١	٤,٢٤١٦٢
B	٩,٤٥٧٢٩	٣,٧٢٧٣٩	٤,٦٠٩٧٧
C	٤,٧٧٤١٨	٩,٥٠٦٦٢	٤,٥٥٣١٩
D	٥,٣٥١٤٣	٥,٨٥٢١٤	٥,١٨١١٠

پس از اجرای راه کارها، در خوشه‌های A و B، میزان تاثیر شاخص شدت پیامد و در خوشه C، میزان تاثیر شاخص احتمال بروز افزایش یافته است، ولیکن در خوشه D میزان تاثیر هر سه شاخص تغییر چندانی نیافته است. جداول ۱۶-۱۵، درجه عضویت هر یک از حالات بالقوه زیان آور را در هر یک از خوشه‌ها نشان می دهد. واضح است که براساس منطق فازی هر یک از ریسک‌ها می تواند عضو چندین بخش باشد و میزان عضویت او بر اساس درجه عضویت او تعیین می گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۵. نتایج خوشه‌بندی حالات بالقوه زیان آور

شماره ریسک	درجه عضویت پیش از بهبود				درجه عضویت پس از بهبود			
	A	B	C	D	A	B	C	D
۱	۰,۰۷۹۸۷	۰,۰۳٤٦٥	۰,۱٦۲۹۷	۰,۷۲۲٤۹	۰,۰٤٤٦٤	۰,۰۲۳۹۰	۰,۰٥۸٥۷	۰,۸۷۲۹۰
۲	۰,۱٥۳٤۹	۰,۱۷۸۰٤	۰,۱۲٥۷٤	۰,٥٤۲۷۱	۰,٤۲۰۹٤	۰,۱۰۹۰٦	۰,۰۷٥۱۸	۰,۳۹٤۸۲
۳	۰,۳٤۳٦۲	۰,۱۰۳۰۲	۰,۱٤٤۳۷	۰,٤۰۸۹۷	۰,۷۹٥۱۹	۰,۰۹٥۳۲	۰,۰۲۲۷٤	۰,۰۸٦۷٦
٤	۰,۱۱۱۱۹	۰,۰٥۸۰٦	۰,٦۳٦۲۳	۰,۱۹٤٥۱	۰,۰۱۱۹٤	۰,۰۰۸۳۱	۰,۹٤۱۹۲	۰,۰۳۷۸۳
٥	۰,۱۱٤۹۰	۰,۰٦٥۱٦	۰,٦۰۲۸٤	۰,۲۱۷۰۸	۰,۰۲۰۳٥	۰,۰۱٤۱٤	۰,۹۰۷۸۲	۰,۰٥۷٦۹
٦	۰,۱٥۳۳۱	۰,۱۸۸۱۹	۰,۰۷۷٤٥	۰,٥۸۱۰۲	۰,٥٥۹۰٤	۰,۰۹٤۱۸	۰,۰٤۸۲۷	۰,۲۹۸٥۱
۷	۰,۱۰۷۳٤	۰,۰۸۷٦۸	۰,۰٥٦۸۷	۰,۷٤۸۰۹	۰,۲٥۷٤۰	۰,۰۷۳۰۷	۰,۰۷٥۷۳	۰,٥۹۳۸۰
۸	۰,۰٤۳۹۸	۰,۰۲٦٦۱	۰,۰٤۹۷۰	۰,۸۷۹٦۸	۰,۰۰۳۹۹	۰,۰۰۱۷۲	۰,۰۰۲٥۳	۰,۹۹۱۷۷
۹	۰,۸۰۲۷٤	۰,۰٥۹۳۹	۰,۰٤٥٦٦	۰,۰۹۲۱۹	۰,۷٦۲٦٦	۰,۱۷٤۷۱	۰,۰۱۳۰٦	۰,۰٤۹٥۸
۱۰	۰,۱۸۳۸۰	۰,٤٦٤۰٦	۰,۰٦٥٦٦	۰,۲۸٦٤۷	۰,۹٦۲۰۰	۰,۰۱۹٤۹	۰,۰۰۲۹۱	۰,۰۱٥٦۰
۱۱	۰,۳۸۰۲۷	۰,۳۸۰۸۷	۰,۰٤۷۹۹	۰,۱۹۰۸٥	۰,٦٤۰٦۲	۰,۲٦۲۱٤	۰,۰۲۲٦٦	۰,۰۷٤٥۷
۱۲	۰,۸۰۲۷٤	۰,۰٥۹۳۹	۰,۰٤٥٦٦	۰,۰۹۲۱۹	۰,۷٦۲٦٦	۰,۱۷٤۷۱	۰,۰۱۳۰٦	۰,۰٤۹٥۸
۱۳	۰,۰۱۹٥۳	۰,۰۰۷۸۷	۰,۹٤٥٦۸	۰,۰۲٦۹۱	۰,۰۱۱۹٤	۰,۰۰۸۳۱	۰,۹٤۱۹۲	۰,۰۳۷۸۳
۱٤	۰,۰۱۲٤۸	۰,۰۰٦۸٤	۰,۰۱۳۷۳	۰,۹٦٦۹٤	۰,۰۰۳۹۹	۰,۰۰۱۷۲	۰,۰۰۲٥۳	۰,۹۹۱۷۷
۱٥	۰,۰٤۷٦٥	۰,۰۳٥۸۳	۰,۰۳۷۷۱	۰,۸۷۸۷۸	۰,۰۸۸۳۳	۰,۰۲۸۰٥	۰,۰۲٥٦۸	۰,۸٥۷۹۳
۱٦	۰,۹٤۲۰٥	۰,۰۲٦۷٤	۰,۰۱۲۳٥	۰,۰۱۸۸٤	۰,۱۸۰٤۷	۰,٦۰۸۲۹	۰,۰٥۷۷۲	۰,۱٥۳٥۲
۱۷	۰,۷٤۱٦۸	۰,۱٤۳۲٤	۰,۰٤۸۰۷	۰,۰٦۷۰۰	۰,۰٦۱۷۹	۰,۹۱۱۲۹	۰,۰۰۷۰۹	۰,۰۱۹۸۳
۱۸	۰,۷٤۱٦۸	۰,۱٤۳۲٤	۰,۰٤۸۰۷	۰,۰٦۷۰۰	۰,۰٦۱۷۹	۰,۹۱۱۲۹	۰,۰۰۷۰۹	۰,۰۱۹۸۳

