

به کارگیری روش شبکه‌های عصبی مصنوعی خودسامانده اصلاح‌شده در تعیین سطح سرآمدی شرکت‌های پتروشیمی کشور

احمدرضا قاسمی^۱، عزت‌اله اصغری‌زاده^۲

چکیده: تعیین سطح تعالی (بلوغ) سازمانی، از جمله مسائل مهم مدل‌های تعالی سازمانی است. تعیین سطح بلوغ شرکت‌ها به آنها در شناخت جایگاه رقابتی کمک کرده و قابلیت الگوبرداری را فراهم می‌کند. یکی از مشخصه‌های بارز مدل‌های سرآمدی، تعیین بلوغ با رویکرد سلیقه‌ای و قراردادی در این مدل‌ها است. پژوهش حاضر، پیمایشی تک‌مقطعی در میان شرکت‌های پتروشیمی کشور است که از ابزار رویکردی ابتکاری شبکه‌های عصبی خودسامانده اصلاح‌شده، برای تعیین سطح سرآمدی مدل تعالی H3SE در صنایع پتروشیمی بهره‌گیری شده است. امتیاز رویکرد حاضر در قیاس با رویکرد سنتی، استفاده از شاخص‌های فشرده‌گی و فاصله میان خوشه‌ها در طبقه‌بندی گزینه‌ها و همچنین لحاظ تأثیر اوزان شاخص‌های مختلف در ارزیابی و طبقه‌بندی شرکت‌ها است. بنابراین با استفاده از روش ترکیبی، ابتدا شاخص‌ها در سناریوهای مختلف خوشه‌بندی شدند. سپس تعداد بهینه خوشه‌ها با استفاده از شاخص‌های میانگین مربعات خطاها و ضریب تعیین، محاسبه شد. نتایج گویای آنست که با توجه به داده‌های فعلی، طبقه‌بندی گزینه‌های بررسی‌شده به دو خوشه، از اعتبار ریاضی بالاتری برخوردار است. بنابراین روش حاضر با رویکردی رقابتی به ارزیابی و خوشه‌بندی شرکت‌های مشارکت‌کننده در جواز کیفیت می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: تصمیم‌گیری چندشاخصه، تعالی H3SE، خوشه‌بندی، صنعت پتروشیمی.

۱. استادیار مدیریت صنعتی، پردیس فارابی (قم)، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ایران

۲. دانشیار مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۱/۲۹

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۳/۰۳/۱۰

نویسنده مسئول مقاله: احمدرضا قاسمی

E-mail: ghasemiahmad@ut.ac.ir

مقدمه

با افزایش فشار تحریم‌های خارجی، برخی از معضلات کنونی کشور، چگونگی تأمین ارز، ایجاد ارزش افزوده از تولید مشتقات نفت و مبارزه با بیکاری است. تولید محصولات پتروشیمی، از جمله مهم‌ترین راهکارهای مواجهه با مشکلات پیش‌گفته است. با نگاهی بر روند توسعه صنعت پتروشیمی، ملاحظه می‌شود که این صنعت، از دسته صنایع پیش‌تاز و رو به رشد در سطح جهانی است. بررسی‌ها نشان از این امر دارد که با طی روند کنونی، این صنعت در سال ۲۰۱۶ با پنجاه و دو میلیون کمبود ظرفیت مواجه خواهد بود (جعفری، سایه‌بان و حنایی، ۲۰۰۸). صنایع پتروشیمی به دلیل مواجهه با حوادث و بیماری‌های متعدد حرفه‌ای، قابلیت آلایندگی زیست‌محیطی (آب، خاک، هوا و مصرف انرژی)، از دسته صنایع پرخطر محسوب می‌شوند (اصغری‌زاده، قاسمی، صفری و تقی‌زاده، ۱۳۹۲). افزون بر این صنایع پتروشیمی همچون دیگر صنایع نفتی، تأثیر بسزایی بر جامعه پیرامونی محل استقرار می‌گذارند. همچنین به واسطه ریسک‌پذیری و حوادث بی‌شمار حرفه‌ای، این صنعت در زمره صنایع جذاب برای انجام عملیات خرابکارانه و تروریستی داخلی و خارجی است. بنابراین به نظر می‌رسد عوامل پیش‌گفته، دستیابی به پایداری شرکتی^۱ را تحت‌الشعاع قرار می‌دهند. یکی از رویکردهای رایج و پرطرفدار در ارزیابی سازمان‌ها، جوایز کیفیت است. این جوایز اغلب مبتنی بر رویکرد تقویت مثبت، جامع‌نگر و سیستمی و نیز، یادگیری سازمانی بوده و سعی در بهبود همه‌جانبه فعالیت‌ها و فرایندهای سازمانی دارد. بنابراین در حوزه مدیریت و سازمان جوایز متعددی توسعه یافته‌اند (مدل اروپایی کیفیت، ۲۰۱۰). در این راستا، جایزه تعالی پایدار در شرکت‌های پتروشیمی مدل تعالی (H3SE)^۲ در صنایع پتروشیمی مورد استقبال قرار گرفته است. یکی از معضلات مبتلا به مدل‌های سرآمدی، تعیین بلوغ با رویکرد سلیقه‌ای و قراردادی در این مدل‌ها است. بدین معنا که رتبه‌بندی و تعیین سطح سرآمدی، بر اساس قرارداد و توافق سازندگان مدل انجام شده است. پژوهش حاضر بر آنست تا به ارائه رویکردی نو، به ارزیابی سطح سرآمدی سازمان‌ها بپردازد تا با استفاده از منطق ریاضی، توجیهی منطقی برای تعیین سطح سرآمدی به عمل آمده، رویکرد رقابتی در رتبه‌بندی مد نظر قرار گرفته و شرکت‌ها بنا بر مزیت‌های نسبی رتبه‌بندی شوند.

