پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره ۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، صص ۱۲۴-۱۴۶
نوع مقاله: پژوهشی

طراحی مدل علّی و تحلیل معیارهای زیست‌محیطی در صنعت فولاد با رویکرد نگاشت شناختی فازی (FCM)

امید گلشن تفتی[۱]، سید حیدر میر فخرالدینی[۲*]، داوود عندلیب اردکانی[۳]، حبیب زارع احمدآبادی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی،دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۲-دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۳- استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۴- استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۷/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۰

چکیده

آلودگی‌های زیست‌محیطی، یکی از تهدیدهای جدی برای گرمایش جهانی و سلامتی انسان‌ها است و اغلب صنایع به ویژه صنعت فولاد، از منابع آلوده‌کننده محیط‌زیست به شمار می‌روند؛ بنابراین کاهش و کنترل میزان آلودگی ناشی از این صنعت در مطالعات اخیر اهمیت ویژه‌ای یافته است. بدین‌جهت، هدف از پژوهش حاضر، شناسایی معیارهای زیست‌محیطی صنعت فولاد یزد به منظور ارائه مدل علّی و تحلیل روابط بین آن‌ها است. در این پژوهش، نخست با مطالعه ادبیات موضوعی با بهره‌گیری از رویکرد تحلیل محتوا، معیارهایی که تعداد تکرار آن‌ها خیلی کم بودند، از لیست حذف‌شده و به منظور بومی‌سازی و شناسایی معیارهای اجرایی‌تر با خبرگان صنعت فولاد مصاحبه صورت گرفته و ۳۶ معیار نهایی زیست‌محیطی انتخاب‌شده است. جهت جمع‌آوری داده‌ها از پرسشنامه استفاده شد که روایی و پایایی آن نیز تأیید گردید. درنهایت، برای بررسی شدت روابط و نحوه تأثیرگذاری معیارها و طراحی مدل از رویکرد نگاشت شناختی فازی بهره گرفته‌شده و هر یک از معیارها در چارچوب این مدل مورد تحلیل قرار گرفته است. بر این اساس، معیارهای بازاریابی سبز، طراحی زیست‌محیطی و عملکرد زیست‌محیطی به ترتیب بیشترین تأثیرگذاری و معیارهای بازاریابی سبز، انبار و ساختمان سبز و عملکرد زیست‌محیطی به ترتیب بیشترین تأثیرپذیری را در این صنعت دارند.

کلیدواژه‌ها: مدل علّی، معیارهای زیست‌محیطی، صنعت فولاد، تحلیل محتوا، نگاشت شناختی فازی (FCM)

---

* نویسنده مسئول مقاله E-mail: mirfakhr@yazd.ac.ir

۱- مقدمه

در عصر کنونی نگرانی‌های فزاینده‌ای درباره محیط‌زیست در سراسر جهان وجود دارد. بشر به تدریج متوجه عواقب زیان‌بار بهره‌برداری بی‌رویه از طبیعت و پیدایش انواع آلاینده‌ها در محیط‌زیست خود شده است. توسعه عنان‌گسیخته و بدون برنامه‌ریزی همه‌جانبه [۱]، با تخریب و آلودگی محیط‌زیست همراه بوده است؛ پیامدهای منفی صنعتی شدن و توسعه‌یافتگی که نتیجه تبلیغ و ترویج مصرف‌گرایی و افزون‌طلبی است، استمرار رشد حقیقی را به خطر انداخته و بخش‌های قابل‌توجهی از انسان‌ها را از آثار مثبت آن محروم کرده است [۲]. در طول سال‌های گذشته، تعداد سازمان‌هایی که نسبت به مسائل زیست‌محیطی حساس شده و استانداردهای زیست‌محیطی را رعایت می‌کنند، افزایش چشمگیری داشته است. به عنوان مثال تعداد گواهینامه ایزو ۱۴۰۰۱ بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۶ با رشد نزدیک به ۷۰٪ به بیش از ۱۸۷ هزار بین ۶۵ کشور در حال توسعه، رسیده است [۳]. با توجه به این‌که در هر صنعت آلایندگی مرتبط با عملیات خاص خود را دارد، دغدغه‌های مرتبط با همان نوع آلودگی را خواهد داشت؛ بنابراین، الزامات عملکرد زیست‌محیطی بایستی با توجه به آلایندگی هر صنعت در نظر گرفته شود. برخی از مؤلفه‌ها برای برخی از صنایع بسیار کلیدی و در حالی‌که مؤلفه‌های دیگر برای صنعت مورد نظر موضوعیت ندارد. در نتیجه گزارشگری در راستای مؤلفه‌های با اهمیت برای صنعت می‌تواند اطلاعات مربوط‌تری برای استفاده‌کنندگان به همراه داشته باشد [۴]. در حال حاضر، اثرات مخرب صنایع فولاد مانند کاهش منابع تجدیدناپذیر، گرمایش جهانی و تهدیدهای آن برای سلامتی و امنیت کارگران یکی از چالش‌های این واحدهای تولیدی برای توسعه پایدار بوده و در این نوع صنایع، استانداردهای لازم جهت شناسایی و سنجش معیارهای زیست‌محیطی در راستای کاهش آلودگی‌ها قابل توجه نبوده است. با توجه به مطالب فوق، نیاز به رویکردی احساس می‌شود که بتواند روابط درونی بین متغیرها را تشخیص دهد و نوع و شدت تأثیر یک متغیر بر سایر متغیرها را مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دهد. بنابراین، با توجه به اهمیت مسائل زیست‌محیطی در سازمان‌های امروزی به‌ویژه در صنایع فولاد یزد، مسئله اصلی پژوهش این است که معیارهای واقعی زیست‌محیطی در صنایع فولاد یزد کدامند و چگونه می‌توان مدل علی آن را طراحی و تحلیل نمود؟ لازم به ذکر است پژوهش حاضر با تمرکز بر شناسایی جامع معیارهای زیست‌محیطی خاص

امید گلشن تفتی و همکاران ـــ
صنایع فولاد یزد و طراحی مدل آن با رویکرد نگاشت شناختی فازی دارای نوآوری است.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- معیارهای زیست‌محیطی

معیارهای زیست‌محیطی، به هزینه‌های محیط‌زیستی مواد بازگشتی، استفاده از مواد خام سازگار با محیط‌زیست، کاهش منابع بسته‌بندی، کاهش حمل‌ونقل و به حداقل رساندن مصرف انرژی اشاره دارد [۵]. عملکرد معیارهای زیست‌محیطی، توانایی شرکت‌ها در کاهش آلودگی‌های آب، هوا و خاک را اندازه‌گیری می‌کند. توانایی‌های شرکت برای اجرای مدیریت تصفیه مناسب و جلوگیری یا کاهش استفاده از مواد خطرناک و سمی به همراه بهبود هر چه بیشتر در کاهش وقوع حوادث محیط‌زیست و دستاوردهای صرفه‌جویی در انرژی است [۶].

۲-۲- صنعت فولاد

فولاد مفیدترین، ارزان‌ترین و پراستفاده‌ترین فلز و نیز مهم‌ترین محصول ساختمانی و مهندسی در جهان است. به خاطر نقش مهم فولاد در توسعه صنعتی و رشد اقتصادی کشورها، صنعت آهن و فولاد از اولویت بالایی در برنامه‌های توسعه‌ای اکثر کشورها، برخوردار است [۷]. در این صنعت همانند بسیاری از صنایع دیگر، پژوهش‌ها و سرمایه‌گذاری زیادی برای بهبود کیفیت، تولید فولادهای خاص، کاهش مصرف انرژی و کاهش آلودگی محیط‌زیست انجام گرفته است [۸]. تولید و مصرف فولاد، امروزه یکی از شاخص‌های اصلی توسعه‌یافتگی کشورها و جوامع به شمار می‌آید. در چهار دهه اخیر در کشور، بالغ بر ۱۵۰ میلیون تن فولاد خام تولید و ۲۰۰ میلیون تن فولاد مصرف‌شده است. موضوع روز صنعت فولاد کشور، حفظ محیط‌زیست و مصرف بهینه انرژی است که با به‌کارگیری فرآیند و تجهیزات خاص، امکان صرفه‌جویی انرژی و کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای تا ۲۵٪، در صنایع فولاد ایران فراهم می‌شود [۹].

