کاربرد مدل (ISM) جهت رتبه‌بندی محصولات شوینده صنعتی با استفاده از روش TOPSIS-AHP فازی

دریافت: ۹۷/۳/۲۸ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۵

مجید برزگر، نویسنده مسئول
دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، قزوین، ایران
mb5229@yahoo.com

امیرحسین نیکنام‌فر
کارشناس ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، قزوین، ایران
niknamfar@qiau.ac.ir

تاپسیس / شوینده‌های صنعتی / مدل ساختار تفسیری / تجزیه تحلیل سلسله مراتبی / محیط فازی

چکیده

در دنیای رقابتی عصر حاضر، سازمان‌ها برای رشد و پایداری خود باید به جدیت تلاش نموده و از استراتژی مناسب جهت پیشرفت و حفظ بقای خود بهره‌گیری نمایند. امروزه، محیط پیرامون سازمان‌ها به سرعت در حال تغییر است که می‌توان به تغییرات تنوع تقاضا و نیازهای مشتریان در انتخاب شوینده‌های صنعتی اشاره کرد. در این پژوهش ابتدا به شناسایی معیارهای سنجش شوینده‌های صنعتی پرداخته می‌شود. سپس با استفاده از روش مدل ساختار تفسیری به سطح‌بندی این عوامل و دسته‌بندی آنها پرداخته می‌شود. در پایان، با استفاده از روش تاپسیس فازی برای رتبه‌بندی شش شوینده صنعتی برتر بهره برده می‌شود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که معیارهایی که از نیروی پیش‌برندگی بیشتر و وابستگی کمتری برخوردارند، در مدل AHP هم از مقدار وزن بیشتری برخوردار شده‌اند. در این پژوهش، برای افزایش کارایی نتایج حاصل از تکنیک تاپسیس فازی وزن داده‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی تعیین می‌شود. همچنین، برای تفسیر میزان تاثیر معیارها به‌طور همزمان از مدل ساختار تفسیری بهره برده می‌شود.

مقدمه

مواد شوینده صنعتی به موادی با قدرت پاک‌کنندگی بالا گفته می‌شود که می‌تواند انواع آلودگی‌های سخت بر جای مانده روی سطوح، انواع لکه و انواع رسوبات را از میان بردارد؛ لذا امروزه به منظور حذف انواع آلودگی‌ها اقسام گوناگونی از مواد شوینده تولید شده و به بازار عرضه می‌شود. یک ماده شوینده صنعتی مناسب ماده‌ای است که آلودگی‌های چسبیده به سطوح را با کیفیت مطلوب پاک کرده بدون آن که به سطح اصلی آسیبی وارد کند [۱]. در هر مکانی بنا بر نوع کارایی و شرایط محیطی آن مواد شوینده منحصر به فردی مورد استفاده قرار می‌گیرد به صورتی که آلودگی‌ها را رفع نموده و با محیط سازگاری دارد. استفاده از مواد شوینده صنعتی بسته به نوع کارکرد آن در مقایسه با سایر روش‌ها مزایای بسیار زیادی دارد، برخی از این مزیت‌ها عبارت‌اند از: توانایی بالا در حذف تخصصی انواع آلودگی‌های تثبیت شده و قدیمی مانند آلودگی‌های الکترواستاتیک، آلودگی‌های چرب و روغنی، آلودگی‌های چسبنده مانند چسب و آدامس، رد به جا مانده از تایر خودرو، آلودگی آهکی و ...، بهینه‌سازی و کاهش مصرف آب به دلیل افزایش قدرت پاک کنندگی، کاهش تعداد دفعات شستشو و افزایش کیفیت آن، کاهش تعداد نیروهای انسانی به دلیل کاهش دفعات مورد نیاز برای رفع آلودگی و کاهش زمان عملیات نظافت، کاهش میزان جذب دوباره آلودگی بر روی سطح و در نتیجه افزایش بازه زمانی میان دو عملیات نظافت، حفظ کیفیت انواع سطوح اعم از سنگ، سرامیک، استیل و ... و شستشوی کامل و عدم تغییر رنگ آن، از میان برداشتن بوی ناشی از انباشت آلودگی‌ها و ایجاد رایحه مطبوع در محیط، ضد عفونی ساختن محیط به دلیل دارا بودن ترکیبات آنتی باکتریال و افزایش سطح بهداشت و سلامت محیط و کاهش احتمال انتقال بیماری‌ها، کاهش میزان استهلاک و خرابی‌های ناشی از جمع شدن آلودگی در محیط، دارای توانایی کاربرد با دستگاه‌های مکانیزه مانند اسکرابر، تولید محصولات با ترکیب کنستانتره که موجب کاهش هزینه‌های نظافتی و امور مربوط به حمل و نقل و انبارداری می‌گردد [۲].

۱. شاخص‌های ارزیابی مواد شوینده صنعتی

استفاده از مواد شوینده صنعتی تخصصی در عملیات نظافت و شستشو بسته به نوع ماده و کیفیت تولید آن دارای مزایای متعددی است که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

- افزایش قدرت پاک کنندگی و توانایی در از بین بردن انواع آلودگی‌های سرسخت و تثبیت شده.
- افزایش سرعت انجام انواع عملیات به دلیل افزایش قدرت پاک کنندگی و پرهیز از انجام چند باره عملیات شستشوی.
- بهینه‌سازی و کاهش مصرف آب به دلیل کاهش دفعات شستشوی در عین افزایش کیفیت آن.
- کاهش نیروی انسانی مورد نیاز به دلیل تسهیل و تسریع فرایند نظافت و شستشوی.
- کاهش میزان جذب آلودگی‌های بر روی سطوح و تسهیل عملیات نظافتی در دفعات بعدی.
- حفظ سلامت سطح و افزایش طول عمر مفید آن در صورت انتخاب یک ماده شوینده صنعتی صحیح.
- حذف بوی نامطبوع به دلیل حذف موثر آلودگی‌ها و جلوگیری از باقی ماندن و انباشت آنها و ایجاد رایحه‌ای خوشایند در محیط - ضدعفونی‌سازی سطوح و افزایش سطح سلامت و بهداشت محیط و کاهش احتمال انتقال بیماری‌ها (در صورت استفاده از مواد ضدعفونی‌کننده و آنتی باکتریال).
- کاهش میزان استهلاک و آسیب ناشی از انباشت آلودگی‌ها در محیط در طولانی‌مدت.
- کاهش دفعات مورد نیاز برای شستشو و به تبع آن کاهش میزان مزاحمت ایجاد شده برای افراد حاضر در محیط.

۱-۱. تقسیم‌بندی انواع مواد شوینده صنعتی

مواد شوینده صنعتی بر اساس پارامترهای مختلف طبقه‌بندی می‌شوند. توجه به تقسیم‌بندی مواد شوینده و انتخاب یک ماده مناسب در دستیابی به نتیجه مطلوب تاثیرگذار است.