بنابراین در ادامه، نخست به تبیین مفهوم تعالی پایدار در صنایع پتروشیمی پرداخته شده است. سپس با نقد رویکرد امتیازدهی رایج در مدل‌های تعالی فعلی، به ارائه راهکاری ابتکاری

1. Corporate Sustainability

2. Health, Safety, Security, Social Environmental excellence Model

مبتنی بر تصمیم‌گیری چندشاخصه و الگوریتم‌های خودسامانده در جهت برون‌رفت از مشکلات بیان شده، پرداخته خواهد شد.

پیشینه پژوهش

تعالی پایدار (H3SE)

بررسی‌های سال ۲۰۱۰ نشان از این امر داشته است که تا آن تاریخ، بیش از نودوپنج مدل جایزه ملی کیفیت در هفتادوپنج کشور جهان توسعه یافته‌اند. جوایز سرآمدی گونه‌ای از سیستم‌های سنجش عملکرد محسوب می‌شوند که مبتنی بر ارزش‌ها و اصول موضوعه مدیریت کیفیت جامع هستند (صفری، قاسمی، عینیان و پهلوانی، ۱۳۹۱).

نخستین جایزه ملی کیفیت، جایزه دمینگ کشور ژاپن (۱۹۵۶) بوده است. در گذر زمان، شرکت‌ها و سازمان‌ها با وقوف بر مزیت‌ها و نقاط قوت این مدل در عرصه بین‌المللی، نسخه‌هایی از این مدل را توسعه داده‌اند. هم‌اینک، به ترتیب سه مدل جایزه اروپایی کیفیت، جایزه مالکوم بالدريج و جایزه دمینگ، پرطرفدارترین جایزه‌های مدیریت کیفیت در سرتاسر جهان هستند. طی سال‌های اخیر، کشورهای زیادی دست به بومی‌سازی مدل‌های پیش‌گفته زده‌اند (کنتی، ۲۰۰۷). به‌واسطه قابلیت‌ها و نکات برجسته علمی و اجرایی نسخه‌های ارزیابی تخصصی واحدهای کسب‌وکاری چون، مدل تعالی منابع انسانی، پروژه، نظام پیشنهادها، تولید سبز، ایمنی و بهداشت کار و... با الگوبرداری از این مدل‌ها توسعه یافته‌اند (صفری و همکاران، ۱۳۹۱). امروزه مدل‌های سرآمدی سازمانی بر حول ارزش‌های مشتری چون فرایندمحوری، توسعه منابع انسانی، طراحی محصول و راهبردهای تمرکز بر مشتریان، توسعه یافته‌اند. تمامی جوایز کیفیت از شاخص‌های جوایز کیفیت را ارزیابان حرفه‌ای در سازمان‌ها ارزیابی می‌کنند. به‌رغم مشابهت‌های بسیار، این مدل‌ها همچنان دارای وجوه افتراقی در منطق خودارزیابی، وزن معیارها و همچنین تعداد زیرمعیارها و مفهوم آنها هستند (وکورا، استینگ و برازل، ۲۰۰۰).

پایداری، در عرصه مدیریت مفهومی نوین به‌شمار می‌رود. در ادبیات مدیریت، پایداری شرکتی با مفاهیم مرتبط زمین، انسان و سودآوری عجین شده است. مطالعه کرامر و زاگری (۲۰۱۰) در قالب کتابی با همین عنوان، از معدود آثار چاپ‌شده در خصوص تعالی پایدار است. در این اثر تلاش بر آن بوده تا ضمن بررسی مسائل زیست‌محیطی (مانند تغییرات اقلیمی، آب، زمین و تنوع زیستی)، مسائل اجتماعی (مانند حقوق کارگران در زنجیره تأمین جهانی) مورد توجه قرار گیرد. تعالی پایدار سعی در چرخش نگاه از موفقیت فعلی به دورنمای بلندمدت است. ارزیابی‌های به عمل آمده در خصوص روند تکاملی سیستم‌های مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست، از