مطالعات در حوزه زیست‌محیطی در طول یک دهه گذشته رشد قابل ملاحظه‌ای داشته و محققان، طی مطالعات خود، متغیرها و روابط متنوعی را شناسایی و اندازه‌گیری کرده‌اند. نتایج بررسی پیشینه پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه، در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. خلاصه نتایج بررسی پیشینه پژوهش

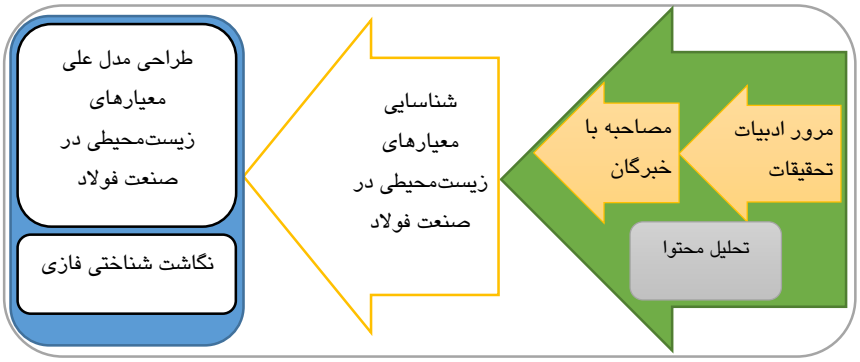
منابع	نتایج پژوهش
[۱۰]	به‌کارگیری فناوری سبز، سهم بازار سبز، مشارکت با سازمان‌های سبز، تبعیت از سیاست‌های زیست‌محیطی، پروژه‌های تحقیق و توسعه، برنامه‌ریزی فرآیند ناب، گواهینامه ایزو ۱۴۰۰۰، مشوق‌های کنترل آلودگی، سازگاری با استانداردهای قانونی محیط‌زیست، کاهش ضایعات، تولید مجدد، مصرف بهینه انرژی، کاهش فاضلاب، کاهش استفاده از مواد خطرناک، تثبیت عادت‌های خرید سبز مشتریان، مشارکت با تأمین‌کنندگان سبز
[۱۱]	سبز کردن تأمین‌کننده، نوآوری محصول سبز، استفاده از مواد سازگار با محیط‌زیست، بسته‌بندی سبز، استفاده کمتر از مواد پلاستیکی و کاغذی، بازیافت، استفاده از برچسب‌های زیست‌محیطی، نوآوری فرایند سبز، مصرف بهینه انرژی، به‌کارگیری فناوری سبز، نوآوری مدیریتی سبز، طراحی محصولات بازیافتی، کاهش ضایعات
[۱۲]	کاهش مصرف مواد مضر و سمی، مصرف بهینه انرژی، کاهش انتشار CO_2، کاهش آلودگی هوا، کاهش آلودگی آب، کاهش آلودگی خاک، کاهش آلودگی صوتی، جایگزینی مواد خطرناک، بازیافت آب، بازیافت ضایعات
[۱۳]	انتشار آلاینده‌های گازی، کاهش فاضلاب، ضایعات جامد و مواد خطرناک، مصرف بهینه مواد خام، مصرف بهینه انرژی، مصرف بهینه آب، طراحی محصول در راستای کاهش مصرف مواد و انرژی، طراحی محصولات بازیافتی، بازیافت، بازیابی مواد، گواهینامه ایزو ۱۴۰۰۰، تبعیت از سیاست‌های زیست‌محیطی، بررسی و کنترل فعالیت‌های زیست‌محیطی، برنامه‌ریزی فرآیند سبز، فرایند کنترل داخلی، میزان دفع زباله، حضور سازمان در نمایشگاه‌های متعدد طرفدار محیط‌زیست، استفاده از مواد بازیافتی و غیر سمی، بسته‌بندی سبز
[۱۴]	بهبود کیفیت محصول، کاهش انتشار گاز، مصرف بهینه انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، بازیافت، ارزیابی چرخه حیات، مصرف بهینه آب، بهینه‌سازی انرژی، کاهش ضایعات جامد، گواهینامه ایزو ۱۴۰۰۱
[۱۵]	ردپای بوم‌شناختی، نوع نگرش سبز مصرف‌کننده، سیاست‌های توزیع سبز، سهم بازار سبز، طراحی نوآورانه سبز، تولید سبز، زنجیره تأمین حلقه بسته، ارزیابی چرخه حیات، به‌کارگیری فناوری سبز
[۱۶]	همکاری درون و برون‌سازمانی، دسترسی به تخصص فنی و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای اقدامات سبز، توسعه قابلیت‌های لجستیک سبز، تولید سبز، توسعه قابلیت‌های عملیاتی، تعهد مدیریت نسبت به مسائل زیست‌محیطی، طراحی محصولات با تأثیر کمتر بر محیط‌زیست، انجام ممیزی زیست‌محیطی منظم
[۱۷]	مدیریت کمبود منابع، فشرده‌سازی زمان، فضا و انرژی از طریق کاهش مصرف منابع و انرژی، کاهش اثرات گازهای گلخانه‌ای، مدیریت تنوع زیستی، مدیریت تغییرات آب‌وهوا، رفتارهای سبز کارکنان، توسعه محصولات سبز، فروش و بازاریابی سبز، نظارت بر تولید و توزیع محصولات سبز
[۱۸]	تولید و عملیات سبز، خرید و تأمین سبز، طراحی سبز، مدیریت مصرف انرژی و منابع، مدیریت پسماند و بازیافت، مدیریت گاز گلخانه‌ای، آموزش فرهنگ سبز، لجستیک معکوس، حمل‌ونقل و توزیع سبز، فناوری سبز

منابع	نتایج پژوهش
[۱۹]	کاهش آلودگی هوا، کاهش آلودگی آب، کاهش ضایعات جامد، کاهش مصرف منابع، بازیافت زباله‌ها، استفاده از فناوری بهینه انرژی، استفاده از حمل‌ونقل دوستدار محیط‌زیست، خرید مواد سازگار با محیط‌زیست، خرید بسته‌بندی بازیافتی، انطباق با قوانین زیست‌محیطی، تعهد مدیریت نسبت به مدیریت زیست‌محیطی، ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی تأمین‌کنندگان، ارزیابی چرخه حیات، همکاری با مشتری برای طراحی زیست‌محیطی، همکاری با تأمین‌کننده برای اجرای استاندارد زیست‌محیطی، گواهینامه و حسابرسی زیست‌محیطی

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، محققان با توجه به شرایط مطالعات خود، در قالب پژوهش‌های کاربردی به شناسایی تعدادی از معیارهای زیست‌محیطی پرداخته‌اند؛ به عبارت دیگر، بی‌توجهی به شناسایی جامع و کاربردی معیارهای زیست‌محیطی مختص صنعت فولاد از جمله اشکالات مطالعات قبلی است. همچنین شناسایی این نوع معیارها در این محیط پویا که متغیرها دارای روابط تعاملی بر یکدیگر هستند و شدت این روابط مبتنی بر تفکر واقعی افراد است، به تنهایی کافی نیست. بنابراین، به عنوان خلاء مطالعات گذشته محسوب می‌شود که بر طراحی مدل علی معیارهای زیست‌محیطی تمرکز نداشتند. لذا انجام این پژوهش از حیث شناسایی جامع معیارهای زیست‌محیطی در حوزه صنعت فولاد یزد و طراحی مدل علی نگاشت شناختی و تحلیل روابط این نوع معیارها دارای نوآوری بوده و می‌تواند خلاءهای موجود در مطالعات پیشین را پوشش دهد.

۳- چارچوب روش‌شناختی

پژوهش حاضر ازنظر هدف کاربردی و از لحاظ نحوه گردآوری داده‌ها از نوع توصیفی به شمار می‌رود و به دلیل آن‌که پژوهشگر با استفاده از پرسشنامه سعی در توصیف نگرش، افکار یا خصیصه‌های جامعه داشت، پژوهش از نوع کمی است. این پژوهش در دو مرحله اجراشده که در شکل ۱، نشان داده شده است.