۱-۲. براساس نوع آلودگی و نوع سطح

برخی از مواد شوینده صنعتی به‌طور ویژه برای برطرف نمودن نوع خاصی از آلودگی طراحی شده‌اند. ممکن است استفاده از این مواد در رفع انواع دیگر آلودگی‌ها نیز مفید باشد اما بدون شک این مواد شوینده تخصصی در رفع آلودگی خاصی که برای آن تولید شده‌اند، عملکرد بهینه نشان می‌دهند. از جمله مواد شوینده صنعتی تخصصی می‌توان به شوینده‌های برطرف‌کننده آلودگی‌های چرب و روغنی، آلودگی ناشی از رسوبات و املاح، آلودگی‌های چسبنده مانند آدامس، آلودگی سرویس‌های بهداشتی، آلودگی میکروبی و باکتریایی و ... اشاره نمود.

۱-۳. براساس سطح مورد نظافت

برخی از مواد شوینده صنعتی به شکل تخصصی برای استفاده بر روی سطوح خاص تولید شده‌اند. این مواد شوینده صنعتی با توجه به جنس و ویژگی‌های سطح مربوطه طراحی شده‌اند. بنابراین سطح مفروض را با بالاترین کیفیت تمیز نموده و هیچ‌گونه آسیبی به آن وارد نمی‌کنند. این رده از مواد شوینده صنعتی معمولا یک لایه محافظ بر روی سطح ایجاد نموده و میزان جذب آلودگی را بر روی سطح کاهش می‌دهند و به این ترتیب به حفظ جلا و زیبایی سطح کمک کرده و طول عمر آن را افزایش می‌دهند. از جمله این مواد شوینده صنعتی می‌توان به شوینده تخصصی سطوح استیل، سطوح چوبی و پارکت، سطوح فلزی، سطوح پلاستیکی و سطوح سنگی اشاره نمود.

۱-۴. براساس نحوه استفاده

یکی از مهم‌ترین نکات در مورد مواد شوینده صنعتی نحوه استفاده از آنهاست. برخی مواد شوینده به منظور استفاده دستی تولید شده‌اند یعنی تنها با ابزارهای دستی مثل تی قابل استفاده هستند و در صورت کاربرد این مواد شوینده همراه با دستگاه‌های مکانیزه، دستگاه ممکن است آسیب دیده و دچار خرابی شود. این در حالی است که برخی موادشوینده توانایی کارکرد با دستگاه‌های مکانیزه نظافت صنعتی همچون اسکرابر، پولیشر و واترجت صنعتی را نیز دارا می‌باشند [۳].

مواد شوینده مورد مطالعه در این تحقیق عبارتند از:

۱- ماده شوینده صنعتی Dopomat

۲- ماده شوینده صنعتی Desinet

۳- ماده شوینده صنعتی Carpasol

۴- ماده شوینده صنعتی Corvett

۵- ماده شوینده صنعتی Vinox

۶- ماده شوینده صنعتی Gommasol

۲. روش تاپسیس فازی

روش Topsis برای رتبه‌بندی یک استراتژی مناسب با ارزیابی استفاده شده است [۴]. در این مقاله از ANP جهت محاسبه وزن‌های ورودی استفاده شده است [۵]. AHP فازی یکی از قویترین روش‌های تصمیم‌گیری است برای تعیین اولویت معیارها [۶]. مطالعات بسیار زیادی که در آن از روش AHP فازی برای حل مسائل مختلف مدیریتی استفاده شده است. چاو و همکارانش، روش فرایند تجزیه و تحلیل فازی و کاربرد از ماتریس قضاوتی جهت سنجش درک افراد استفاده کردند [۷]. پان، برای انتخاب ساختار پل مناسب از روش AHP فازی استفاده نمود [۸]. کانبولات، با استفاده از AHP فازی یک سیستم دسته‌بندی موجودی ارائه نمود [۹]. همچنین چن و همکارانش، با به‌کارگیری متغیرهای زبانی فازی ثبات و قضاوت دوجانبه در ماتریس

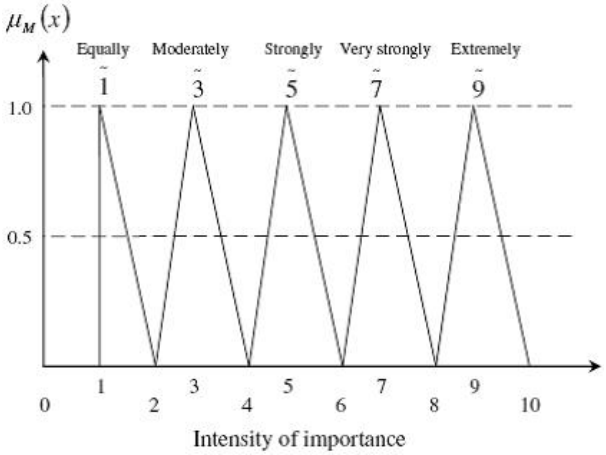
AHP فازی مورد ارزیابی قرار دادند [۱۰]. فی و همکارانش، برای انتخاب یک سیستم مدیریتی محیط زیست موفق از دسته‌بندی معیارها استفاده نمودند [۱۱]. شارما و همکارانش، با استفاده از روش AHP برای بهینه‌سازی شبکه توزیع استفاده نمودند [۱۲]. کلاستا و همکارانش، کاربرد برداری ویژه در روش AHP را مورد بررسی قراردادند. فیروز آبادی و همکاران [۱۳]، از روش AHP برای انتخاب خرید سهام مناسب از دیدگاه سهامداران استفاده نمودند. کو و همکاران [۱۴]، با استفاده از روش Topsis راه‌حلی را برای انتخاب محل استقرار مناسب در محیط فازی ارائه نموده است. گوموس [۱۵]، با استفاده از روش AHP و Topsis فازی در شرکت مناسب را برای حمل و نقل پسماندهای خطرناک به کار برد. یکی از روش‌ها MADM است که M گزینه را با n بعد در یک فضای هندسی مقایسه می‌کند، ابعاد این فضا را تعداد معیارها تشکیل می‌دهد و گزینه‌ها به شکل نقطه در این فضا ظاهر می‌شود [۱۶].

جدول ۱- عبارت‌های کلامی جهت مقایسه‌های زوجی برای بیان درجه اهمیت [۱۵]

عدد فازی	متغیرزبانی	مقیاس عدد فازی
۱	برابر	(۱،۱،۱)
۲	برتری خیلی کم	(۱،۲،۳)
۳	کمی برتر	(۲،۳،۴)
۴	برتر	(۳،۴،۵)
۵	خوب	(۴،۵،۶)
۶	نسبتا خوب	(۵،۶،۷)
۷	خیلی خوب	(۶،۷،۸)
۸	عالی	(۷،۸،۹)
۹	برتری مطلق	(۸،۹،۱۰)