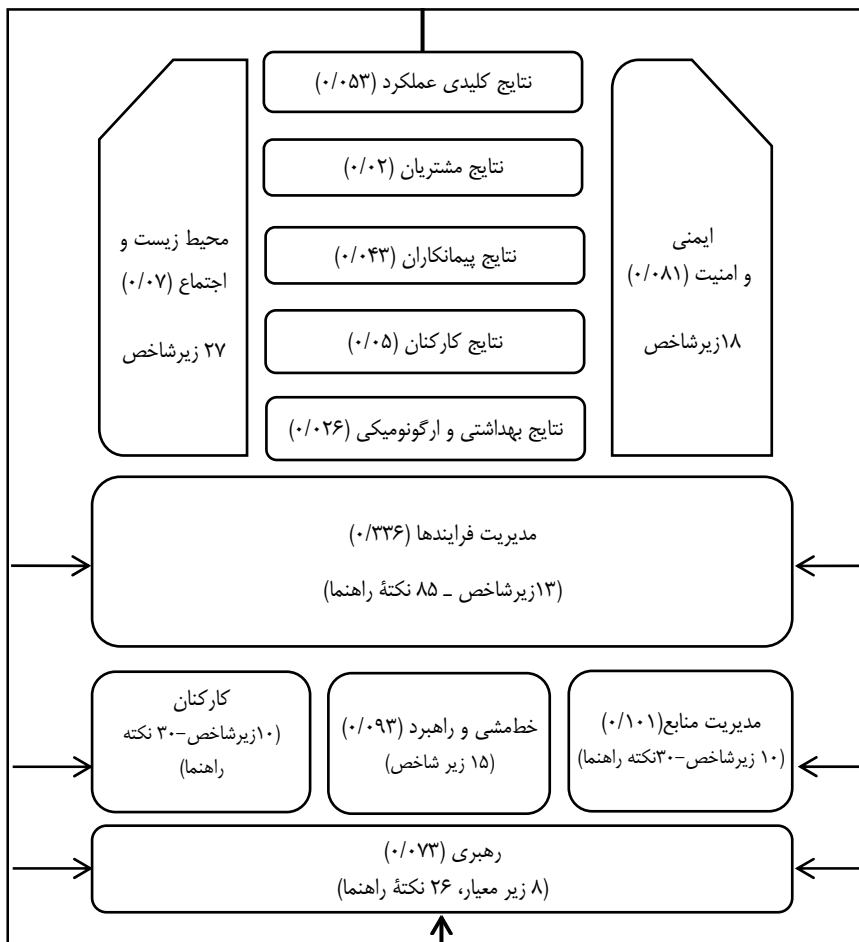
این امر حکایت دارند که عرصه‌های امنیتی در کنار ایمنی، همچنین اجتماعی در کنار زیست‌محیطی، متضمن توسعه پایدار سازمانی در صنایع پرخطرند. بنابراین شرکت‌های پیشرو در زمینه نفت، مانند بریتیش پترولیوم^۱ یا ساتورپ^۲ به ارائه مدل‌های ترکیبی روی آورده‌اند (جدول ۱). سیستم‌های ترکیبی دارای ابعاد مشترک و اغلب متفاوت هستند. بنابراین نظر به محاسن پیش‌گفته درخصوص سیستم‌های ترکیبی و ارتباط و امتزاج هر بعد با سایر بخش‌ها، توسعه مدل اعتلای عملکرد H3SE مفید به نظر می‌رسد.

جدول ۱. بررسی حوزه کارکردی مدل‌های ترکیبی

رویکرد مدل	منبع	ایمنی امنیت	محیط زیست	مسئولیت اجتماعی	بهداشت و ارگونومی
IMS	سازمان ایزو، ۲۰۰۷	*	*		*
HSE-MS	عباس‌پور، حسین‌زاده، لطفی و نیکومرام، ۱۳۸۸	*	*		*
Ideal S&S	راینر، کرمر و بویتارت، ۲۰۱۱	*	*		
Cleaner Production	اس.بی.ای، ۲۰۰۷		*	*	
HSEE	آزاده و فام، ۲۰۰۹	*	*		*
HSSEQ	ساتورپ، ۲۰۱۲	*	*		*
مدل مدیریت سبز	جایزه مدیریت سبز ایران، ۱۳۹۱		*		*
تعالی ایمنی	محمدفام، خسروجردی و شکاری، ۱۳۸۷	*		*	*

بررسی‌های قاسمی (۱۳۹۲) با ابزار نظریه چندزمینه‌ای (تلفیق روش‌های فراترکیب و نظریه برخاسته از داده‌ها^۳) منتج به مدل تعالی عملکرد H3SE شد. این مدل متشکل از پنج شاخص توانمندساز و هفت شاخص نتایج است. با توجه به خروجی مدل، شاخص نتایج مشتریان با توجه به وزن پایین آن، قابل حذف یا ادغام با شاخص نتایج اجتماعی محیطی است. مدل پیشنهادی از سوی وی همگرا با مدل تعالی اروپایی کیفیت بوده و قابلیت ارزیابی و پیاده‌سازی با رویکرد RADAR را دارد.

1. British Petroleum
2. Satorp
3. Multi Grounded Theory



شکل ۱. مدل اعتلای پایدار در صنایع پرخطر

منبع: قاسمی، ۱۳۹۲

رتبه‌بندی (سطح‌بندی) شرکت‌ها

رتبه‌بندی، از جمله خروجی‌های رایج نظام‌های ارزیابی عملکرد سازمان‌ها است، از این رو رتبه‌بندی و گروه‌بندی یکی از رویکردهای رایج در سازمان‌ها شمرده می‌شود. در ادامه به سه رویکرد قراردادی، تصمیم‌گیری چندشاخصه و خوشه‌بندی اشاره می‌شود. در رویکرد قراردادی، بر مبنای منطق جوایز سرآمدی شرکت پتروشیمی ایران، شرکت‌ها بر اساس امتیاز کسب شده، در مجموع نایل به جوایز تندیس (طلایی، نقره‌ای، برنزی)، تقدیرنامه برای تعالی و گواهی تعهد به تعالی می‌شوند (جدول ۲).