شکل ۱. مراحل پژوهش

در این پژوهش، ابتدا با مطالعه عمیق ادبیات تحقیقات پیشین، معیارهای زیست‌محیطی شناسایی و سپس به کمک روش تحلیل محتوا[1] آن دسته از معیارهایی که تعداد تکرار آن‌ها خیلی کم بودند از لیست احصا شده حذف شدند. جهت بومی‌سازی این معیارها فهرستی از این معیارها در قالب پرسشنامه در اختیار خبرگان صنعت فولاد قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ ارائه‌شده است. همچنین جهت شناسایی شاخص‌های اجرایی‌تر در صنعت مذکور از مصاحبه نیمه ساختاریافته استفاده گردیده که در مصاحبه دهم به دلیل اشباع داده‌ها، مصاحبه به پایان رسید که نتایج آن در جدول ۳ مشخص گردیده است. در نهایت ۳۶ معیار نهایی حاصل از پیشینه موضوع و مصاحبه با خبرگان جمع‌آوری گردید که در جدول ۴ ارائه شده است. در مرحله پایانی به منظور استخراج روابط علّی، بررسی شدت روابط و تأثیرگذاری آن‌ها، پرسشنامه‌ای طراحی پذیرفت و در اختیار خبرگان قرار داده شد که نتایج حاصل از جمع‌آوری داده‌ها با رویکرد نگاشت شناختی فازی به‌کارگیری نرم افزارهای FCMapper و Pajek مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

شایان‌ذکر است، روایی و پایایی پرسشنامه از طریق روایی محتوا و با ضریب آلفای کرونباخ ۰/۹۵۷ مورد تأیید قرار گرفته است و خبرگان این پژوهش با استفاده از روش غیر احتمالی

نمونه‌گیری قضاوتی هدفمند، از میان مدیران، کارشناسان و خبرگان زیست‌محیطی صنعت فولاد یزد با حداقل ۱۵ سال سابقه کاری در صنعت فولاد و حداقل ۵ سال سابقه کاری در زمینه محیط‌زیست داشتند، انتخاب شده‌اند.

جدول ۲. معیارهای استخراج‌شده از پیشینه موضوع

تعهد مدیریت به الزامات زیست‌محیطی، مدیریت مواد خطرناک، استراتژی‌های توزیع و حمل‌ونقل سبز، برنامه‌ریزی زیست‌محیطی، ممیزی زیست‌محیطی، نوآوری سبز کارکنان، فعالیت‌های زیست‌محیطی کارکنان، انبار و ساختمان سبز، تأمین سبز، خرید سبز، مشارکت‌های سبز، مصرف بهینه منابع، طراحی زیست‌محیطی، سیستم مدیریت زیست‌محیطی، عملکرد زیست‌محیطی، طراحی بسته‌بندی زیست‌محیطی، بازاریابی سبز، تولید محصول سبز، همکاری با مشتریان در مسائل زیست‌محیطی، ارتقای کارکنان، مدیریت تغییر و تحول، مدیریت ارزیابی کارکنان، تصویر سبز، کنترل آلودگی، لجستیک معکوس، بازیابی سرمایه، هزینه‌های زیست‌محیطی

جدول ۳. معیارهای استخراج‌شده از مصاحبه‌ها

شایستگی‌های مدیریت در مسائل زیست‌محیطی، توانمندسازی مدیران و کارکنان، تصمیمات استراتژیک، برنامه‌های مکمل زیست‌محیطی کارکنان، مصرف بهینه منابع، مشارکت‌های سبز، به‌کارگیری فناوری‌های جدید در تولید محصولات، فضاسازی بهینه محیط، حفظ روابط پایدار با مشتریان، ایجاد تعهد سبز در کارکنان، تصویر سبز، کسب منافع پایدار

جدول ۴. معیارهای نهایی از پیشینه موضوع و مصاحبه‌ها

تعهد مدیریت به الزامات زیست‌محیطی، مدیریت مواد خطرناک، شایستگی‌های مدیریت در مسائل زیست‌محیطی، استراتژی‌های توزیع و حمل‌ونقل سبز، برنامه‌ریزی زیست‌محیطی، ممیزی زیست‌محیطی، توانمندسازی مدیران و کارکنان، تصمیمات استراتژیک، نوآوری سبز کارکنان، فعالیت‌های زیست‌محیطی کارکنان، برنامه‌های مکمل زیست‌محیطی کارکنان، انبار و ساختمان سبز، تأمین سبز، خرید سبز، مشارکت‌های سبز، مصرف بهینه منابع، طراحی زیست‌محیطی، سیستم مدیریت زیست‌محیطی، عملکرد زیست‌محیطی، طراحی بسته‌بندی زیست‌محیطی، بازاریابی سبز، تولید محصول سبز، به‌کارگیری فناوری‌های جدید در تولید محصولات، فضاسازی بهینه محیط، همکاری با مشتریان در مسائل زیست‌محیطی، حفظ روابط پایدار با مشتریان، ارتقای کارکنان، مدیریت تغییر و تحول، مدیریت ارزیابی کارکنان، ایجاد تعهد سبز در کارکنان، تصویر سبز، کنترل آلودگی، لجستیک معکوس، بازیابی سرمایه، هزینه‌های زیست‌محیطی، کسب منافع پایدار

۳-۱- تحلیل محتوا

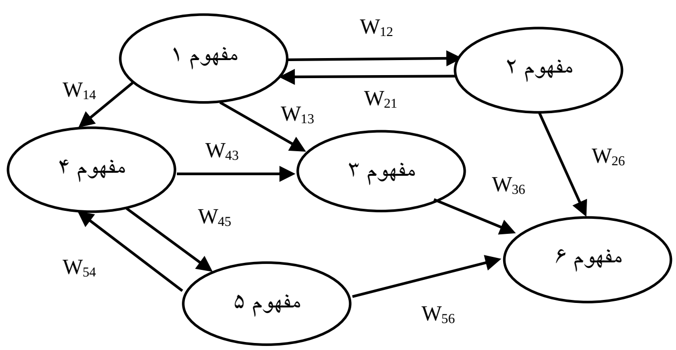
روش تحلیل محتوا، یکی از روش‌های تحقیق است که از گذشته‌ای نسبتاً دور مورد استفاده قرار گرفته و امروزه در علوم اجتماعی و خارج از آن کاربرد فراوانی یافته است. این روش در ساده‌ترین شکل، به بیرون کشیدن مفاهیم موردنیاز پژوهش از متن مورد مطالعه می‌پردازد؛ مفاهیمی که در قالب مقولاتی منظم، سامان می‌یابند [۲۰]. تقسیم‌بندی‌های مختلفی از مراحل روش تحلیل محتوا ارائه‌شده است. در این پژوهش از روش سه مرحله‌ای برای تحلیل محتوا استفاده‌شده است. مرحله آماده‌سازی که به انتخاب موضوع تحقیق و انتخاب واحد تحلیل باز می‌گردد. مرحله سازمان‌دهی اطلاعات که باهدف کدگذاری مفاهیم مورد توجه قرار می‌گیرد و سنجش کفایت پژوهش جهت ارزیابی میزان اعتبار پژوهش که در مرحله سازمان‌دهی گنجانده‌شده است؛ بنابراین با توجه به ویژگی‌های این پژوهش که به دنبال شناسایی جامع معیارهای زیست‌محیطی در صنعت فولاد یزد است، از روش تحلیل محتوا استفاده می‌گردد.

۳-۲- نگاشت شناختی فازی[۲](FCM)

مفهوم نگاشت شناختی برای نخستین بار توسط آکسلرود، دانشمند علوم سیاسی، در سال ۱۹۷۶ میلادی معرفی و به کار گرفته شد [۲۱]. نگاشت شناختی فازی روشی برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده با بهره‌گیری از دانش موجود و تجربه خبرگان است. FCM راهی برای نشان دادن دانش سیستم‌هایی است که با عدم اطمینان و فرآیندهای پیچیده شناخته می‌شوند [۲۲]. مشابه سایر نگاشت‌های شناختی، FCMها بازنمایی‌های گرافیکی یک سیستم هستند که روابط میان مفاهیم کلیدی یا گره‌های یک سیستم و روابط بازخور در آن‌ها را به صورت بصری نشان می‌دهند [۲۳]. نگاشت شناختی فازی علاوه بر فراهم کردن امکان شناسایی عوامل، با استفاده از روابط جبری تصمیم‌گیرنده را قادر می‌کند تا از روابط علّی بین عوامل و نیز جهت و قدرت نسبی این رابطه‌ها به‌خوبی شناخت پیدا کند، همچنین مدلی متشکل از عوامل اصلی تصمیم و روابط آشکار و پنهان آن‌ها به دست می‌دهد [۲۴]. مدل FCM نیز دربرگیرنده تعدادی مفهوم است که

به‌واسطه تعریف روابط علّی میان آن مفاهیم، نحوه تأثیرگذاری عناصر مربوط به یک پدیده بر یکدیگر را نمایش می‌دهد. نگاشت شناختی فازی، همانند سایر نگاشت‌های شناختی از تئوری گراف جورج کِلی گرفته‌شده است. نگاشت شناختی فازی شامل گره‌ها یا مفاهیم (C_i) و روابط (e_{ij}) بین مفهوم C_i و مفهوم C_j است. بنابراین نگاشت شناختی فازی، مدلی از سیستم پیچیده پویاست که دربردارنده مجموعه‌ای از مفاهیم و روابط علت و معلولی میان این مفاهیم است. همانند نگاشت‌های شناختی، در FCM نیز، خطوط واصل، نشان‌دهنده روابط علّی میان مفاهیم است. افزون بر این، در FCM، وزن و کیفیت روابط میان مفاهیم نیز به‌صورت یک عدد فازی و در دامنه [۱ و ۱ −] بیان می‌شود. شکل ۲، بیان‌کننده یک نگاشت شناختی فازی ساده برای بیان مفاهیم توضیح داده‌شده، ارائه شده است [۲۵،۲۶، ۲۷].