جدول ۱٦. ادامه نتایج خوشه‌بندی حالات بالقوه زیان آور

۱۹	۰,۱۰۱۷٤	۰,۰٦۱٦۷	۰,۱٦٤۹۸	۰,٦۷۱٥۹	۰,۰۹۷٤۷	۰,۰٥۸٥۲	۰,۱۲۸۰۰	۰,۷۱٦۰۱
۲۰	۰,۰۸۹۳۰	۰,۰٤٦۷۰	۰,۰۹۳۷٦	۰,۷۷۰۲۲	۰,۰۹۹۳٥	۰,۰٦۳۱۳	۰,۰۸۲۰۲	۰,۷٥٥٤۹
۲۱	۰,۸۲۱٤٦	۰,۱۱۳۰۹	۰,۰۲۱۳۳	۰,۰٤٤۱۱	۰,۰۸۸٦٤	۰,۸۸۰۸٦	۰,۰۰۷٤۲	۰,۰۲۳۰۸
۲۲	۰,۳٤۳٦۲	۰,۱۰۳۰۲	۰,۱٤٤۳۷	۰,٤۰۸۹۷	۰,۷۹٥۱۹	۰,۰۹٥۳۲	۰,۰۲۲۷٤	۰,۰۸٦۷٦
۲۳	۰,۰٤۳۹۸	۰,۰۲٦٦۱	۰,۰٤۹۷۰	۰,۸۷۹٦۸	۰,۰۰۳۹۹	۰,۰۰۱۷۲	۰,۰۰۲٥۳	۰,۹۹۱۷۷
۲٤	۰,۰۷۹۸۷	۰,۰۳٤٦٥	۰,۱٦۲۹۷	۰,۷۲۲٤۹	۰,۰٤٤٦٤	۰,۰۲۳۹۰	۰,۰٥۸٥۷	۰,۸۷۲۹۰
۲٥	۰,۱۷٥۱۲	۰,۲۸٦۷۹	۰,۰۹۰۰۰	۰,٤٤۸۰۸	۰,۷۱۸٤۷	۰,۰۸۳۹۲	۰,۰۳۳٤٦	۰,۱٦٤۱٥