جدول ۲. سطوح مختلف تعالی در صنعت پتروشیمی (جایزه تعالی پتروشیمی، ۱۳۹۱)

سطح جایزه	نوع جایزه	بازه امتیاز
سطح تندیس	زرین	۷۰۰ به بالا
	سیمین	۶۰۰-۷۰۰
	بلورین	۵۰۱-۶۰۰
تقدیرنامه برای تعالی	۵ ستاره	۴۵۱-۵۰۰
	۴ ستاره	۴۰۱-۴۵۰
	۳ ستاره	۳۵۱-۴۰۰
	۲ ستاره	۳۰۰-۳۵۰
تعهد به تعالی		زیر ۳۰۰ امتیاز

یکی از مشکلات رایج در این خصوص، عدم توجه ریاضی و منطقی برای تحلیل سطح تعالی است. مثال بارز این مقوله، عدم قبولی دانشجویان در درسی در مقطع کارشناسی با نمره کمتر ۱۰، در کارشناسی ارشد با نمره زیر ۱۲ و در مقطع دکتری تخصصی، با نمره کمتر از ۱۴ است. به نظر می‌رسد استفاده از ابزارهای ریاضی برای طبقه‌بندی سطوح سرآمدی بر مبنای امتیاز شاخص‌های دوازده‌گانه تعالی پایدار از توجه نظری بالاتری برخوردار باشد. ابزارهای خوشه‌بندی، ابزار مناسبی برای این مسئله محسوب می‌شوند. در رویکرد تصمیم‌گیری چندشاخصه، بر اساس شاخص‌های از پیش تعیین شده، امتیاز هریک از گزینه‌ها از حیث شاخص‌های پیش‌گفته مشخص می‌شود. ویژگی این روش وجود شاخص‌هایی با ارجحیت‌ها، ابعاد و ماهیت مختلف به لحاظ سود و هزینه است. بنابراین روش‌های رتبه‌بندی، متشکل از مجموعه روش‌هایی به منظور تعیین وزن شاخص‌ها و رتبه‌بندی آنها هستند.

از آنجایی که در تصمیم‌گیری چند شاخصه، اغلب از شاخص‌های کیفی استفاده می‌شود، تعدد گزینه‌ها از دقت و اعتبار اینچنین روش‌هایی می‌کاهد (هو، ۲۰۰۸). خوشه‌بندی یا تحلیل خوشه‌ای، ابزاری قدرتمندی برای شناسایی و اکتشاف ساختار زمینه‌ای^۱ داده‌ها با تقسیم مجموعه‌ای از N بردار ورودی $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n \mid \forall x_i \in R^d, i = 1, 2, \dots, N\}$ به C گروه طبیعی $2 \leq C \leq N$ است که برای هریک از آنها خوشه‌ای در نظر گرفته می‌شود؛ به‌گونه‌ای که هر بردار ورودی را بتوان با یک خوشه یا درجه معینی از تعلق نسبت داد. امروزه

خوشه‌بندی در حوزه‌های مختلفی چون، علوم زیستی، ستاره‌شناسی، اقتصاد و مدیریت، کاربردهای وسیعی یافته است. در ادامه به نمونه‌هایی از آن در عرصه مدیریت اشاره شده است. در حوزه مالی، طبقه‌بندی و خوشه‌بندی شرکت‌ها امری مسبوق به سابقه است. از آن جمله دیاکولاکی (۱۹۹۲)، سیسکاس (۱۹۹۴)، ساماراس (۲۰۰۸)، مؤتمنی و شریفی (۱۳۹۱) و... با استفاده از یک روش چندشاخصه و مطابق با سیستم حمایت از تصمیم‌گیری، به ارزیابی سهام شرکت‌های موجود در بورس اوراق بهادار پرداخته‌اند. همچنین رضوی و قاسمی (۱۳۹۲)، با استفاده از تلفیق ابزارهای تصمیم‌گیری چندشاخصه و روش خوشه‌بندی kmean به تحلیل و طبقه‌بندی شرکت‌های بورسی در صنعت دارو اقدام کرده‌اند.

در حوزه بازاریابی تقسیم‌بندی برای استراتژی‌های بازاریابی، حسنقلی‌پور، میری و مروتی شریف‌آبادی (۱۳۸۵) از ابزار خوشه‌بندی با رویکرد شبکه‌های خودسامانده برای تقسیم‌بندی بازار در صنعت سوسیس و کالباس استفاده کرده‌اند.

در حوزه تحلیل سازمان، قاسمی و همکاران (۲۰۱۲) به تعیین مفهوم اندازه سازمان با استفاده از منطق خوشه‌بندی kmean اصلاح‌شده اقدام کردند. ایشان بر اساس سه شاخص تعداد قراردادهای منعقدشده، مبلغ قرارداد و تعداد کارکنان ثابت، پیمانکاران معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران را به سه خوشه طبقه‌بندی کردند.