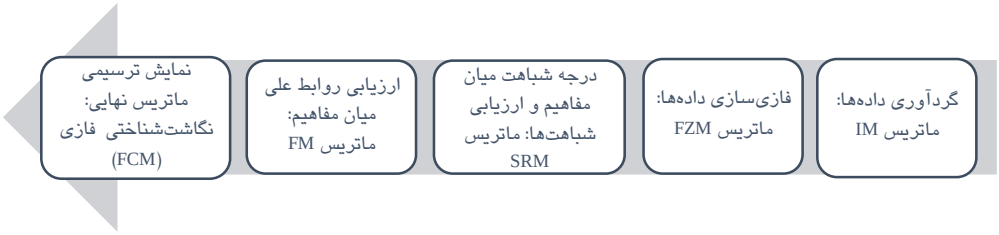
همان‌طور که از شکل ۲ مشخص است، جهت روابط نشان‌دهنده رابطه علت یا معلولی بین مفاهیم نگاشت است. وزن هریک از روابط نیز، کیفیت روابط میان مفاهیم را نشان می‌دهد. در ادبیات نگاشت‌های شناختی فازی، یک نگاشت علاوه بر بیان شماتیک، به‌صورت ریاضی و ماتریسی نیز نشان داده می‌شود که این ماتریس با عنوان ماتریس هم‌جواری یا مجاورت شناخته می‌شود. در ادامه، گام‌های ساخت نگاشت شناختی فازی به‌کاررفته در این پژوهش، همراه با یافته‌ها ارائه و به بحث گذاشته می‌شود.



شکل ۲. شمایی از یک نگاشت شناختی فازی (FCM) ساده

۴- یافته‌های پژوهش

مراحل ساخت و ترسیم نگاشت شناختی فازی در شکل ۳ نمایش داده‌شده است [۲۱]. در ادامه هر یک از این مراحل به‌صورت تفضیلی توضیح داده می‌شود.



شکل ۳. مراحل ساخت و ترسیم نگاشت شناختی فازی (FCM)

۴-۱- مرحله اول: محاسبه ماتریس اولیه[۳](IM):

ماتریس اولیه یک ماتریس $n\times m$ است که در پژوهش حاضر، این ماتریس ۳۰×۳۶ در نظر گرفته‌شده است. در این ماتریس n تعداد معیارهای زیست‌محیطی (۳۶ معیار نهایی) و m تعداد خبرگان زیست‌محیطی صنعت فولاد (۳۰ خبره) را نشان می‌دهد. هر یک از عناصر A_{ij} از این ماتریس، گویای میزان اهمیتی است که هر فرد j برای هر مفهوم i در نظر می‌گیرد. سپس مقادیر این جدول به مقادیر یک مجموعه فازی یا مقادیر ۰ و ۱ تغییر می‌یابد. عناصر $A_{i1}, A_{i2},\ldots, A_{im}$ عناصر بردار V_i هستند [۲۱].

۴-۲- مرحله دوم: محاسبه ماتریس فازی شده[۴](FZM):

بردارهای عددی V_i به مجموعه‌های فازی تغییر می‌یابد که هر مجموعه فازی نشان‌دهنده درجه عضویت عنصر A_{ij} از بردار V_i به خودِ بردار V_i است. برای تبدیل بردارهای عددی به مجموعه‌های فازی با مقادیر [۱ و ۰]، به کرانِ بالای بردار V_i عدد یک ($Max\ (A_{iq})\rightarrow X(A_{iq})=1$) و به کران پایین بردار V_i عدد صفر ($Min\ (A_{ip})\rightarrow X(A_{ip})=0$) اختصاص می‌یابد. نسبت سایر عناصر بردار V_i، مطابق رابطه ۱ به مقادیر فازی در بازه [۱ و ۰] تبدیل می‌شود.

$$X_i(A_{ij}) = \frac{A_{ij} - Min(A_{ip})}{Max(A_{ip}) - Min(A_{ip})}$$ رابطه ۱)

که در آن $X_i(A_{ij})$ درجه عضویت عنصر A_{ij} به بردار V_i است [۲۸،۲۱].

برآورد مستقیم مقادیر در بازه [۱ و ۰]، ممکن است درجه عضویت‌ها را به‌گونه‌ای تعیین کند که منعکس‌کننده دنیای واقعی نبوده و به لحاظ منطقی مستدل نباشند. در چنین مواردی باید مقادیر آستانه‌ای بالا یا پایین از طریق تحلیل داده‌های خبرگان تعریف شود؛ بنابراین، اگر V_i بردار عددی عنصر m به مفهوم i مرتبط و A_{ij} (j=1,2,...,m) متشکل از بردار V_i باشد، مقادیر آستانه بالا و پایین (به ترتیب α_u و α_1) از طریق رابطه‌های ۲ و ۳ محاسبه خواهند شد.

$\forall_{j=1,\dots,m} A_{ij} (A_{ij} \geq \alpha_u) \rightarrow X_i (A_{ij})=1$ رابطه ۲)

$\forall A_{ij} (A_{ij} \leq \alpha_1) \rightarrow X_i (A_{ij})=0$ رابطه ۳)

عناصر حاصل از بردار، به‌طور متناسب در بازه [۱ و ۱-] برآورد می‌شود. تمام مقادیر آستانه‌ای در خلال فرآیند معرفی می‌شوند تا ماتریس فازی شده (FZM) بهتر محاسبه شود [۲۸،۲۱]. در پژوهش حاضر، مقادیر آستانه‌ای با توجه به مقادیر سنجه‌های پرسشنامه که از ۱ تا ۵ بوده، تعیین شده است.

۳-۴- مرحله سوم: ماتریس قدرت (شدت) روابط (SRM):

ماتریس قدرت روابط یک ماتریس n×n (در این پژوهش ۳۶×۳۶) است. سطرها و ستون‌های این ماتریس نشان‌دهنده مفاهیم یا متغیرها، یعنی معیارهای زیست‌محیطی در صنعت فولاد است و هر یک از عناصر که با H_{ij} در این ماتریس نشان داده می‌شود، معرف رابطه میان متغیر i اُم با متغیر j اُم است. هر یک از عناصر این ماتریس، یعنی H_{ij} ها می‌توانند مقادیری در بازه [۱ و ۱-] اختیار کنند. اگر $H_{ij} > 0$ باشد، رابطه علّی بین مفاهیم i و j مستقیم (مثبت) است؛ به این معنا که افزایش در مقدار مفهوم i سبب افزایش در مقدار مفهوم j شده و کاهش در مقدار مفهوم i منجر به کاهش در مقدار مفهوم j می‌شود. اگر $H_{ij} < 0$ باشد، رابطه علّی بین مفاهیم i و j معکوس (منفی) است؛ یعنی افزایش در مقدار مفهوم i، سبب کاهش در مقدار مفهوم j شده و کاهش در مقدار مفهوم i موجب

افزایش در مقدار مفهوم j می‌شود. درنهایت چنانچه $H_{ij}=0$ باشد، به این معناست که هیچ رابطه علّی بین مفاهیم i و j برقرار نیست [۲۸،۲۱].

برای بردارهایی که با یکدیگر رابطه مستقیم دارند و بردارهایی که رابطه معکوسی برقرار کرده‌اند، فاصله (d_i) میان عنصر j اُم بردارهای V_1 و V_2V به ترتیب از طریق رابطه‌های ۴ و ۵ محاسبه می‌شود:

رابطه ۴) $d_j=|X_1 (Vj)-X_2 (Vj)|$

رابطه ۵) $d_j=|X_1 (V_j) - (1-X_2 (V_j))|$

میانگین فاصله (AD)[۶] میان بردارهای V_1 و V_2V برابر است با:

رابطه ۶) $$AD=\frac{\sum_{j=1}^{m}|d_j|}{m}$$

نزدیکی یا شباهت (S)[۷] میان دو بردار از طریق رابطه ۷ محاسبه می‌شود:

رابطه ۷) $S=1-AD$

در بردارهایی با رابطه مستقیم اگر درجه شباهت میان دو مفهوم برابر با ۱ باشد ($S=1$)، نشان‌دهنده بیشترین شباهت و اگر درجه شباهت میان دو مفهوم صفر باشد ($S=0$) کمترین درجه شباهت را نشان می‌دهد [۲۸،۲۱]. جدول ۵، ماتریس SRM پژوهش را نشان می‌دهد.