Archive of SID

www.SID.ir

۲۶	۰,۰۵۵۱۰	۰,۰۲۴۴۹	۰,۰۳۰۲۲	۰,۸۹۰۱۷	۰,۰۰۳۹۹	۰,۰۰۱۷۲	۰,۰۰۲۵۳	۰,۹۹۱۷۷
۲۷	۰,۳۸۰۲۷	۰,۳۸۰۸۷	۰,۰۴۷۹۹	۰,۱۹۰۸۵	۰,۷۷۹۱۴	۰,۱۵۳۲۶	۰,۰۱۲۴۴	۰,۰۵۵۱۶
۲۸	۰,۱۱۳۲۶	۰,۷۸۵۳۸	۰,۰۳۰۱۷	۰,۰۷۱۱۷	۰,۵۷۱۳۴	۰,۰۹۸۷۰	۰,۰۵۶۵۳	۰,۲۷۳۴۲
۲۹	۰,۸۰۲۷۴	۰,۰۵۹۳۹	۰,۰۴۵۶۶	۰,۰۹۲۱۹	۰,۷۶۲۶۶	۰,۱۷۴۷۱	۰,۰۱۳۰۶	۰,۰۴۹۵۸
۳۰	۰,۰۵۳۱۹	۰,۹۰۴۵۲	۰,۰۱۲۶۳	۰,۰۲۹۶۴	۰,۲۹۷۷۲	۰,۵۹۵۷۲	۰,۰۲۵۷۲	۰,۰۸۰۸۴
۳۱	۰,۰۴۷۶	۰,۹۲۴۸۴	۰,۰۰۸۳۳	۰,۰۱۹۲۲	۰,۳۱۵۳۰	۰,۵۸۵۶۹	۰,۰۲۴۹۴	۰,۰۷۴۰۸
۳۲	۰,۰۹۵۰۵	۰,۰۵۳۷۱	۰,۲۵۳۸۶	۰,۵۹۷۳۶	۰,۱۲۴۱۷	۰,۰۵۸۳۴	۰,۱۹۴۱۵	۰,۶۲۳۳۴
۳۳	۰,۱۹۰۷۸	۰,۰۶۶۸۰	۰,۳۶۶۰۳	۰,۳۷۶۳۸	۰,۱۲۵۰۷	۰,۰۶۰۹۱	۰,۲۸۶۳۱	۰,۵۲۷۷۰
۳۴	۰,۰۴۷۶۵	۰,۰۳۵۸۳	۰,۰۳۷۷۱	۰,۸۷۸۷۸	۰,۰۸۸۳۳	۰,۰۲۸۰۵	۰,۰۲۵۶۸	۰,۸۵۷۹۳
۳۵	۰,۰۳۲۸۵	۰,۰۱۴۹۰	۰,۹۰۱۵۴	۰,۰۵۰۷۰	۰,۰۱۷۷۰	۰,۰۱۳۳۵	۰,۹۲۰۱۷	۰,۰۴۸۷۸
۳۶	۰,۰۶۸۹۵	۰,۸۹۴۵۴	۰,۰۱۱۴۳	۰,۰۲۵۰۶	۰,۱۰۰۲۲	۰,۸۳۵۸۸	۰,۰۱۶۰۲	۰,۰۴۷۸۸
۳۷	۰,۰۶۵۸۰	۰,۸۸۵۰۸	۰,۰۱۵۱۲	۰,۰۳۳۹۷	۰,۰۲۸۶۲	۰,۹۵۷۱۴	۰,۰۰۳۶۲	۰,۰۱۰۶۲
۳۸	۰,۹۰۴۶۵	۰,۰۳۰۴۱	۰,۰۲۳۶۳	۰,۰۴۱۲۹	۰,۲۹۵۳۹	۰,۶۲۱۹۱	۰,۰۱۸۵۹	۰,۰۶۴۱۲
۳۹	۰,۵۴۱۹۵	۰,۰۸۱۲۷	۰,۱۲۰۵۳	۰,۲۵۶۲۳	۰,۴۰۰۲۵	۰,۳۲۴۹۸	۰,۰۴۳۰۵	۰,۲۳۱۷۳
۴۰	۰,۱۸۰۲۶	۰,۱۲۹۰۵	۰,۱۳۶۴۵	۰,۵۵۴۲۲	۰,۲۲۰۷۱	۰,۱۹۹۵۷	۰,۱۴۲۲۳	۰,۴۳۷۴۹