فارغ از زمینه کاربردی، روش‌های خوشه‌بندی را می‌توان به دو دسته روش‌های قطعی و غیر قطعی (فازی) دسته‌بندی کرد. روش‌های قطعی نیز به دو دسته کلی سلسله‌مراتبی و تفکیکی تقسیم می‌شوند. وجه افتراق دو روش مذکور در مفروض بودن تعداد خوشه‌ها در روش‌های تفکیکی است (قاسمی و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین روش‌های سلسله‌مراتبی به دو دسته کلی ادغامی و شکافتی تقسیم می‌شود. در روش‌های ادغامی هر شیء نخست به صورت یک خوشه مستقل در نظر گرفته می‌شود، سپس در فرایند خوشه‌بندی، خوشه‌ها با یکدیگر ادغام می‌شوند تا به خوشه یکتایی برسیم. حال آنکه در روش شکافتی همه داخل یک خوشه قرار گرفته و در فرایند خوشه‌بندی شکافته می‌شوند.

در پژوهش حاضر از یکی از روش‌های رایج خوشه‌بندی ادغامی، به نام روش الگوریتم شبکه‌های عصبی خودسامانده (SOM) اصلاحی بهره‌گیری شده است. این روش از جمله روش‌های رایج و پرستفاده در خوشه‌بندی است که کاربرد آن اغلب در حل مسائل بزرگ است (مؤمنی، ۱۳۹۰). در حالیکه در رویکرد رایج در شبکه‌های عصبی، برای ویژگی‌های مختلف، ارجحیتی یکسان در نظر گرفته می‌شود، در روش اصلاحی با بی‌مقیاس‌سازی و وزن‌دهی به شاخص‌ها، ارجحیت‌های مختلف آنها مد نظر قرار می‌گیرد.

این مدل از شبکه‌های عصبی را کوهن در سال ۱۹۸۱ و با الگوبرداری از عصب شبکیه چشم معرفی کرد و نخستین بار در سال ۱۹۸۴ برای تشخیص صدا و تبدیل آن به متن، به‌طور عملی به‌کار گرفته شد. اکنون شبکه‌های خودسامانده به‌طور گسترده‌ای در داده‌کاوی، نمایش فضای پیچیده و خوشه‌بندی در تعداد ابعاد بالا استفاده می‌شوند (عتیقه‌چیان، کاظم‌زاده و سپهری، ۲۰۰۷).

استفاده از شبکه‌های عصبی برای طبقه‌بندی در بسیاری از زمینه‌ها کاربرد فراوانی یافته است. زمانی که از شبکه‌های عصبی برای تقسیم‌بندی استفاده می‌شود، لایه‌های ورودی، شبکه متغیرهای مورد نظر برای طبقه‌بندی است و خروجی شبکه، همان خوشه است. مدل‌های SOM، ورودی‌ها را بر اساس شباهت‌های بردار توصیف‌کننده با بردار مرجع تعریف‌شده برای هر بخش، به بخش‌ها تخصیص می‌دهند. فرایند تعریف‌کردن بردارهای مرجع، روش مدل‌سازی مزبور را با نمونه از خوشه‌بندی K میانگین که الگوریتم خاصی برای تحلیل خوشه‌ای سنتی است، متمایز می‌کند.

تحلیل خوشه‌ای سنتی هنوز در بسیاری از صنایع به‌کار گرفته می‌شود، اما یک شبکه عصبی خودسامانده که برای خوشه‌بندی استفاده می‌شود، برتری‌های چشمگیری بر تحلیل خوشه‌ای سنتی دارد. مازانک این‌گونه بیان می‌کند که توپولوژی حاصل از ویژگی‌های شبکه‌های عصبی، آن را از روش‌های سنتی خوشه‌بندی متمایز می‌کند (بلوم، ۲۰۰۵).

یکی از ویژگی‌های شبکه‌های عصبی، خاصیت یادگیری غیر نظارتی^۱ در آن است. در یادگیری خودسامانده یا غیر نظارتی، شبکه‌های عصبی نمونه داده‌هایی را دریافت می‌کنند و گروه‌ها یا خوشه‌هایی از داده‌های ورودی را بر مبنای میزان مشابهت، همبستگی یا نزدیکی تشکیل می‌دهند. خوشه‌های رده‌بندی‌شده را می‌توان برای طبقه‌بندی ورودی‌های نامعلوم با روش‌هایی مانند آموزش نظارتی، استفاده کرد. نمونه‌هایی از الگوریتم‌های یادگیری غیر نظارتی عبارتند از: یادگیری هببین، یادگیری کوهن و یادگیری بولتزمن (کالس، هجرات و بندسون، ۲۰۰۸).

پژوهش پیش رو که در صنعت پتروشیمی انجام شده، امتیاز شاخص‌های دوازده‌گانه H3SE را در چهل‌ودو شرکت مورد ارزیابی قرار داده است. سپس به ازای تعداد خوشه‌های مختلف الگوریتم SOM و تابع یادگیری کوهن^۲ در جعبه ابزار شبکه‌های عصبی مصنوعی MATLAB اجرا شد. مراحل اجرای الگوریتم SOM به شرح زیر است.