۴-۴- مرحله چهارم: تشکیل ماتریس نهایی (FM):

هنگامی‌که ماتریس قدرت روابط تکمیل شد، برخی داده‌های موجود در آن بی‌استفاده و گمراه‌کننده‌اند. تمام روابطی که در ماتریس نشان داده‌شده است، همواره برقرار نمی‌شود و همواره میان همه متغیرها رابطه علّیت وجود ندارد. ازاین‌رو با بهره‌مندی از نظر افراد خبره، داده‌ها تجزیه‌وتحلیل شدند و ماتریس قدرت روابط (SRM) به ماتریس نهایی (FM) تبدیل شد [۲۸،۲۱]. جدول ۶، ماتریس FM این پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۵. ماتریس قدرت روابط (SRM)

مفاهیم	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
C1		۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۶۳	۰/۶۹	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷	۰/۷۳	۰/۷۱	۰/۸۳	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۸	۰/۷۳
C2	۰/۷۸		۰/۸۶	۰/۷۶	۰/۶۵	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۷۶	۰/۸	۰/۸	۰/۷۸
C3	۰/۷۵	۰/۸۶		۰/۷۵	۰/۶۲	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۷	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۷۴
C4	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۷۵		۰/۶۸	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۶۶	۰/۷۷	۰/۷۲	۰/۸	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۳
C5	۰/۶۳	۰/۶۵	۰/۶۲	۰/۶۸		۰/۷	۰/۶۸	۰/۷	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۷۲	۰/۶۴	۰/۷۳	۰/۶۳	۰/۶۸	۰/۷۵
C6	۰/۶۹	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۷		۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۸۴	۰/۷۷	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۸۱
C7	۰/۷۴	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۶۸	۰/۷۶		۰/۸۲	۰/۷۷	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۷	۰/۷۴	۰/۷۹	۰/۷۳
C8	۰/۷۲	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۷	۰/۷۸	۰/۸۲		۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۷۸	۰/۸	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۸	۰/۷۸
C9	۰/۷۳	۰/۷۹	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۹		۰/۷۴	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۶۸	۰/۷	۰/۷۷	۰/۷۴
C10	۰/۷	۰/۷۹	۰/۷۸	۰/۶۶	۰/۶۷	۰/۸۴	۰/۷۱	۰/۷۴	۰/۷۴		۰/۷۷	۰/۸۲	۰/۷۸	۰/۸۴	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۸	۰/۸۳
C11	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۷۷		۰/۷۲	۰/۸۱	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۸	۰/۷۵
C12	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۸۲	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۶۹	۰/۸۲	۰/۷۲		۰/۸	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۸	۰/۷۵	۰/۸۴
C13	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۷۸	۰/۸	۰/۷۲	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۸۱	۰/۸		۰/۷۹	۰/۸	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۸
C14	۰/۷۴	۰/۸۳	۰/۷۹	۰/۷۲	۰/۶۴	۰/۷۹	۰/۷۸	۰/۸	۰/۷۷	۰/۸۴	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۷۹		۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۸۳	۰/۸
C15	۰/۷۲	۰/۷۶	۰/۷	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷	۰/۷۹	۰/۶۸	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۸۱	۰/۸	۰/۷۷		۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۸۳
C16	۰/۷۱	۰/۸	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۶۳	۰/۷۷	۰/۷۴	۰/۷۹	۰/۷	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۸	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۷۹		۰/۸۱	۰/۷۷
C17	۰/۸	۰/۸	۰/۸۱	۰/۷۷	۰/۶۸	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۸	۰/۷۷	۰/۸	۰/۸	۰/۷۵	۰/۸۱	۰/۸۳	۰/۷۶	۰/۸۱		۰/۷۷
C18	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۸۱	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۸۳	۰/۷۵	۰/۸۴	۰/۸	۰/۸	۰/۸۳	۰/۷۷	۰/۷۷	
C19	۰/۷۷	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۷۵	۰/۶۷	۰/۸۱	۰/۷۲	۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۸۲	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۸۵	۰/۷۷	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۷۷
C20	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۷	۰/۷۹	۰/۷۸	۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۷۶
C21	۰/۸	۰/۸۳	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۶۸	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۸۴	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۸
C22	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۱	۰/۷۷	۰/۶۳	۰/۷	۰/۷۱	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۱	۰/۷۷	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۷۶
C23	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۷۷	۰/۷۲	۰/۶۴	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۸	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۸۱	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۸۶	۰/۷۶
C24	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۵۹	۰/۶۶	۰/۷۴	۰/۶۷	۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۶۵	۰/۶۷	۰/۷	۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۶۶	۰/۷۱	۰/۶۱	۰/۶۵	۰/۶۹
C25	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۶۴	۰/۷۱	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۷۶	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۷۱
C26	۰/۷	۰/۷۴	۰/۶۴	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۷۳	۰/۶۹	۰/۷۷	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۴	۰/۷۲
C27	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۷۸	۰/۷۲	۰/۷۸	۰/۸	۰/۷۲	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۸	۰/۷۵	۰/۸	۰/۷۵
C28	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۶۴	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۳
C29	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۶۸	۰/۶۹	۰/۶۵	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵
C30	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۶۶	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۱	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۷۴	۰/۷۸	۰/۸۲	۰/۷۳
C31	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۶۸	۰/۷۲	۰/۶۸	۰/۷۳	۰/۷۱	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۷۷
C32	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۷۴	۰/۸	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۹
C33	۰/۷	۰/۷۲	۰/۶۳	۰/۷	۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۷۲	۰/۷۷	۰/۷۳	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۷	۰/۷۳
C34	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۷۳	۰/۷	۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷	۰/۷۹	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۷۵	۰/۸۱	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۷۷
C35	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۶۵	۰/۷۲	۰/۷۴	۰/۷	۰/۷۵	۰/۶۸	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۸	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۷
C36	۰/۶۹	۰/۷۵	۰/۷۲	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۸۱	۰/۷	۰/۷۷	۰/۷	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/۸۱	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۷۷