این روش بر اساس نزدیک بودن روش انتخاب شده بر ایده‌آل مثبت و دور بودن آن از ایده‌آل منفی بهترین گزینه را انتخاب می‌کند. اغلب برای تصمیم‌گیرندگان ارائه یک مقدار دقیق برای شاخص‌های سنجش، مشکل بوده و باعث بروز خطا می‌شود [۱۷]. در این حالت شایسته است که از اعداد فازی برای سنجش استفاده شود. روش Topsis نیز بر اساس اعداد فازی استفاده شده است. روش Topsis فازی برای حل مسائل تصمیم‌گیری گروهی و چند شاخصه بسیار مناسب است [۱۸]. در استفاده از روش Topsis از روابط ریاضی نیز استفاده شده است که از مقالات نبول و همکارانش و وانگ و همکارانش، اقتباس گردیده است. در سال‌های اخیر از Topsis فازی برای رتبه‌بندی در زمینه‌های مختلف استفاده شده است. لین چانگ [۱۹]، از Topsis فازی برای انتخاب سفارش و مقدار قیمت‌گذاری توسط تأمین‌کننده برای وقتی سفارش بیشتر از ظرفیت تولید است استفاده نمودد، همچنین چن و تسائو [۲۰]، Topsis فازی را در راستای ارزیابی فاصله‌ای برای آنالیز تصمیم‌گیری استفاده کرده‌اند. بایوکوکان [۲۱]، با استفاده از AHP و TOPSIS فازی به تعیین استراتژی و زیرمعیارهای انتخاب بهترین شریک برای سازمان و تعیین بهترین شاخص‌ها و انتخاب بهترین گزینه پرداختند. ابوسینا و همکاران [۲۳]، مساله برنامه‌ریزی غیرخطی با مقیاس‌های چندهدفه با استفاده از ساختار بلوک زاویه‌ای برای تعیین اولویت سفارش‌دهی استفاده کردند. ونگ و همکارانش [۲۳]، از Topsis فازی برای کمک به آکادمی نیروی هوایی تایوان در تعیین بهترین روش آموزش نیروی هوایی در محیط فازی استفاده کردند. لی [۲۴]، برای توسعه نرخ سازگاری از یک روش برای تصمیم‌گیری چندشاخصه در محیط فازی که یکی از بهترین بخش‌های تصمیم‌گیری است استفاده نمود. آمان و همکارانش [۲۵]، با استفاده از Topsis سلسه مراتبی فازی مدلی را برای ارزیابی چندمعیاره صنعت رباتیک پیشنهاد نمودند. مارتین و همکاران [۲۶]، یک رویکرد Topsis فازی را برای ارزیابی

پویایی کیفیت خدمات سه هتل در ایسلند ارائه نمودند. ونگ و همکاران [۲۷]، روش TOPSIS فازی بر اساس سطح α و روش‌های حل برنامه‌ریزی خطی ارائه کردند. چن و همکارانش [۲۸]، رویکرد Topsis فازی را جهت انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین استفاده کرده است.



نمودار۱- تابع عضویت مثلثی برای مقادیر زبانی

در جدول (۲) متغیرهای زبانی جهت بیان برتری محصولات شوینده نسبت به یکدیگر ارائه گردیده است.

جدول۲- متغیرهای کلامی مرتبط با کارایی محصولات شوینده نسبت به معیارها [۱۶]

اعداد مثلثی فازی مطابق با متغیرهای زبانی	متغیرهای زبانی
(۰،۱،۳)	خیلی ضعیف
(۱،۳،۵)	ضعیف
(۳،۵،۷)	متوسط
(۵،۷،۹)	خوب
(۷،۹،۱۰)	خیلی خوب

ابتدا جهت تشکیل ماتریس تعامل ساختاری یک ماتریس ده در ده شامل شاخص‌ها تشکیل و در اختیار مدیران قرار داده شد. مدیران بر اساس اصول زیر ماتریس‌ها را تکمیل نمودند.

به ازای هر «i , j» ارتباط میان این دو متغیر در چارچوب بررسی زیر است.

V: متغیر i برای رسیدن به متغیر j کمک می‌کند.

A: متغیر j فقط توسط متغیر i بهبود می‌یابد.

x: متغیر i , j برای رسیدن به همدیگر کمک خواهند کرد.

O: متغیرهای i , j بدون ارتباط هستند.

چنانچه i,j در ماتریس SSIM (Structural Self-Interaction Matrix) به صورت V باشد، بنابراین در ماتریس دستیابی (i,j) تبدیل به یک است و (j,i) تبدیل به صفر می‌شود. چنانچه (i,j) در ماتریس SSIM به صورت A باشد در ماتریس دستیابی (i,j) تبدیل به صفر می‌شود و (j,i) تبدیل به یک می‌شود. چنانچه (j,i) به صورت x وارد شود بنابراین (j,i) در ماتریس دستیابی به یک و (j,i) نیز تبدیل به یک می‌شود. چنانچه (i,j) به صورت O وارد شود، بنابراین (i,j) و (j,i) صفر می‌شود.

جدول ۳- ماتریس تعاملی ساختاری (ماتریس مقایسه معیارها)

I \ J	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	–	O	V	V	O	O	V	X	O	O
۲	–	–	V	X	X	X	V	A	A	X
۳	–	–	–	V	O	X	V	X	O	O
۴	–	–	–	–	V	V	X	X	X	O
۵	–	–	–	–	–	O	X	O	O	O
۶	–	–	–	–	–	–	V	V	V	V
۷	–	–	–	–	–	–	–	V	O	V
۸	–	–	–	–	–	–	–	–	O	O
۹	–	–	–	–	–	–	–	–	–	V
۱۰	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

تهیه ماتریس دستیابی با استفاده از ماتریس تعاملی ساختاری صورت می‌گیرد. به‌طوری‌که در جدول (۴) مشخص شده است، چنانچه رابطه به صورت V بود آنگاه ۱=(i,j) و سپس ۰=(j,i) اگر رابطه به صورت A بود آنگاه ۰=(i,j) و سپس ۱=(j,i) چنانچه رابطه به‌صورت X بود ۱=(j,i) = (i,j) اگر رابطه به‌صورت O بود ۰=(j,i) = (i,j) است. با استفاده از

این روابط ماتریس دستیابی ارائه شده در جدول(۴) تشکیل داده می‌شود.

جدول ۴- ماتریس دستیابی

i / j	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰
۲	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱
۳	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۰
۴	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰
۵	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰
۶	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱
۷	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱
۸	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰
۹	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱
۱۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱

جدول ۵ - ماتریس دستیابی اصلاح شده
(ماتریس دستیابی نهایی

i / j	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	۱	۰	۱	۱	۱*	۱*	۱	۱	۱*	۱*
۲	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	۱*	۱*
۳	۰	۰	۱	۱	۱*	۱	۱	۱	۱*	۰
۴	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱*
۵	۰	۱	۱	۰	۱	۱*	۱	۱*	۱*	۱*
۶	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱
۷	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱
۸	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰
۹	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱
۱۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱

با به‌دست آمدن ماتریس دستیابی برای تعیین معیارها دو مجموعه قابل دستیابی ومجموعه مقدم را تعریف کرده و سپس اشتراک آنها را به‌دست آورده بدین ترتیب که مجموعه قابل دستیابی، مجموعه‌ای است که در آن سطرها، عدد معیارها به‌صورت یک ظاهر شده باشند و مجموعه مقدم مجموعه‌ای است که در آن ستون‌ها، عدد معیارها به صورت یک ظاهر شده باشند. از آنجایی که طبق خاصیت تعدی در منطق ریاضی اگر ۱=(i,j) و نیز ۱=(j,k) باشد در نتیجه ۱=(i,k) است. بدین معنی که معیارهایی که به‌طور غیرمستقیم بر معیار دیگر اثر دارند، در نظر گرفته شده و رابطه دو متغیر که بعد از به‌کارگیری این منطق با هم ارتباط پیدا می‌کنند به‌صورت ۱* نمایش داده شده است.