۴۱	۰,۰۸۵۲۹	۰,۰۳۴۳۴	۰,۷۸۴۲۳	۰,۰۹۶۱۱	۰,۰۵۶۵۸	۰,۰۴۸۰۱	۰,۷۴۸۹۹	۰,۱۴۶۴۱
۴۲	۰,۶۶۴۰۷	۰,۱۷۹۷۶	۰,۰۶۷۸۸	۰,۰۸۸۲۸	۰,۱۰۲۷۷	۰,۸۲۹۰۴	۰,۰۱۹۷۹	۰,۰۴۸۴۱
۴۳	۰,۲۴۱۴۱	۰,۳۷۱۵۱	۰,۰۶۷۷۰	۰,۳۱۹۳۶	۰,۴۰۰۲۵	۰,۳۲۴۹۸	۰,۰۴۳۰۵	۰,۲۳۱۷۳
۴۴	۰,۶۶۴۰۷	۰,۱۷۹۷۶	۰,۰۶۷۸۸	۰,۰۸۸۲۸	۰,۲۰۵۸۵	۰,۳۲۵۵۸	۰,۱۴۴۰۹	۰,۳۲۴۴۸
۴۵	۰,۱۸۸۵۴	۰,۷۰۶۴۴	۰,۰۳۴۸۲	۰,۰۷۰۱۸	۰,۱۱۷۹۴	۰,۷۷۶۸۸	۰,۰۳۰۱۰	۰,۰۷۵۰۸
۴۶	۰,۶۶۴۰۷	۰,۱۷۹۷۶	۰,۰۶۷۸۸	۰,۰۸۸۲۸	۰,۱۰۲۷۷	۰,۸۲۹۰۴	۰,۰۱۹۷۹	۰,۰۴۸۴۱
۴۷	۰,۰۲۴۰۲	۰,۰۰۹۴۳	۰,۹۳۶۵۰	۰,۰۳۰۰۳	۰,۰۸۶۴۶	۰,۰۵۷۶۵	۰,۲۲۸۸۳	۰,۶۲۷۰۶
۴۸	۰,۳۵۷۲۸	۰,۱۱۱۸۴	۰,۰۷۲۷۷	۰,۴۵۸۰۸	۰,۰۱۹۴۹	۰,۹۶۲۰۰	۰,۰۰۲۹۱	۰,۰۱۵۶۰
۴۹	۰,۱۵۹۰۲	۰,۰۵۰۲۳	۰,۱۴۳۵۳	۰,۶۴۷۱۹	۰,۰۷۹۲۱	۰,۰۴۲۵۱	۰,۲۹۴۰۶	۰,۵۸۴۲۲
۵۰	۰,۰۲۴۰۲	۰,۰۰۹۴۳	۰,۹۳۶۵۰	۰,۰۳۰۰۳	۰,۰۲۱۵۴	۰,۰۱۶۸۸	۰,۸۹۰۷۵	۰,۰۷۰۸۳
۵۱	۰,۲۳۵۱۳	۰,۰۶۸۳۰	۰,۱۹۴۴۳	۰,۵۰۲۱۳	۰,۱۲۹۱۱	۰,۱۰۳۸۴	۰,۱۲۹۶۱	۰,۶۳۷۴۴
۵۲	۰,۱۰۹۰۲	۰,۰۴۰۶۲	۰,۵۹۵۳۱	۰,۲۵۵۰۳	۰,۴۳۱۰۲	۰,۱۷۹۹۵	۰,۰۶۶۲۹	۰,۳۲۲۷۴
۵۳	۰,۲۱۹۱۵	۰,۰۵۸۹۱	۰,۴۴۱۷۱	۰,۲۸۰۲۲	۰,۵۰۴۳۶	۰,۲۲۷۶۹	۰,۰۴۵۰۸	۰,۲۲۲۸۷
۵۴	۰,۱۶۹۹۴	۰,۱۸۵۳۸	۰,۱۳۷۹۲	۰,۵۰۶۷۵	۰,۳۷۳۹۷	۰,۱۵۰۶۴	۰,۱۴۲۹۲	۰,۳۳۲۴۸
۵۵	۰,۱۵۹۰۲	۰,۰۵۰۲۳	۰,۱۴۳۵۳	۰,۶۴۷۱۹	۰,۸۳۹۶۱	۰,۰۷۱۷۲	۰,۰۱۶۰۶	۰,۰۷۲۶۰