1. Unsupervised learning
2. Cohen Learning Function

انتخاب پارامترهای نقشه، مانند ابعاد و بردار وزنی ابتدایی متناظر با هر نرون: وارد کردن داده‌های نیازمند تحلیل به شبکه و یافتن بهترین نرون نظیر برای هر بردار ورودی (رکورد). رکوردها می‌توانند همزمان وارد شبکه شوند یا اینکه به ترتیب هر بار یک رکورد وارد شبکه شده و عملیات آموزش شبکه انجام شود. هر رکورد مانند x ، متشکل از مقادیر کمی n مشخصه است که به صورت رابطه ۱ نمایش داده می‌شود.

$$X = [X_1, X_2, \dots, X_n] \in \mathfrak{R}^n \quad \text{رابطه ۱}$$

در صورتی که بردار وزنی نرون t ام به صورت زیر تعریف شود (رابطه ۲).

$$m_t = [m_{t1}, m_{t2}, \dots, m_{tm}] \in \mathfrak{R}^n \quad \text{رابطه ۲}$$

آنگاه متناظر با هر رکورد ورودی، بهترین نرون نظیر (BMU) یا به اصطلاح نرون برنده با توجه به رابطه ۳ مشخص می‌شود.

$$c = \arg \text{Min}_t \{d(X, m_t)\} \quad \text{رابطه ۳}$$

که در آن c نشان‌دهنده نرون برنده و $d(x, m_t)$ فاصله اقلیدسی میان رکورد و بردار نرون t ام است که از رابطه ۴ محاسبه می‌شود.

$$d(X, Y) = \|X - Y\| \quad \text{رابطه ۴}$$

به هنگام کردن بردار نرون وزنی از رابطه ۵ و نرون t ام نیز از رابطه ۶ به دست می‌آید.

$$m_i(t+1) = m_i(t) + \alpha(t) h_{ci}(t) [X(t) - m_i(t)] \quad \text{رابطه ۵}$$

که در آن $0 < \alpha < 1$ نرخ یادگیری و $h_{ci}(t)$ نمایانگر میزان همسایگی نرون t ام و c ام (نرون برنده) است.

$$h_{ct} = e^{-\frac{\|r_c - r_t\|^2}{2\sigma^2(t)}} \quad \text{رابطه ۶}$$

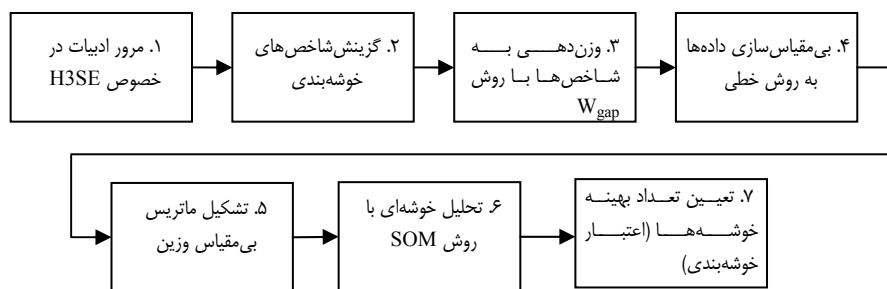
در رابطه ۶، σ کنترل‌کننده دامنه تابع است و به تدریج در طول فرایند آموزش کاهش داده می‌شود. همچنین r_c و r_t به ترتیب موقعیت نرون‌های t ام و c ام برنده در نقشه SOM است.

بررسی شرط خاتمه الگوریتم. چنانچه شرطی برقرار نباشد، الگوریتم از گام دوم ادامه می‌یابد. از آنجاکه الگوریتم آموزش شبکه‌های خودسامانده بر مبنای فاصله اقلیدسی بنا شده است،

بایستی داده‌های هر بعد مورد بررسی را نرمال استاندارد کرد (وسانتو و الحنیمی، ۲۰۰۴). پس از پایان فاز آموزش شبکه‌های خودسامان‌ده، نقشه‌ای از نرون‌ها به دست می‌آید که در حقیقت چکیده‌ای از فضای مورد تحلیل شبکه است. با ارائه هر بردار اطلاع جدید از فضای مورد تحلیل به شبکه، فاصله اقلیدسی بردار وزنی متناظر با هر یک از نرون‌ها تا بردار ورودی به دست می‌آید. بنابراین مقدار تحریک هر یک از نرون‌ها محاسبه می‌شود و نرونی که بیشترین مقدار تحریک را داشته باشد، نرون برنده بوده و انتخاب می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع پیمایش تک‌مقطعی شمرده می‌شود. هدف از انجام این پژوهش، خوشه‌بندی شرکت‌های مختلف با توجه به شاخص‌های مالی است، اما همان‌گونه که پیش‌تر ذکر شد، به‌باور نگارندگان، شاخص‌های مورد بررسی در زمینه خوشه‌بندی شرکت‌ها باید اهمیت ناهمسانی داشته باشند. از این رو در این پژوهش با دو دسته سؤال مواجه‌ایم؛ نخست اینکه آیا شاخص‌های بیست‌وچهارگانه شناسایی شده از اهمیت یکسانی برخوردارند؟ و دوم اینکه با چه روشی می‌توان شرکت‌های مذکور را طبقه‌بندی کرد؟ برای پاسخ‌گویی به سؤال نخست از روش وزن‌دهی استفاده شده و برای دستیابی به پاسخ سؤال دوم، روش ابتکاری تلفیق اوزان تصمیم‌گیری چندشاخصه و تحلیل خوشه‌ای SOM میانگین به کار گرفته شده است. از این رو فرایند مندرج در شکل ۲ در این خصوص دنبال شده است.