در ماتریس جدول(۵)، با در نظر گرفتن رابطه تعدی اگر چناچه jوi باهم درارتباط باشد و نیز kوj باهم رابطه داشته باشند؛ آنگاه kوi باهم درارتباط هستند. بنابراین تعدادی از اعداد به ۱* تبدیل می‌شوند. همچنین، ماتریس به‌دست‌آمده به روش زیر به سطوح مختلفی تقسیم می‌شود و مجموعه قابل دستیابی و مجموعه مقدم برای هر معیار به دست می‌آید. با به‌دست آمدن ماتریس دستیابی برای تعیین معیارها دو مجموعه قابل دستیابی و مجموعه مقدم را تعریف کرده و سپس اشتراک آنها را به‌دست آورده، بدین ترتیب که مجموعه قابل دستیابی، مجموعه‌ای است که در آن سطرها، عدد معیارها به صورت یک ظاهر شده باشند و مجموعه مقدم مجموعه‌ای است که در آن ستون‌ها، عدد معیارها به صورت یک ظاهر شده باشند. با به دست آوردن اشتراک این دو مجموعه ستون بعدی جدول (اشتراک) تکمیل خواهد شد. اولین سطری که اشتراک دو مجموعه برابر با مجموعه قابل دستیابی باشد، سطح اول اولویت مشخص خواهد شد.

در ستون آخر، سطوح بدین ترتیب مشخص می‌شوند که چنانچه اشتراک مجموعه قابل دستیابی و مجموعه مقدم با مجموعه قابل دستیابی برابر باشد، متغیر مربوطه در سلسله مراتب ماتریس ISM در بالاترین سطح قرار می‌گیرد. پس از تعیین سطح، معیار مربوطه (که سطح آن معلوم شده) را در جدول از تمامی مجموعه حذف کرده و مجدداً مجموعه‌های قابل دستیابی و مقدم را تشکیل داده و سطح متغیر بعدی به دست می‌آید. در جدول(۶) معیار حمل و نقل (۸) و دقت اطلاعات (۱۰) سطح اول اولویت‌بندی معیارها را تشکیل داده‌اند، پس در جدول بعدی حذف می‌گردند.

جدول ۶- مرحله اول تعیین سطح اول در سلسله مراتب ISM

معیار	مجموعه قابل دستیابی	مجموعه مقدم	اشتراک	سطح
۱	۱،۳،۴،۵،۶،۷،۹	۱	۱	
۲	۲،۳،۴،۵،۶،۷،۹	۲،۴،۵،۶،۹	۲،۴،۵،۶،۹	
۳	۳،۴،۵،۶،۷،۹	۱،۲،۳،۶	۳،۶	
۴	۲،۴،۵،۶،۷،۹	۱،۲،۳،۴،۷،۹	۲،۴،۷،۹	
۵	۲،۵،۶،۷،۹	۱،۲،۳،۴،۵،۷	۲،۵،۷	
۶	۲،۳،۶،۷،۹	۱،۲،۳،۴،۵،۶	۲،۳،۶	
۷	۴،۵،۷	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷	۴،۵،۷	۲
۹	۲،۴،۹	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۹	۲،۴،۹	۲

با حذف دو معیار (۸) و (۱۰) از سطر و ستون جدول (۷)، جدول بعد شکل می‌گیرد که در آن مجموعه قابل دستیابی و مجموعه مقدم مطابق شرح فوق مشخص شده و اشتراک آنها به‌دست می‌آید و با مقایسه ستون اشتراک و مجموعه قابل دستیابی به سطح دوم، اولویت‌بندی معیارها که در این جدول معیار کاهش بی ثباتی (۷) و رضایت مشتری (۹) است، انجام می‌گیرد. با ادامه روش فوق پس از انجام هفت مرحله، جدول سطح‌بندی شماره (۸) به دست می‌آید.

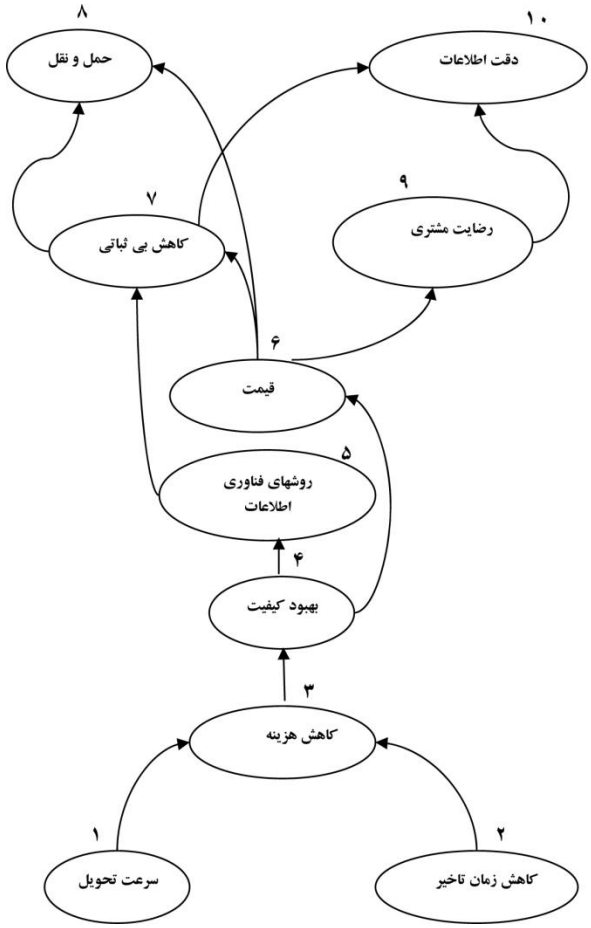
جدول ۷- مرحله دوم تعیین سطح دوم در سلسله مراتب ISM

معیار	مجموعه قابل دستیابی	مجموعه مقدم	اشتراک	سطح
۱	۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱،	۱،۸	۱،۸	
۲	۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،	۲،۴،۵،۶،۸،۹،۱۰	۲،۴،۵،۶،۸،۹،۱۰	
۳	۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹	۱،۲،۳،۶،۸	۳،۶،۸	
۴	۲،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰	۱،۲،۳،۴،۷،۸،۹	۴،۷،۸،۹،۲،	
۵	۲،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰	۱،۲،۳،۴،۵،۷	۲،۵،۷	
۶	۲،۳،۶،۷،۸،۹،۱۰	۱،۲،۳،۴،۵،۶	۲،۳،۶	
۷	۴،۵،۷،۸،۱۰	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷	۴،۵،۷	
۸	۱،۲،۳،۴،۸	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸	۱،۲،۳،۴،۸	۱
۹	۲،۴،۹،۱۰	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۹	۲،۴،۹	
۱۰	۲،۱۰	۱،۲،۴،۵،۶،۷،۹،۱۰	۲،۱۰	۱