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه و تحلیل

در این پژوهش، ۵۵ مورد حالات بالقوه زیان آور شناسایی گردید و درجه عضویت هر یک از آنها محاسبه گردید. این مطالعه نشان داد که پیش از بهبود، ریسک‌های ۱۶، ۳۱، ۱۳ ،۱۴ و پس از بهبود، ریسک‌های ۱۰، ۳۷، ۴، ۸ به ترتیب بیشترین درجه عضویت را در خوشه‌های A، B، C و D دارند. بدیهی است تغییر درجه عضویت سایر ریسک‌ها و بالطبع تغییر جایگاه آنها به دلیل تغییر میزان مولفه‌های ارزیابی است که در اثر افزایش سرمایه گذاری شرکت فولاد آلیاژی یزد در حوزه ایمنی واحد فولاد سازی و اجرای راه کارهای بهبود رخ داده است. با توجه به معیار پذیرش ریسک واحد فولاد سازی که معادل ۱۸۰ بود، برخی خطرات شناسایی شده دارای ریسک در حد پایین بوده و از نظر مدیریت سازمان نیازی به پیشنهاد یا طرح‌های مناسب جهت کاهش نداشتند. البته باید در نظر داشت که در روش FMEA توجه و تلاش بیش از حد روی کاهش اعداد RPN، موجب نادیده گرفتن تلاش برای کاهش حالات خطایی می‌شود که تاکنون اتفاق نیافتاده است. به عبارت دیگر، نباید خطاهایی با اولویت ریسک پایین را که شدت و یا میزان وقوع و یا قابلیت کشف ۸ یا بالاتر دارند، از قلم انداخت. لذا، در این پژوهش برای ترفیع مشکل مزبور کلیه ریسک‌ها اعم از ریسک‌های بهبود یافته و بهبود نیافته مجدداً خوشه‌بندی شدند. در میان سایر راه کارهای کنترلی، پیشگیری هزینه کمتر و راندمان بالاتری دارد؛ اما باید توجه داشت که انجام اقدامات پیشگیری به برنامه ریزی دقیق، ثبت اطلاعات، دانش فنی، آموزش پرسنل و توجه مدیریت سازمان احتیاج دارد. واضح است که در زمینه کاهش ریسک خطرات شناسایی شده باید هم به کاهش احتمال وقوع و هم به کاهش پیامدها توجه گردد. براین اساس آنچه که از طریق مشاورت با مهندسین فرایند و کارشناسان ایمنی و بهداشت حرفه ای بدست آمد، به نظر می‌رسد که انجام اقدامات پیشگیرانه واحد و تهیه و اجرای برنامه دقیق برای این اقدامات مهمترین پیشنهادی است که از طریق کاهش احتمال وقوع منجر به کاهش ریسک می‌گردد. در انجام مطالعات ارزیابی ریسک به منظور دستیابی به اطلاعات صحیح و دقیق در زمینه احتمال وقوع حوادث و شدت پیامدها، وجود سیستم‌های دقیق نگهداری سوابق ضروری می‌باشد [۴]. در این پژوهش با توجه به نوع ورودی نرم افزار، از داده‌های قطعی استفاده گردید. لذا به پژوهشگران توصیه می‌شود که در تحقیقات آتی از داده‌های فازی و یا سایر مدل‌های