شکل ۲. فرایند انجام پژوهش

شاخص‌های دخیل در پژوهش ارکان دوازده‌گانه مدل تعالی H3SE هستند.

جامعه آماری پژوهش

جامعه آماری این پژوهش متشکل از کلیه کارشناسان H3SE شرکت‌های پتروشیمی کشور هستند که تا پایان سال ۱۳۹۱ راه‌اندازی شده‌اند. بنابراین برای ارزیابی شاخص‌های دوازده‌گانه و ۴۳ زیرشاخص مربوط، جامعه حدود ۱۲۰ نفر برآورد شد (از هر شرکت سه متخصص). بنا به رابطه مورگان، در جوامع نامحدود تعداد اعضای نمونه ۱۰۲ نفر برآورد می‌شود. میانگین امتیاز حسابی اشخاص در شاخص‌های دوازده‌گانه، معرف امتیاز شرکت مذکور است. همچنین مقادیر شاخص‌ها در دو سطح فعلی و مطلوب، ارزیابی شده‌اند.

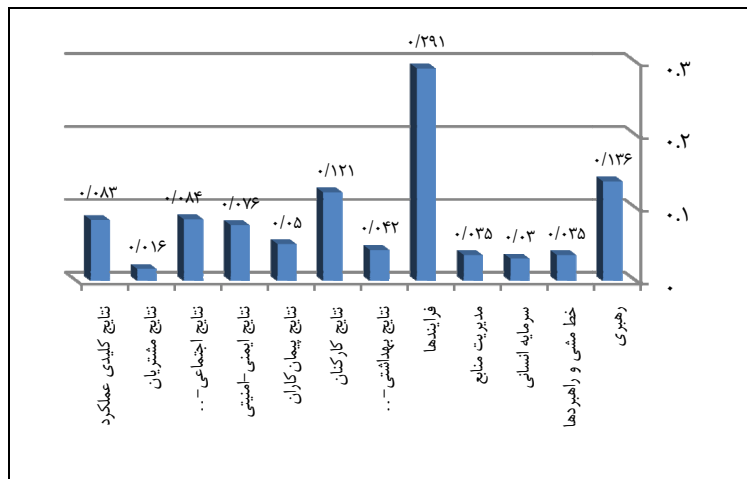
روش وزن‌دهی: به منظور لحاظ عدم اهمیت همسان شاخص‌ها در این پژوهش، از روش‌های رایج در تصمیم‌گیری چندشاخصه بهره جستیم.

وزن‌دهی با تصمیم‌گیری چند شاخصه: در این پژوهش برای لحاظ اهمیت شاخص‌های مختلف از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه^۱ بهره‌گیری شده است. این روش گزینه‌های در دسترس را با استفاده از شاخص‌های موجود و میزان وزن‌دهی به آنها رتبه‌بندی می‌کند. برای ارزیابی اوزان شاخص‌ها روش‌های مختلفی وجود دارند، از جمله روش آنترویی، روش لینمپ، روش کمترین مجزورات موزون، روش بردار ویژه و دیگر روش‌های تقریبی. اوزان شاخص‌ها در این پژوهش با روشی ساده و ابتکاری با عنوان وزن شکاف محاسبه شده است. در این روش میزان شکاف بین وضعیت فعلی و مطلوب معرف میزان اهمیت شاخص‌ها محسوب می‌شود (رابطه ۷).

$$W_i(Gap) = \frac{|I_i - N_i|}{\sum_{i=1}^m |I_i - N_i|} \quad \text{رابطه ۷}$$

که در این رابطه $W_i(Gap)$: وزن مناسب تصمیم با توجه به شکاف وزن مطلوب و موجود (وزن شکاف) است.

میزان اهمیت هر یک از شاخص‌های دوازده‌گانه، بر اساس روش توزین $W_i(Gap)$ در شکل ۳ درج شده است. یادآوری می‌شود، میزان اهمیت شاخص‌ها در دو سطح فعلی و مطلوب ارزیابی شده‌اند.



شکل ۳. نمودار اوزان احصا شده از روش‌های نظریه چندزمینه‌ای DEMATEL^۱ و Wgap

با توجه به اوزان استخراج شده می‌توان گفت که شاخص فرایندها، رهبری، نتایج کارکنان و نتایج کلیدی عملکرد، واجد بیشترین اهمیت هستند (شکل ۳).

تجزیه و تحلیل یافته‌ها

جدول ۳ معرف ماتریس داده‌ها است. سطرها نشان‌دهنده شاخص‌های دوازده‌گانه تصمیم و ستون‌ها گویای وزن شاخص‌های احصا شده در روش Wgap است. آنچه‌ان که پیش‌تر ذکر شد، در این پژوهش از روش SOM ترکیبی با تصمیم‌گیری چندشاخصه بهره‌گیری شده است. از جمله مفروضات این روش وجود تعداد خوشه‌های معین است. برای انجام خوشه‌بندی به روش پیشنهادی، گام‌های زیر طی شد.