جدول ۸- سطوح متغیرهای چابکی

معیار	مجموعه قابل دستیابی	مجموعه مقدم	اشتراک	سطح
۱	۱،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰	۱،۸	۱،۸	۷
۲	۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰	۲،۴،۵،۶،۸،۹،۱۰	۲،۴،۵،۶،۸،۹،۱	۷
۳	۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹	۱،۲،۳،۶،۸	۶،۸،۳	۶
۴	۲،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰	۱،۲،۳،۴،۷،۸،۹	۲،۴،۷،۸،۹	۵
۵	۲،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰	۱،۲،۳،۴،۵،۷	۲،۵،۷	۴
۶	۲،۳،۶،۷،۸،۹،۱۰	۱،۲،۳،۴،۵،۶	۲،۳،۶	۳
۷	۴،۵،۷،۸،۱۰	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷	۴،۵،۷	۲
۸	۱،۲،۳،۴،۸	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸	۱،۲،۳،۴،۸	۱
۹	۲،۴،۹،۱۰	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۹	۲،۴،۹	۲
۱۰	۲،۱۰	۴،۵،۶،۷،۹،۱۰،۱،۲	۲،۱۰	۱

با استفاده از سطح‌بندی انجام شده دیاگرامی با عنوان «مدل توسعه داده شده ISM برای بهبود چابکی» ترسیم می‌شود. بدین صورت که معیارهای ۸ و ۱۰ که به عنوان سطح اول شناخته شده‌اند، در اولین سطح دیاگرام قرار می‌گیرند و به همین ترتیب، سایر معیارها در سطوح دیاگرام مشخص شده‌اند. این دیاگرام در نمودار (۲) ارائه شده است.



نمودار ۲- مدل پایه‌ای توسعه داده شده ISM برای بهبود چابکی باحذف روابط تعدی

با توجه به بررسی‌های انجام گرفته در جداول و نمودارهای فوق و با استفاده از سطوح اولویت‌بندی‌شده معیارها و ماتریس دستیابی، در نهایت جدول توان پیش‌برندگی و وابستگی در ماتریس دستیابی تشکیل می‌گردد. بدین صورت که به بزرگ‌ترین عدد رتبه اول و به کوچک‌ترین عدد رتبه آخر تعلق می‌گیرد.

در پایان همه ماتریس‌ها را تبدیل به یک ماتریس معادل نموده، به‌طوری‌که از همه اعداد میانگین هندسی گرفته و ماتریس حاصل برای ادامه محاسبه‌های مورد استفاده قرار می‌گیرد. در قسمت بعد میانگین هندسی اعداد هر سطر را به شکل فازی محاسبه نموده و با استفاده از روش غیرفازی کردن ساده یا روش BNP وزن هر شاخص محاسبه می‌شود. این محاسبات در جدول(۹) آورده شده است.

$$BNP = [(U1 - L1) + (M1 - L1)/3] + L1 \quad (۱)$$ [۱۶]

جدول ۹- مقادیر وزن محاسبه شده در روش AHP

شاخص‌های رتبه‌بندی	وزن هر شاخص(w)			وزن عددی	BNP	ranking
افزایش قدرت پاک‌کنندگی	۰٫۰۴۵	۰٫۰۶۲	۰٫۰۹۱	۰٫۰۶۹	۰٫۰۶۶	۹
افزایش سرعت انجام انواع عملیات	۰٫۰۵۴	۰٫۰۷۵	۰٫۱۰۵	۰٫۰۸۱	۰٫۰۷۸	۷
بهینه‌سازی و کاهش مصرف آب	۰٫۰۶۳	۰٫۰۹۲	۰٫۱۲۸	۰٫۰۹۸	۰٫۰۹۴	۴
کاهش نیروی انسانی مورد نیاز	۰٫۱۰۰	۰٫۱۵۱	۰٫۲۱۵	۰٫۱۶۲	۰٫۱۵۵	۲
کاهش میزان جذب آلودگی‌های برروی سطوح	۰٫۱۳۳	۰٫۱۹۸	۰٫۲۸۷	۰٫۲۱۶	۰٫۲۰۶	۱
حفظ سلامت سطح و افزایش طول عمر مفید	۰٫۰۴۹	۰٫۰۶۹	۰٫۱۰۰	۰٫۰۷۶	۰٫۰۷۳	۸
حذف بوی نامطبوع	۰٫۰۹۳	۰٫۱۳۹	۰٫۲۱۱	۰٫۱۵۵	۰٫۱۴۸	۳
ضدعفونی‌سازی سطوح و افزایش سطح سلامت	۰٫۰۴۲	۰٫۰۶۱	۰٫۰۸۹	۰٫۰۶۷	۰٫۰۶۴	۱۰
کاهش میزان استهلاک	۰٫۰۵۴	۰٫۰۷۶	۰٫۱۱۴	۰٫۰۸۵	۰٫۰۸۱	۶
کاهش دفعات مورد نیاز برای شستشو	۰٫۰۵۴	۰٫۰۷۸	۰٫۱۱۳	۰٫۰۸۵	۰٫۰۸۲	۵

همان‌طور که در جدول (۹) نشان داده شده است، متغیر سرعت تحویل دارای بیشترین اهمیت است. لازم به توضیح است که جهت اطمینان بیشتر از نتایج ماتریس مقایسه‌های سازگاری این ماتریس بررسی شد. در این روش با استفاده از روش بردار ویژه که توسط آقای ساعتی ارائه شده است [۲۹] ماتریس انتقال داده‌ها تشکیل گردید که هشتمین ماتریس انتقال از ویژگی‌های مورد نظر برخوردار بود. سپس با استفاده از ماتریس به‌دست‌آمده مقادیر عنصر ماکزیمم ویژه و شاخص ثبات(CI) و نرخ ثبات(CR) و شاخص تصادفی نیز از جدول آقای ساعتی به دست آمد. بردار وزن‌های به‌دست‌آمده به روش بردار ویژه و مقادیر محاسبه شده در جدول‌های (۱۰) و (۱۱) نمایش داده شده است.

جدول ۱۰- شاخص‌های محاسبه سازگاری

لاندای ماکسیمم	۱۰٫۵۸۹۷۶۰۸۶
CI	۰٫۰۶۵۵۲۸۹۸۵
RI	۱٫۴۹
CR	۰٫۰۴۳۹۷۹۱۸۴

با توجه به اینکه مقدار به‌دست آمده نرخ ثبات (CR) کمتر از ۰٫۱ است، لذا می‌توان چنین بیان نمود که ماتریس مقایسه‌های از سازگاری مناسب برخوردارند [۲۹]. همان‌طور که در جدول (۱۱) نشان داده شده است وزن‌های به‌دست آمده به روش بردار ویژه نیز شاخص‌ها را مانند وزن‌های به‌دست آمده به روش‌های قبلی رتبه‌بندی می‌نماید، ولی این اوزان از دقت بیشتری برخوردار است.