Archive of SID

www.SID.ir

خوشه‌بندی فازی (گوستافسون-کسل[1]، FCRM[2]، WFCM[3]، SFCM[4]، s-FCM[5]، PCM[6]، FGC[7] و ...) برای بخش بندی حالات بالقوه زیان آور استفاده نمایند و به مقایسه نتایج حاصله بپردازند [۳،۵،۱۲،۱۷،۱۹].

نتیجه گیری

در این پژوهش که با هدف رتبه بندی حالات بالقوه زیان آور با استفاده از تحلیل خوشه‌ای فازی انجام گرفت، پس از تشریح مفهوم تحلیل خوشه‌ای و مدل‌های مختلف C-Means، ریسک‌های همگن به لحاظ شاخص‌های احتمال بروز، شدت پیامد و تناوب مواجهه به کمک تکنیک خوشه‌بندی فازی شناسایی گردیدند. نتیجه این رده بندی در بخش یافته‌های پژوهش در جداول مربوطه ذکر گردیده است. همان گونه که در جداول ملاحظه می‌شود، هر خوشه در بردارنده چند ریسک است و هر ریسک دارای ضریب عضویتی است که میزان و شدت تعلق آن ریسک را به خوشه مزبور بیان می‌کند.. لذا، از جمله موارد بسیار حائز اهمیت این است که سازمان‌ها می‌بایست بیشتر سرمایه و تلاش شان را در راستای انجام اقدامات اصلاحی تاثیر گذار بر سایر ریسک‌های همگن صرف نمایند. شناسایی و رده بندی حالات بالقوه زیان آور بر مبنای شاخص‌های مزبور، امکان بررسی جامع تر و دقیق تر ریسک‌های بالقوه و بالطبع پیشگیری از وقوع پیشامدهای جانی و مالی را فراهم می‌آورد. با اذعان به اینکه تاکنون طبقه بندی جامعی از حالات بالقوه زیان آور در صنایع فولاد سازی ارائه نشده است، به نظر می‌رسد این پژوهش از نظر کاربردی در نوع خود منحصر به فرد است. لیکن با انجام مطالعات میدانی و با اضافه نمودن حالات بالقوه زیان آور، در سال‌های آینده می‌توان به نتایج بهتری دست یافت. در پایان خاطر نشان می‌سازیم که شیوه اجرایی انجام این تحقیق می‌تواند به عنوان یک الگو برای تحقیقات مشابه در بین شرکت‌های پیشرو کشور مورد استفاده قرار گیرد و منشا فواید فراوانی گردد.

1- Gustafson-Kessel
2- Fuzzy C-Regression Model
3- Weighted Fuzzy C-Means
4- Supervised Fuzzy C-Means
5- Suppressed Fuzzy C-Means
6- Possibilistic C-Means
7- Fuzzy Genetic Clustering

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱. پورحمیدی، مسعود. **تحلیل ریسک و ارزیابی شرایط بالقوه برای بروز حوادث در معادن زیرزمینی با استفاده از روش FMEA فازی مطالعه موردی: معدن شهید نیلچیان (دوپلان)**، دومین کنگره خاورمیانه‌ای مدیریت ریسک، ۱۳۸۷، صص ۵-۱.

۲. رضائی، کامران. حسینی آشتیانی، حمید رضا. هوشیار، محمد. وزیری، فرزانه. **مبانی QFD رویکردی مشتری مدار**، چاپ سوم، نشر آتنا، ۱۳۸٤.