مفاهیم	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	C33	C34	C35	C36
C1	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۸	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۶۷	۰/۷۴	۰/۷	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷	۰/۶۹	۰/۷۲	۰/۶۹
C2	۰/۸۳	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۷۳	۰/۸۱	۰/۶۵	۰/۷۱	۰/۷۴	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۵
C3	۰/۸۳	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۷۱	۰/۷۷	۰/۵۹	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۷۱	۰/۶۷	۰/۶۸	۰/۷۱	۰/۶۸	۰/۶۹	۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۷۳	۰/۷۲
C4	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۷۲	۰/۶۶	۰/۷۱	۰/۶۸	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۷	۰/۷۳	۰/۶۵	۰/۶۸
C5	۰/۶۷	۰/۷	۰/۶۸	۰/۶۳	۰/۶۴	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۶۴	۰/۶۵	۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۷۲	۰/۶۶	۰/۷	۰/۷۲	۰/۶۷
C6	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷	۰/۷۵	۰/۶۷	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۶۸	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۸۱
C7	۰/۷۲	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۷۱	۰/۷۴	۰/۶۹	۰/۷۵	۰/۶۹	۰/۷۴	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷	۰/۷
C8	۰/۷۶	۰/۸۱	۰/۸۴	۰/۷۲	۰/۷۶	۰/۷۱	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۷
C9	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۶۵	۰/۶۹	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۷	۰/۶۸	۰/۷
C10	۰/۸۲	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۱	۰/۸	۰/۶۷	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۸۵
C11	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۸	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۶۹	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۷۵
C12	۰/۸۱	۰/۸۲	۰/۷۷	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۸	۰/۶۸	۰/۷۹	۰/۸	۰/۸۱
C13	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۸۲	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۷۶
C14	۰/۸۵	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۷۳	۰/۸۱	۰/۶۶	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۷۳	۰/۸۱	۰/۷۶	۰/۷۶
C15	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۸	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۹
C16	۰/۸۳	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۶۱	۰/۶۹	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۷۲	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۳
C17	۰/۸۳	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۷۷	۰/۸۶	۰/۶۵	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۸	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۸۳	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۷	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷۴
C18	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۸	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۷
C19		۰/۸	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۶۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۷۴	۰/۸	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۶۴	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۷۶
C20	۰/۸		۰/۸۱	۰/۷۱	۰/۷۸	۰/۶۹	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۷۳	۰/۸	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۸	۰/۷۱	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۷۸
C21	۰/۷۷	۰/۸۱		۰/۸	۰/۸۲	۰/۶۷	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۸۳	۰/۷۷	۰/۸	۰/۷۶	۰/۸۱	۰/۸	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۳
C22	۰/۷۶	۰/۷۱	۰/۸		۰/۷۵	۰/۶۳	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۷۴	۰/۶۹	۰/۶۸
C23	۰/۷۹	۰/۷۸	۰/۸۲	۰/۷۵		۰/۷	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۲	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۷۸
C24	۰/۶۲	۰/۶۹	۰/۶۷	۰/۶۳	۰/۷		۰/۷۵	۰/۷	۰/۷	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۷	۰/۷	۰/۷۱	۰/۶۵	۰/۷۳	۰/۷۳
C25	۰/۷۲	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۵		۰/۷۴	۰/۸	۰/۷۱	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۶۸	۰/۷۷	۰/۷۲	۰/۷۵
C26	۰/۷۲	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۲	۰/۷۷	۰/۷	۰/۷۴		۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۷۲	۰/۸	۰/۸۱	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۷۸
C27	۰/۷۳	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۷	۰/۸	۰/۷۷		۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۶
C28	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۷۸	۰/۷۶		۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۶
C29	۰/۷۵	۰/۸	۰/۸	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۶۹	۰/۷۵	۰/۸۳	۰/۷۸	۰/۷۹		۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۸۴	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۷
C30	۰/۸	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۸۲	۰/۶۸	۰/۷۷	۰/۷۲	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۸		۰/۸۱	۰/۸۲	۰/۶۹	۰/۸	۰/۷۵	۰/۷۴
C31	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۷	۰/۷۳	۰/۸	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۸۱		۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۷۳
C32	۰/۷۶	۰/۸	۰/۸	۰/۷۴	۰/۷۷	۰/۷	۰/۷۴	۰/۸۱	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۸۴	۰/۸۲	۰/۸۲		۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۸
C33	۰/۶۴	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۷۱	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۶۸	۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۶۹	۰/۷۹	۰/۷۶		۰/۷	۰/۷	۰/۷۱
C34	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۷۹	۰/۶۵	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۸	۰/۷۴	۰/۷۹	۰/۷		۰/۷۸	۰/۷۹
C35	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۶۹	۰/۸۱	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۷	۰/۷۸		۰/۸
C36	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۶۸	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۸	

جدول ۶. ماتریس نهایی (FM)

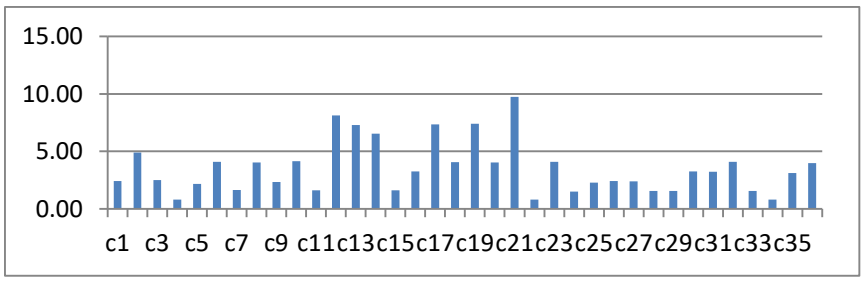
مفاهیم	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	C33	C34	C35	C36
C1													۰/۸۳				۰/۸				۰/۸															
C2			۰/۸۶						۰/۷۹				۰/۸۳	۰/۸۳					۰/۸۳		۰/۸۳		۰/۸۱													
C3																	۰/۸۱		۰/۸۳																	
C4													۰/۸																							
C5																								۰/۷۴	۰/۷۲										۰/۷۲	
C6										۰/۸۴		۰/۸۲						۰/۸۱	۰/۸۱																	۰/۸۱
C7								۰/۸۲													۰/۸۳															
C8							۰/۸۲		۰/۷۹					۰/۸						۰/۸۱	۰/۸۴															
C9		۰/۷۹						۰/۷۹													۰/۷۸															
C10						۰/۸۴											۰/۸		۰/۸۲				۰/۸					۰/۷۸								۰/۸۵
C11																	۰/۸										۰/۸									
C12						۰/۸۲							۰/۸	۰/۸۱		۰/۸		۰/۸۴	۰/۸۱	۰/۸۲															۰/۸	۰/۸۱
C13	۰/۸۳	۰/۸۳		۰/۸	۰/۷۲							۰/۸			۰/۸			۰/۸			۰/۸۲											۰/۸۱				
C14		۰/۸۳						۰/۸				۰/۸۱				۰/۸۱			۰/۸۵	۰/۸۱														۰/۸۱		
C15					۰/۷۳							۰/۸۱	۰/۸					۰/۸۳									۰/۸									
C16												۰/۸		۰/۸۱			۰/۸۱		۰/۸۳																	
C17	۰/۸		۰/۸۱							۰/۸	۰/۸		۰/۸۱	۰/۸۳		۰/۸۱			۰/۸۳		۰/۸۳		۰/۸۶							۰/۸۲						
C18						۰/۸۱				۰/۸۳		۰/۸۴	۰/۸		۰/۸۳						۰/۸															
C19		۰/۸۳	۰/۸۳			۰/۸۱				۰/۸۲		۰/۸۱		۰/۸۵		۰/۸۳	۰/۸۳			۰/۸																
C20								۰/۸۱				۰/۸۲		۰/۸۱					۰/۸		۰/۸۱															
C21	۰/۸	۰/۸۳					۰/۸۳	۰/۸۴	۰/۷۸				۰/۸۲				۰/۸۳	۰/۸		۰/۸۱		۰/۸	۰/۸۲								۰/۸۱					
C22																					۰/۸															
C23		۰/۸۱															۰/۸۶				۰/۸۲									۰/۸۲					۰/۸۱	
C24																									۰/۷۵											۰/۷۳
C25					۰/۷۲																			۰/۷۵			۰/۸									
C26																																۰/۸۱				
C27											۰/۸														۰/۸											
C28																										۰/۷۸			۰/۷۹				۰/۷۶			
C29																										۰/۸۳		۰/۷۹				۰/۸۴				
C30																	۰/۸۲														۰/۸۱	۰/۸۲				
C31																					۰/۸۱									۰/۸۱		۰/۸۲	۰/۷۹			
C32													۰/۸۱													۰/۸۱				۰/۸۲	۰/۸۲					
C33																													۰/۷۸		۰/۷۹					
C34														۰/۸۱																						
C35												۰/۸											۰/۸۱													۰/۸
C36						۰/۸۱				۰/۸۵		۰/۸۱																							۰/۸	

ماتریس نهایی (FM) در نرم‌افزار FCMapper قرارگرفته و خروجی‌های زیر از این نرم‌افزار استخراج گردیده است. مدل نهایی به‌دست‌آمده، از ۳۶ عامل اصلی تشکیل‌شده است که ۱۵۷ ارتباط بین آن‌ها مشاهده می‌شود. از این ۳۶ عامل، همه عوامل در گروه متغیرهای ordiner (هم دارای ورودی و هم دارای خروجی) هستند. این اطلاعات در جدول ۷ نشان داده‌شده است.