جدول ۱۱- وزن‌های محاسبه شده شاخص‌ها به روش بردار ویژه

وزن هر شاخص	شاخص‌های رتبه‌بندی
۰٫۰۶۴۵۹۴۴۹	افزایش قدرت پاک‌کنندگی
۰٫۰۷۵۸۲۱۷۹۸	افزایش سرعت انجام انواع عملیات
۰٫۰۹۲۵۱۸۰۲۹	بهینه‌سازی و کاهش مصرف آب
۰٫۱۴۷۳۱۹۹۹۸	کاهش نیروی انسانی مورد نیاز
۰٫۱۹۳۱۹۶۰۹۴	کاهش میزان جذب آلودگی‌های برروی سطوح
۰٫۰۶۸۸۳۰۴۷۶	حفظ سلامت سطح و افزایش طول عمر مفید
۰٫۱۴۰۲۸۱۶۵۷	حذف بوی نامطبوع
۰٫۰۶۲۰۱۷۱۰۵	ضدعفونی‌سازی سطوح و افزایش سطح سلامت
۰٫۰۷۷۲۴۵۵۵۵	کاهش میزان استهلاک
۰٫۰۷۸۱۷۴۷۹۹	کاهش دفعات مورد نیاز برای شستشو

در بخش بعد، با استفاده از وزن‌های به‌دست‌آمده برای هر شاخص سعی می‌شود شش محصول شوینده رتبه‌بندی گردند. به این منظور، ابتدا ماتریسی تشکیل داده شد که ستون اول آن شامل شاخص‌های سنجش و سطر آن را شش محصول شوینده مورد بررسی تشکیل می‌دهد. لازم به توضیح است که نظر سنجی در مورد این محصولات شوینده با استفاده از اعداد فازی موجود در جدول (۲) انجام می‌شود. به این منظور ابتدا چند نفر از مدیران واحدهای صنعتی تولیدکننده محصولات شوینده صنعتی در ارتباط هستند، این ماتریس‌های سنجش شاخص را پر نموده و سپس از نظرات آنها میانگین هندسی گرفته می‌شود. در مرحله بعد با استفاده از روش نرمال‌سازی ساعتی داده‌های به‌دست‌آمده نرمالیزه می‌گردد. سپس با استفاده از بردار وزن به‌دست‌آمده ماتریس نرمالایز وزین شده تشکیل داده می‌شود. این ماتریس در جدول (۱۲) ارائه شده است.

جدول ۱۲- ماتریس تصمیم‌گیری فازی نرمالیزوزین شده

	شوینده اول			شوینده دوم			شوینده سوم			شوینده چهارم			شوینده پنجم			شوینده ششم		
افزایش قدرت پاک‌کنندگی	۰٫۰۱۳	۰٫۰۳۳	۰٫۰۷۸	۰٫۰۱۷	۰٫۰۳۸	۰٫۰۷۶	۰٫۰۱۷	۰٫۰۳۷	۰٫۰۷۴	۰٫۰۱۵	۰٫۰۳۴	۰٫۰۷۱	۰٫۰۱۴	۰٫۰۳۳	۰٫۰۶۸	۰٫۰۱۴	۰٫۰۳۳	۰٫۰۶۸
افزایش سرعت انجام انواع عملیات	۰٫۰۲۱	۰٫۰۴۶	۰٫۰۸۸	۰٫۰۲۶	۰٫۰۵۳	۰٫۰۹۶	۰٫۰۱۸	۰٫۰۴۲	۰٫۰۹۳	۰٫۰۲۶	۰٫۰۵۲	۰٫۰۹۶	۰٫۰۲۴	۰٫۰۵۰	۰٫۰۹۲	۰٫۰۲۵	۰٫۰۵۱	۰٫۰۹۴
بهینه‌سازی و کاهش مصرف آب	۰٫۰۲۹	۰٫۰۶۵	۰٫۱۱۹	۰٫۰۱۹	۰٫۰۴۷	۰٫۰۹۴	۰٫۰۲۹	۰٫۰۶۳	۰٫۱۱۵	۰٫۰۲۰	۰٫۰۴۹	۰٫۰۹۷	۰٫۰۲۱	۰٫۰۵۱	۰٫۰۹۹	۰٫۰۲۴	۰٫۰۵۵	۰٫۱۰۴
کاهش نیروی انسانی مورد نیاز	۰٫۰۵۷	۰٫۱۱۸	۰٫۲۱۵	۰٫۰۴۹	۰٫۱۰۸	۰٫۲۰۱	۰٫۰۵۵	۰٫۱۱۷	۰٫۲۱۳	۰٫۰۳۸	۰٫۰۹۰	۰٫۱۷۶	۰٫۰۳۸	۰٫۰۹۱	۰٫۱۷۶	۰٫۰۵۳	۰٫۱۱۳	۰٫۱۸۴
کاهش میزان جذب آلودگی‌های بر روی سطوح	۰٫۰۶۴	۰٫۱۳۹	۰٫۲۶۵	۰٫۰۳۹	۰٫۰۹۸	۰٫۲۰۴	۰٫۰۶۸	۰٫۱۴۴	۰٫۲۷۱	۰٫۰۶۲	۰٫۱۳۵	۰٫۲۵۹	۰٫۰۴۶	۰٫۱۱۲	۰٫۲۲۵	۰٫۰۵۹	۰٫۱۳۲	۰٫۲۵۳
حفظ سلامت سطح و افزایش طول عمر مفید	۰٫۰۱۵	۰٫۰۳۷	۰٫۰۷۴	۰٫۰۲۲	۰٫۰۳۹	۰٫۰۷۸	۰٫۰۱۵	۰٫۰۳۶	۰٫۰۷۴	۰٫۰۱۷	۰٫۰۳۹	۰٫۰۷۸	۰٫۰۲۵	۰٫۰۵۰	۰٫۰۹۴	۰٫۰۱۸	۰٫۰۴۱	۰٫۰۸۱
حذف بوی نامطبوع	۰٫۰۴۹	-۰٫۱۳۹	۰٫۲۰۴	۰٫۰۲۹	۰٫۰۷۳	۰٫۱۵۶	۰٫۰۳۵	۰٫۰۸۳	۰٫۱۷۲	۰٫۰۴۵	۰٫۰۹۷	۰٫۱۹۳	۰٫۰۴۱	۰٫۰۹۲	۰٫۱۸۶	۰٫۰۵۱	۰٫۱۰۶	۰٫۲۰۷
ضدعفونی‌سازی سطوح و افزایش سطح سلامت	۰٫۰۱۷	۰٫۰۳۷	۰٫۰۷۴	۰٫۰۱۸	۰٫۰۳۳	۰٫۰۶۸	۰٫۰۱۸	۰٫۰۳۸	۰٫۰۷۶	۰٫۰۱۶	۰٫۰۳۷	۰٫۰۷۳	۰٫۰۱۷	۰٫۰۳۸	۰٫۰۷۵	۰٫۰۱۹	۰٫۰۴۰	۰٫۰۷۹
کاهش میزان استهلاک	۰٫۰۱۹	۰٫۰۴۳	۰٫۰۹۰	۰٫۰۱۸	۰٫۰۴۲	۰٫۰۸۹	۰٫۰۲۴	۰٫۰۴۲	۰٫۰۸۹	۰٫۰۲۹	۰٫۰۵۸	۰٫۱۱۲	۰٫۰۲۳	۰٫۰۴۹	۰٫۰۹۹	۰٫۰۲۷	۰٫۰۵۵	۰٫۱۰۸
کاهش دفعات مورد نیاز برای شستشو	۰٫۰۲۳	۰٫۰۵۰	۰٫۰۹۸	۰٫۰۱۵	۰٫۰۳۹	۰٫۰۸۰	۰٫۰۲۰	۰٫۰۴۶	۰٫۰۹۱	۰٫۰۲۰	۰٫۰۴۶	۰٫۰۹۱	۰٫۰۲۸	۰٫۰۵۷	۰٫۱۰۸	۰٫۰۲۱	۰٫۰۴۶	۰٫۰۹۲