۳. سپهر، ریحانه. مرادی، محمد حسن. مشایخی، غنچه. کاردر، لاله. بامدادیان، عطیه. **بررسی و مقایسه روش‌های مختلف خوشه‌بندی فازی تفکیکی مبتنی بر روش استاندارد خوشه‌بندی فازی FCM**، هفتمین کنفرانس سیستم‌های فازی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸٦، صص ۵-۱.

٤. عدل، جواد. قهرمانی، ابوالفضل. نسل سراجی، جبرائیل. **ارزیابی ریسک در بخش شیرین سازی واحد تصفیه گاز پالایش گاز**، مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دوره ۳، شماره ٤، ۱۳۸٤، صص ٤-۱.

۵. عسگریان، احسان. معین زاده، حسین. سریانی، محسن. حبیبی، جعفر. **رویکرد جدید برای خوشه‌بندی فازی بوسیله الگوریتم ژنتیک، سیزدهمین کنفرانس ملی انجمن کامپیوتر ایران**، جزیره کیش، ۱۳۸٦، صص۳-۱.

٦. فرشادفر، عزت الله. **اصول و روش‌های آماری چند متغیره**، چاپ دوم، طاق بستان، ۱۳۸٤.

۷. ماردیا، کانتی.کنت، جان. بی بی، جان. **تحلیل چند متغیره**، طباطبایی، محمد مهدی، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۷٦.

8. Chang, C. L., Wei, C. C., & Lee, Y.H. (1999). **Failure mode and effects analysis using fuzzy method and grey theory**. Kybernetes , 28 (9), 1072-1080.
9. Chensong, D. (2007). **Failure mode and effects analysis based on fuzzy utility cost estimation**. International Journal of Quality & Reliability Management , 24 (9), 958-971.
10. Chi, Z., Yan, H., & Pham, T. (1996). **Fuzzy algorithms**: **with applications to image processing and pattern recognition**. Singapore : World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
11. D'Ursoa, P., & Giordani, P. (2006). **A weighted fuzzy c-means clustering model for fuzzy data**. Computational Statistics & Data Analysis , 50, 1496 – 1523.
12. Kalyani, S., & Swarup, K. S. (2010). **Supervised fuzzy c-means clustering technique for security assessment and classification in power systems**. International Journal of Engineering, Science and Technology , 2 (3), 175-185.

Archive of SID

www.SID.ir

13. Kockara, S., Mete, M., & Chen B, A. K. (2010). **Analysis of density based and fuzzy c-means clustering methods on lesion border extraction in dermoscopy images**. BMC Bioinformatics , 11 (6), 1-11.
14. Krouwer, J. S. (2004). **An improved failure mode effects analysis for hospitals**. Archives of Pathology & Laboratory Medicine , 128 (6), 663-667.
15. Schwämmle, V., & Jensen, O. N. (2010). **A simple and fast method to determine the parameters for fuzzy c-means cluster analysis**. Bioinformatics , 26 (22), 2841-2848.
16. Sharma, R. K., Kumar, D., & Kumar, P. (2005). **Systematic failure mode effect analysis** (FMEA) using fuzzy linguistic modelling. International Journal of Quality, 22 (9), 986-1004.
17. Szilágyi, L., Szilágyi, S. M., & Benyó, Z. (2010). **Analytical and numerical evaluation of the suppressed fuzzy c-means algorithm: a study on the competition in c-means clustering models**. Soft Computing , 14 (5), 495–505.
18. Tay, K. M., & Lim, C. P. (2006). **Fuzzy FMEA with a guided rules reduction system for prioritization of failures**. International Journal of Quality & Reliability Management , 23 (8), 1047-1066.
19. Valente de Oliveira, J., & Pedrycz, W. (2007). **Advances in fuzzy clustering and its applications**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
20. Wang, X., Wang, Y., & Wang, L. (2004). **Improving fuzzy c-means clustering based on feature-weight learning**. Pattern Recognition Letters , 25, 1123–1132.
21. Xu, L., Tang, L., Xie, M., Ho, L., & Zhu, M. (2002). **Fuzzy assessment of FMEA for engine systems**. Reliability Engineering & System Safety , 1 (75), 9-17.

Archive of SID

www.SID.ir