جدول ۷. اطلاعات کلی مدل FCM

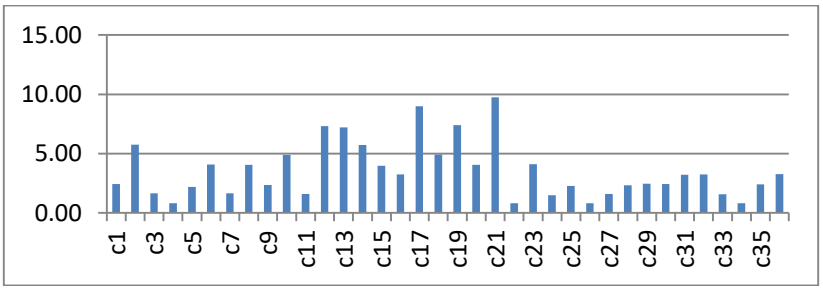
تعداد No Connection	تعداد Ordinary	تعداد Receiver	تعداد Transmitter	تعداد کل اتصالات	تعداد کل عوامل	دانسیته
۰	۳۶	۰	۰	۱۵۷	۳۶	۰/۱۲۱۱۴۱۹۷۵

id[۸] میزان تأثیرپذیری عوامل را نشان می‌دهد. در شکل (۴)، درجه id مربوط به عوامل، رسم شده است. عواملی همچون، بازاریابی سبز (متغیر ۲۱)، انبار و ساختمان سبز (متغیر ۱۲)، عملکرد زیست‌محیطی (متغیر ۱۹) به ترتیب بیشترین تأثیرپذیری و استراتژی‌های توزیع و حمل‌ونقل سبز (متغیر ۴)، تولید محصول سبز (متغیر ۲۲) و بازیابی سرمایه (متغیر ۳۴) دارای کمترین تأثیرپذیری هستند. (C1 تا C36: معیارهای نهایی زیست‌محیطی جدول ۴ پژوهش)



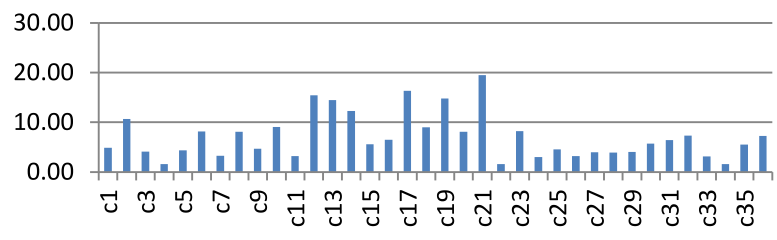
شکل ۴. نمودار میله‌ای مربوط به درجه ID عوامل

od[۹] نشان‌دهنده تأثیرات اعمال‌شده توسط یک مفهوم هست، به‌عبارت‌دیگر میزان تأثیرگذاری عوامل را نشان می‌دهد. هر چه یک عامل درجه od بیشتری داشته باشد نشان‌دهنده تأثیرگذاری بیشتر آن عامل در کل سیستم خواهد بود. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌کنید، عواملی همچون، بازاریابی سبز (متغیر ۲۱)، طراحی زیست‌محیطی (متغیر ۱۷)، عملکرد زیست‌محیطی (متغیر ۱۹) به ترتیب بیشترین تأثیرگذاری و استراتژی‌های توزیع و حمل‌ونقل سبز (متغیر ۴)، تولید محصول سبز (متغیر ۲۲) و حفظ روابط پایدار با مشتریان (متغیر ۲۶) به ترتیب دارای کمترین تأثیرگذاری می‌باشند.



شکل ۵. نمودار میله‌ای مربوط به درجه OD عوامل

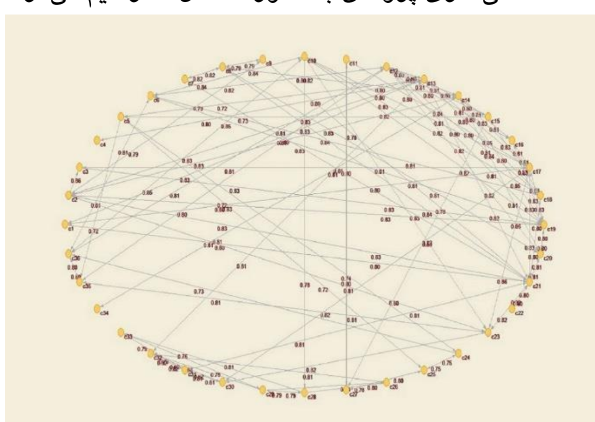
درجه مرکزیت (C)[۱۰] درواقع جمع دو عامل قبلی هست. هر عامل با درجه مرکزیت بالاتر درواقع یا od بالاتر و یا id بالاتری نسبت به دیگر عوامل داشته است و در هر دو حالت این عامل در سیستم یک عامل مهم تلقی می‌شود و باید مورد توجه قرار گیرد. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌کنید، در سیستم موردنظر عواملی همچون، بازاریابی سبز (متغیر ۲۱)، طراحی زیست‌محیطی (متغیر ۱۷) و انبار و ساختمان سبز (متغیر ۱۲) دارای بیشترین مرکزیت و استراتژی‌های توزیع و حمل‌ونقل سبز (متغیر ۴)، تولید محصول سبز (متغیر ۲۲) و بازیابی سرمایه (متغیر ۳۴) را می‌توان به‌عنوان عواملی که دارای کمترین درجه مرکزیت است، شناسایی نمود.



شکل ۶. نمودار میله‌ای درجه مرکزیت

۵-۴- مرحله پنجم: نمایش تصویری نگاشت شناختی فازی (FCM):

نمایش ترسیمی ماتریس نهایی به ایجاد نگاشت شناختی فازی در حوزه مدنظر منجر خواهد شد. در نمایش نهایی نگاشت، هر پیکان (فلش) که عوامل i و j را به هم متصل می‌کند، وزنی دارد که با $\pm W_{ij}$ نشان داده می‌شود. این مقدار که در ماتریس نهایی و در محل تلاقی سطر و ستون به ترتیب عامل i و j قرار می‌گیرد، بیان‌کننده شدت یا قدرت رابطه علّی مستقیم یا معکوس بین دو عامل است [۲۸،۲۱]. بر اساس ماتریس نهایی (FM) به‌دست‌آمده و وارد نمودن اطلاعات در نرم‌افزار Pajek، مدل علّی نگاشت شناختی فازی پژوهش به صورت شکل ۷ ترسیم می‌گردد.



شکل ۷. مدل علّی نگاشت شناختی فازی معیارهای زیست‌محیطی در صنعت فولاد یزد

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف از پژوهش حاضر، شناسایی معیارهای زیست‌محیطی، تعیین نحوه تأثیرگذاری و تأثیرپذیری آن‌ها بر یکدیگر و درنهایت طراحی مدل علّی جامع معیارهای زیست‌محیطی در صنعت فولاد یزد با رویکرد نگاشت شناختی فازی بوده است. اغلب معیارهای استخراج‌شده از نوع کیفی و سنجش و اندازه‌گیری سطوح آن‌ها دشوار هستند و محدودیت‌هایی را فراروی محققان این حوزه برای مطالعه نوع تأثیر و رفتار آن‌ها قرار داده است. با این وجود، در نتایجی، همان‌طور که از مدل مشخص است، تعهد مدیریت به الزامات زیست‌محیطی رابطه مستقیمی (۰/۸۶) با شایستگی‌های مدیریت در مسائل زیست‌محیطی دارد و تعهد مدیریت به الزامات زیست‌محیطی و مدیریت مواد خطرناک با تأمین سبز رابطه مستقیمی (۰/۸۳) دارند، بدین منظور که با تعهد و شایستگی‌هایی مدیران در به‌کارگیری الزامات زیست‌محیطی و در نظر داشتن استراتژی مدیریت مواد خطرناک می‌توان تأمین‌کنندگان سبز را برای این صنعت انتخاب نمود و اولین قدم‌های ایجاد زنجیره تأمین سبز در سازمان را فراهم کرد. تصمیمات استراتژیک با بازاریابی سبز از معیارهای دیگر زیست‌محیطی رابطه مستقیمی برقرار می‌کند؛ بدین معنا که افزایش فعالیت‌های سازمان در زمینه تصمیم‌گیری‌های استراتژیک موجب بهبود در بازاریابی سبز صنعت فولاد می‌گردد. فعالیت‌های زیست‌محیطی کارکنان با کسب منافع پایدار نیز رابطه مستقیم دارد و با برنامه‌ریزی و اجرای این نوع فعالیت‌ها توسط کارکنان سازمان، منافع بلندمدت و پایدار سازمان حاصل خواهد شد. طراحی زیست‌محیطی نیز بر به‌کارگیری فناوری‌های جدید در تولید محصولات تأثیر مستقیمی دارد و با در نظر داشتن الزامات زیست‌محیطی در طراحی‌ها، فناوری‌های جدید و بروز مطابق با این الزامات در تولید به‌کار گرفته خواهد شد.