در ادامه بردارهای ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی تعریف می‌شود. در این پژوهش، بردار وزن را به عنوان بردار ایده‌آل مثبت و بردار صفر را به عنوان ایده‌آل منفی در نظر می‌گیریم، زیرا هنگام نرمالایز کردن داده‌ها بردار ضرایب در یک مقدار کمتر از یک ضرب شده و قطعاً مقدار کوچک‌تری پیدا می‌کند. در قسمت بعد ماتریس فاصله تا ایده‌آل مثبت و منفی را تشکیل داده و با استفاده از آن آلترناتیوها رتبه‌بندی می‌شود. لازم به توضیح است که جهت محاسبه فاصله تا ایده‌آل یک بار از روش محاسبه فاصله برای داده‌های غیرفازی و بار دیگر با استفاده از روش محاسبه فاصله فازی [۳۰] استفاده گردید. در حالت محاسبه به روش غیرفازی داده‌های مربوط به هر شاخص را به روش فاصله فازی از مقدار ایده‌آل کم نموده و در پایان ده عدد به‌دست‌آمده که غیرفازی شده‌اند با یکدیگر جمع می‌شود. در حالت محاسبات فازی هر پارامتر مربوط به عدد فازی را از ایده‌آل کم نموده و به این ترتیب در نهایت ده عدد فازی برای ایده‌آل مثبت و ده عدد فازی برای ایده‌آل منفی به دست می‌آید، سپس با استفاده از روش جمع فازی این اعداد را با یکدیگر جمع نموده و درنهایت عدد حاصل غیرفازی می‌گردد. نتایج این محاسبات نشان داد که مقدار فاصله نسبی تا ایده‌آل در دو روش برای آلترناتیوها مقادیر متفاوتی را ارائه نمود. اما رتبه‌بندی آنها در هر دو روش محاسبات فازی و غیرفازی مقادیر یکسانی را نشان می‌دهد. نتایج نهایی حاصل از محاسبات غیرفازی و فازی در بخش بعد در جدول‌های (۱۳) و (۱۴) آورده شده است.

جدول ۱۳- جدول رتبه‌بندی گزینه‌ها به روش محاسبات غیرفازی

شوینده ششم	شوینده پنجم	شوینده چهارم	شوینده سوم	شوینده دوم	شوینده اول	-CCj
۰,۷۳۴۴	۰,۶۹۸۸	۰,۷۱۱۷	۰,۷۲۳۰	۰,۶۵۴۷	۰,۶۶۷۶	مقدار
۱	۴	۳	۲	۶	۵	رتبه

جدول ۱۴- جدول رتبه‌بندی گزینه‌ها به روش محاسبات فازی

شوینده ششم	شوینده پنجم	شوینده چهارم	شوینده سوم	شوینده دوم	شوینده اول	-CCj
۰,۷۳۳۰	۰,۶۹۷۷	۰,۷۱۰۳	۰,۷۲۰۶	۰,۶۵۳۳	۰,۶۶۸۲	مقدار
۱	۴	۳	۲	۶	۵	رتبه

در جدول (۱۴) مقدار فاصله از ایده‌آل به روش فاصله فازی محاسبه شده است، در حالی که در جدول قبل ایده‌آل‌ها با استفاده از روش عددی فازی معمولی و گسسته محاسبه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقادیر رتبه‌بندی یکسان شده است و این نشان می‌دهد که اگر مقادیر غیرفازی شود می‌توان باز هم به نتایج آن استناد نمود.

جمع‌بندی و ملاحظات

در دنیای رقابتی عصر حاضر، سازمان‌ها برای رشد و پایداری خود باید به شدت تلاش نموده و از استراتژی مناسب جهت پیشرفت و حفظ بقای خود بهره‌گیری نمایند. محیط پیرامون سازمان‌ها به سرعت در حال تغییر است که از جمله این تغییرات تنوع تقاضا و نیازهای مشتریان در

انتخاب شوینده‌های صنعتی است. در این پژوهش ابتدا به شناسایی معیارهای سنجش شوینده‌های صنعتی پرداخته شده است. سپس با استفاده از روش مدل ساختار تفسیری به سطح‌بندی این عوامل و دسته‌بندی آنها پرداخته شده است. در پایان، با استفاده از روش تاپسیس فازی به رتبه‌بندی شش شوینده صنعتی پرداخته شد. نتایج این پژوهش نشان داد که معیارهایی که از نیروی پیش‌برندگی بیشتر و وابستگی کمتری برخوردارند در مدل AHP هم از مقدار وزن بیشتری برخوردار شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقادیر رتبه‌بندی محصولات در حالت فازی و غیز فازی یکسان شده است و این نشان می‌دهد که اگر مقادیر غیرفازی شود می‌توان باز هم به نتایج آن استناد نمود.

در این پژوهش، برای افزایش کارایی نتایج حاصل از تکنیک تاپسیس فازی وزن داده‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی تعیین گردید. همچنین، برای تفسیر میزان تاثیر معیارها به‌طور همزمان از مدل ساختار تفسیری استفاده گردید. به‌کارگیری مدل پیشنهادی در رتبه‌بندی انواع روانسازهای صنعتی از موضوعات پیشنهادی این تحقیق برای توسعه در آینده می‌باشد.

پی‌نوشت

۱. موسوو همکاران، ۲۰۰۶.
۲. چانگ و همکاران، ۲۰۰۸.
۳. چنگ، ۱۹۹۷.
۴. گامس، ۲۰۰۹.
۵. چوآن لی، ۲۰۱۰.
۶. ایزیکلار و همکارانش، ۲۰۰۶.
۷. چاو و همکارانش، ۲۰۰۸.
۸. پان، ۲۰۰۸.
۹. کانبولات، ۲۰۰۸.
۱۰. چن و همکارانش، ۲۰۰۸.
۱۱. فی و همکارانش، ۲۰۰۸.
۱۲. شارما و همکارانش، ۲۰۰۸.
۱۳. فیروزآبادی و همکاران، ۲۰۰۸.
۱۴. کوو همکاران، ۲۰۰۷.
۱۵. گوموس، ۲۰۰۹.
۱۶. سان،۲۰۱۰.
۱۷. وانگ چانگ، ۲۰۰۷.
۱۸. یانگ و همکارانش،۲۰۰۷.
۱۹. لین چانگ، ۲۰۰۸.
۲۰. چن و تسائو، ۲۰۰۸.
۲۱. بایوکوکان، ۲۰۰۷.
۲۲. ابوسینا و همکاران، ۲۰۰۸.
۲۳. ونگ و همکارانش، ۲۰۰۷.
۲۴. لی، ۲۰۰۷.
۲۵. آمان و همکارانش، ۲۰۰۷.
۲۶. مارتین و همکاران، ۲۰۰۷.
۲۷. ونگ و همکاران، ۲۰۰۶.
۲۸. چن و همکارانش، ۲۰۰۶.
۲۹. اصغرپور، ۱۳۸۵.
۳۰. امیری، ۲۰۱۰، یاووس، ۲۰۰۹.

منابع

Abo-Sinna, M. A., & Amer, A. H., (2005), "Extensions of TOPSIS for multi-objective large-scale nonlinear programming problems". Applied Mathematics and Computation, 162(1), 243–256.

Alev Taskin Gumus, (2009), "Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology", Expert Systems with Applications, 36, 4067–4074.

Bian W, Yu M., (2006), "Location analysis of reverse logistics operations for an international electrical manufacturer in Asia Pacific region using the analytic hierarchy process". International Journal of Services Operations and Informatics;1(1/2):187–201.

Bright, Daivies, Downes & Sweeting, (1992), "The development of costing techniques and practices:A UK study", Management Accounting Research, 3.

Chan, F.T.S., Qi, H.J., Chan, H.K., Lau, H.C.W. and Ip, R.W.L., (2002), ''A conceptual model of performance measurements of supply chain'', Management Decisions, Vol. 41No. 7, pp. 635-42.

provider, Resources, Conservation and Recycling 54, 28–36.

Gunasekaran A, Patel C, Tirtiroglu E. (2001), Performance measures and metrics in a supply chain environment. International Journal of Production and Operations Managemen; 21(1/2): 71–87.

Holweg , M. and Pil, F.K., (2001), ‘‘Successful build-to-order strategies start with the customer’’, Sloan Management Review, Vol. 43 No. 1, pp. 74-83.

Horngren, C.T. S.M. Datar, and G. Foster., (2003), Cost Accounting: A Managerial Emphasis. Prentile-Hall.

Jharkharia, S. and Shankar, R., (2004), ‘‘IT enablement of supply chains: modeling the enablers’’, International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 53 No. 8, pp. 700-12.

Kannan G, Haq AN, Sasikumar P, Arunachalam S., (2008), Analysis and selection of green suppliers using interpretative structural modeling and analytic hierarchy process. International Journal of Management and Decision Making; 9(2): 163–82.

Lee, A. H. I., Chen, W.-C., & Chang, C.-J., (2008), A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan. Expert Systems with Applications, 34(1), 96–107.

Mandal, A. and Deshmukh, S.G., (1994), ‘‘Vendor selection using interpretive structural modeling (ISM)’’, International Journal of Operations&Production Management, Vol. 14 No. 6, pp. 52-9.

Mandal, A., & Deshmukh, S. G., (1994), "Vendor selection using Interpretive Structural Modeling (ISM)". International Journal of Operations and Production Management, 14(6), 52−59.

Mason-Jones, R. and Towill, D.R., (1999), ‘‘Total cycle time compression and the agile supply chain’’, International Journal of Production Economics, pp. 61-73.

Milani AS, Shanian A, Madoliat R., (2005), "The effect of normalization norms in multiple attribute decision making models: a case study in gear material selection". Structural Multidisciplinary Optimization; 29(4):312–8.

Musee, N., Lorenzen, L., & Aldrich, C., (2006), "An aggregate fuzzy hazardous index for composite wastes". Journal of Hazardous Materials, 137(2),

Chang, C.-W., Wu, C.-R., & Chen, H.-C., (2008), "Using expert technology to select unstable slicing machine to control wafer slicing quality via fuzzy AHP". Expert Systems with Applications, 34(3), 2210–2220.

Chang, D. Y., (1996), "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP". European Journal of Operational Research, 95(3), 649–655.

Chen C-T, Lin C-T, Huang S-F., (2006), "A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management". International Journal of Production Economics;102:289–301.

Cheng, C. H., (1997), "Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function". European Journal of Operational Research, 96(2), 343–350.

Chia-Chi Sun, (2010), "A performance evaluation model by integrating fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods", Expert Systems with Applications 37, 7745–7754.

Christopher, M., (1992), Logistics & Supply Chain Management, Pitmans, London.

Christopher, M. and Towill, D., (2001), ‘‘An integrated model for the design of agile supply chains’’, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 31 No. 4, pp. 235-46.

Christopher. and Towill, D., (2001), ‘‘An integrated model for the design of agile supply chains’’, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 31 No. 4, pp. 235-46.

Dove, R., (1999), ‘‘Knowledge management, response ability and the agile enterprise’’, Journal of Knowledge Management, Vol. 3 No. 1, pp. 1-17.

Fatemeh Torfi a, Reza Zanjirani Farahani, (2010), Fuzzy AHP to determine the relative weights of evaluation criteria and Fuzzy TOPSIS to rank the alternatives, Applied Soft Computing 10, 520–528.

Fliedner, G., (2003), ‘‘CPFR: an emerging supply chain tool’’, Industrial Management & Data Systems, Vol. 103 No. 1, pp. 14-21.

Goldman, S.L., Nagel, R.N. and Preiss, K., (1995), Agile Competitors and Virtual Organisations, Van No strand Reinhold, New York, NY.

Govindan Kannana,⁎, Shaligram Pokharel b, P. Sasi Kumarc, (2009), A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for the selection of reverse logistics

Waddell, D., & Sohal, A. S., (1998), Resistance: A constructive tool for change management. Management Decision, 36(8), 543−548.

Warfield, J. W., (1974), Developing interconnected matrixes in structural modeling. IEEE Transcript on Systems, Men and Cybernetics, 4(1), 51−81.

Yang, T., & Hung, C.-C., (2007), Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 23(1), 126–137.

Yu, C. S., (2002), A GP-AHP method for solving group decision-making fuzzy AHP problems. Computers and Operations Research, 29, 1969–2001.

Yusuf, Y. Y., Gunasekaran, A., Adeleye, E. O., & Sivayoganathan, K., (2004), "Agile supply chain capabilities: Determinants of competitive objectives". European Journal of Operational Research, 159, 379−392.

Yusuf, Y. Y., Sarhadi, M., & Gunasekaran, A, (1999), "Agile manufacturing: The drivers, concepts and attributes". International Journal of Production Economics, 62, 33−43.

723–733.

Omar, K.; Shohong W., (2002), "Information technology enables meta-management for virtual organizations", International Journal of Production Economics, (75), pp. 127-134.

Sasikumar P, Kannan G., (2008), "Issues in reverse supply chain, part II: reverse distribution issues – an overview". International Journal of Sustainable Engineering b;1(4):234–49.

Shih H-S, Shyur H-J, Lee ES., (2007), An extension of TOPSIS for group decision making. Mathematical and Computer Modelling; 45:801–13.

Shih, H.-S., Shyur, H.-J., & Stanley Lee, E., (2007), An extension of TOPSIS for group decision making. Mathematical and Computer Modelling, 45(7–8), 801–813.

Simchi-Levi, D., Kaminski, P., Simchi-Levi, E. and Shankar, R., (2008), Designing and Managing Supply Chain, Tata McGraw-Hill, New Delhi.

Vickery, S. K., Calantone, R., & Droge, C., (1999), "Supply chain flexibility: An empirical study". The Journal of Supply Chain, 35(3), 16−24.