در نتایجی دیگر با توجه به شکل‌های ۴ و ۵، عوامل بازاریابی سبز، طراحی زیست‌محیطی، عملکرد زیست‌محیطی به ترتیب بیشترین تأثیرگذاری را دارند، بدین معنا که هر چه این تأثیرات برای یک عامل بیشتر باشد، نشان‌دهنده تأثیرگذاری بیشتر آن عامل در کل سیستم خواهد بود و در صورت بهبود در این عوامل در کل سیستم بهبود حاصل خواهد شد. همچنین عوامل بازاریابی سبز، انبار و ساختمان سبز و عملکرد زیست‌محیطی به ترتیب بیشترین تأثیرپذیری را دارند؛ بدین معنا که این عوامل بیشترین تأثیر را از سایر عوامل خواهند پذیرفت. در نتیجه هم می‌توان گفت، بازاریابی

سبز بیشترین تأثیرگذاری و تأثیرپذیری را در بین سایر عوامل دارد که ضرورت مطالعه و بررسی دقیق این عامل را در صنعت فولاد می‌طلبد. بدین ترتیب به مدیران صنایع فولاد هم پیشنهاد می‌گردد بر آن دسته از عواملی که بیشترین تأثیرگذاری و تأثیرپذیری را داشتند، توجه بیشتری داشته باشند و زیرمعیارها و نوع ارتباط آن‌ها را در صنعت فولاد شناسایی و مدل علّی آن را ارائه کنند. در پیشنهادی، می‌توان نتایج این پژوهش را با پیمایش سایر متخصصان آزمود و تعمیم‌پذیری آن را به محک آزمون گذاشت؛ ضمن آن‌که می‌توان از متدولوژی‌های کمی و کیفی یا ترکیبی، به‌منظور شناسایی معیارهای زیست‌محیطی و حتی تبیین روابط میان این عوامل استفاده کرد. در پیشنهادی دیگر، سایر صنایعی که آلودگی‌های زیست‌محیطی زیادی دارند، مانند صنایع پتروشیمی، کاشی، سیمان و غیره را انتخاب کرد و به جستجوی معیارهای زیست‌محیطی و ارائه مدل‌های کیفی-کمی در این زمینه پرداخت. به‌منزله پیشنهاد آخر، می‌توان نتایج تحقیق حاضر را با سایر معیارها و عواملی اعم از عوامل انسانی، فرهنگی و سازمانی بررسی و مطابقت داد و یا حتی با نگاهی دیگر این عوامل زیست‌محیطی را همراه با عوامل اقتصادی و اجتماعی سازمان بررسی نمود و از منظر طراحی مدل‌های پایداری به نتایج قابل توجهی در این صنعت دست یافت.

۶- پی‌نوشت‌ها

1. Content analysis
2. Fuzzy Cognitive Maps
3. Initial Matrix
4. Fuzzified Matrix
5. Strength of Relationship Matrix
6. Average Distance
7. Similarity
8. Indegree
9. Outdegree
10. Centrality

۷- منابع

[1] Faghfor Maghrabi, H. (2009). Ethical Principles of the Environment from the Perspective of Islam, Medical Ethics, 3 (8), 11-44.

[2] Farahanifard, S. (2005). Sustainable Development on the Axis of Justice, Islamic Economics, 5 (19), 91-122.

[3] Wu, W., An, S., Wu, C. H., Tsai, S. B., & Yang, K. (2020). An empirical study on green environmental system certification affects financing cost of high energy consumption enterprises-taking metallurgical enterprises as an example. Journal of Cleaner Production, 244, 118848.

[4] Hayati, N., Hejazi, R., Hosseini, S.A., Bastani, S. (2018). Extraction of environmental components from the reports of the board of directors of companies using the qualitative content analysis method of empirical accounting research, 8 (28), 43 -7۰.
[5] Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management:moving toward new theory. International journal of physical distribution & logistics management, 38(5), 360-387.
[6] Foo, P. Y., Lee, V. H., Tan, G.W.H., Ooi. K.B. (2018). A gateway to realising sustainability performance via green supply chain management practices: A PLS–ANN approach, Expert Systems with Applications, 107, 1-14.
[7] Hooshmand Nooshabadi, A. (2017). Designing a mathematical model for evaluating the environmental performance of the supply chain in the steel industry of Yazd province. Master Thesis, Yazd University, Yazd, Iran.
[8] Rajaee Rizi, F., Mirfakhraddiny, S.H., Andalib Ardakani, D., Mirnejad, S.A. (2018). Designing a strategic model of green supply chain with a combined approach of balanced scorecard and LFPP (Case study: Mobarakeh Steel Complex, Isfahan). Journal of New Researchs in Decision Making, 3 (2), 129-153.
[9] Julazadeh, M.H. (2010). The Importance and Role of Steel Industries in the Development of the Country, Steel Symposium, Isfahan, Iran Iron and Steel Association.
[10] Awasthi, A., Chauhan, S. S., & Goyal, S. K. (2010). A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers. International Journal of Production Economics, 126(2), 370-378.
[11] Chiou, T. Y., Chan, H. K., Lettice, F., & Chung, S. H. (2011). The influence of greening the suppliers and green innovation on environmental performance and competitive advantage in Taiwan. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 47(6), 822-836.
[12] Horbach, J., Rammer, C., & Rennings, K. (2012). Determinants of eco-innovations by type of environmental impact—The role of regulatory push/pull, technology push and market pull. Ecological economics, 78, 112-122.
[13] Hashemi, S. H., Karimi, A., & Tavana, M. (2015). An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved Grey relational analysis. International Journal of Production Economics, 159, 178-191.
[14] Ahi, P., & Searcy, C. (2015). An analysis of metrics used to measure performance in green and sustainable supply chains. Journal of Cleaner Production, 86, 360-377.
[15] Rajeev, A., Pati, R. K., Padhi, S. S., & Govindan, K. (2017). Evolution of sustainability in supply chain management: A literature review. Journal of Cleaner Production, 162, 299-314.
[16] Kusi-Sarpong, S., Gupta, H., & Sarkis, J. (2019). A supply chain sustainability

innovation framework and evaluation methodology. International Journal of Production Research, 57(7), 1990-2008.

[17] Qalami, A., Abdolvand, N., Rajai Harandi, S. (2018). Investigating and ranking the factors affecting sustainable development with the approach of using information systems. Journal of Management Research in Iran. 22 (1), 187-217

[18] Ghorbanpour, A., Pouya, A., Nazemi, Sh., Naji Azimi, Z. (2017). Evaluating the importance of green supply chain management measures in the field of Iran Petroleum Industry (combined approach FISM_FANP). New Research in Decision Making, 2 (3), 267-288.

[19] Chowdhury, M. M. H., & Quaddus, M. A. (2020). Supply chain sustainability practices and governance for mitigating sustainability risk and improving market performance: A dynamic capability perspective. Journal of Cleaner Production, 278, 123521.

[20] Sareminia, S., Hassanzadeh, A., Elahi, Sh., Montazer, Gh. A. (2018). Development of a conceptual framework for guiding organizational knowledge management; Qualitative content analysis, Journal of Information Processing and Management, 34 (1), 171-204.

[21] Rodriguez-Repiso, L., Setchi, R., & Salmeron, J. L. (2007). Modelling IT projects success with fuzzy cognitive maps. Expert Systems with Applications, 32(2), 543-559.

[22] Papageorgiou, E. I., & Salmeron, J. L. (2014). Methods and algorithms for fuzzy cognitive map-based modeling. In Fuzzy cognitive maps for applied sciences and engineering (pp. 1-28). Springer Berlin Heidelberg.

[23] Gray, S., Gray, S., De Kok, J. L., Helfgott, A., O'Dwyer, B., Jordan, R., & Nyaki, A. (2015). Using fuzzy cognitive mapping as a participatory approach to analyze change, preferred states, and perceived resilience of social-ecological systems. Ecology and Society, 20(2).

[24] Azar, A., Mostafaei Dolatabad, Kh. (2012). Fuzzy Cognitive Mapping A New Approach in Soft Modeling: Budgeting Modeling at the Statistics Center of Iran. Journal of Management Research in Iran. 16 (3), 83-103.

[25] Stylios, C. D., & Groumpos, P. P. (1999). Fuzzy cognitive maps: a model for intelligent supervisory control systems. Computers in Industry, 39(3), 229-238.

[26] Glykas, M. (Ed.). (2010). Fuzzy Cognitive Maps: Advances in theory, methodologies, tools and applications (Vol. 247). Springer Science and Business Media.

[27] Groumpos, P. P. (2010). Fuzzy cognitive maps: Basic theories and their application to complex systems. In Fuzzy cognitive maps (pp. 1-22). Springer, Berlin, Heidelberg.

[28] Gerogiannis, V. C., Papadopoulou, S., & Papageorgiou, E. I. (2012). Identifying factors of customer satisfaction from Smartphones: A fuzzy cognitive map approach. In International Conference on Contemporary Marketing Issues (ICCMI) (Vol. 271).