آماده‌سازی داده‌ها برای خوشه‌بندی

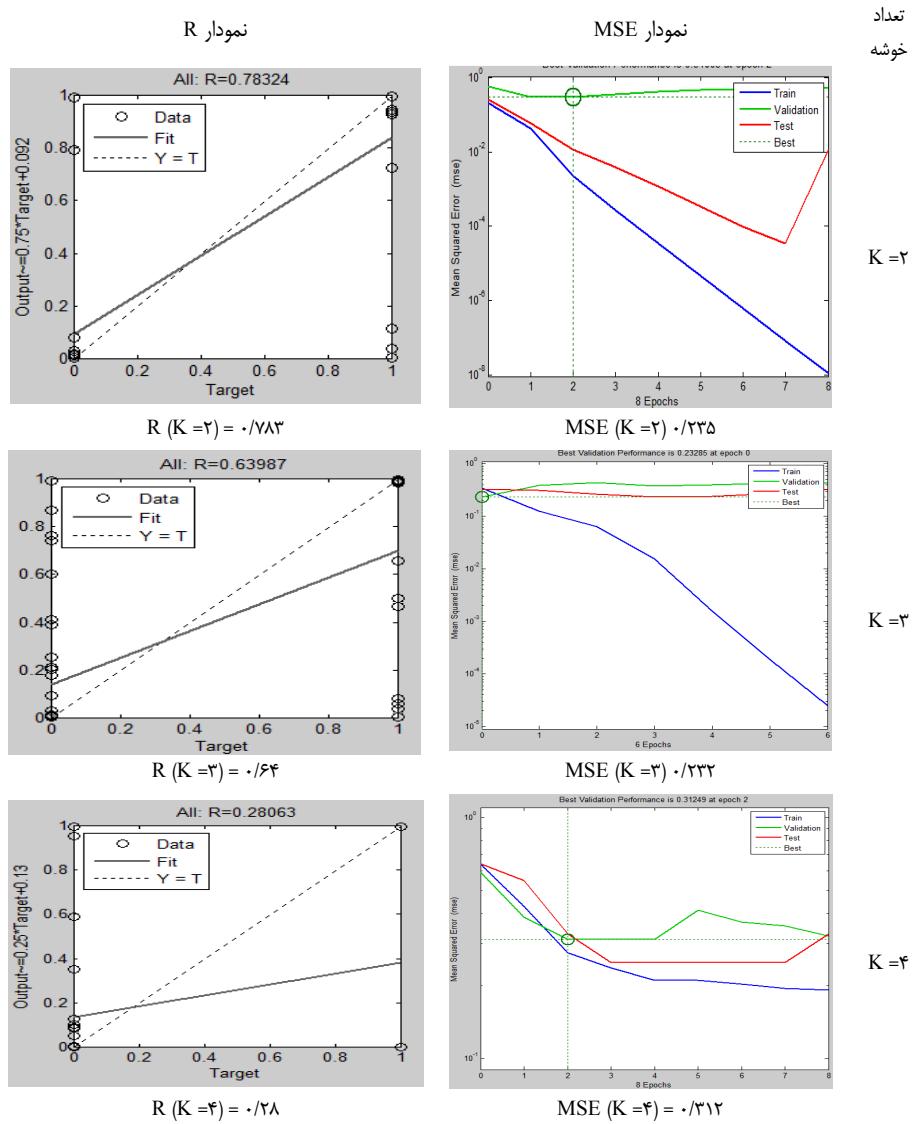
در گام نخست، داده‌های ماتریس تصمیم حاصل از داده‌های ثانویه (شکل ۴) گردآوری شده و پس از آن به کمک نرم‌افزار Excel، داده‌های جدول ۳ بی‌مقیاس خطی شدند. علت استفاده از رابطه بی‌مقیاس خطی، آنست که تأثیر متغیرهای سود و هزینه مرتفع شود. پس از این مرحله، اوزان استخراج شده به کمک روش Wgap در ماتریس بی‌مقیاس شده، وارد نرم‌افزار Matlab شد.

جدول ۳. ماتریس ورودی خوشه‌بندی

نام شرکت	شاخص	تندگوین	شیمی بافت	پرديس	نوری	لرستان	خراسان	یندر امام	زاگرس	ویژه اقتصادی	تبریز	پارس	نوید زر	مین	کرمانشاه	کاویان	کارون	چم	اصفهان	فجر	تیلین غرب	اروند
رهبری		۳/۵	۳/۶۶۷	۳/۹	۲/۸	۲/۸۵	۲/۱۳۳	۴/۴	۴/۲	۲/۹۵	۲/۸	۳/۶	۲/۹	۲/۸۳	۲/۸	۳/۸	۲/۳	۳/۴۵	۲/۷	۳/۷	۴/۲	۳/۲
خطشی و راهبرد		۳/۵	۳/۶۶۷	۳/۵۵	۲/۸	۳/۸	۳/۴	۴/۴	۴/۲	۳/۸	۲/۸	۳/۶۵	۳/۶	۲/۶	۳/۴	۳/۲	۳	۳/۱۵	۴/۲۵	۳/۵	۴/۶	۳/۵
سرمایه انسانی		۲/۸۷۵	۳/۳۳۳	۲/۱۲۵	۲/۸۳۳	۲/۵۶۳	۳/۲۵	۴/۰۸۳	۴	۲/۹۲۸	۲/۵۶۳	۲/۰۶۳	۳/۲۵	۲/۸	۲/۲۷۵	۳/۱۲۵	۲	۲/۶۸۸	۴/۱۲۵	۲/۳۱۳	۴/۵	۲/۰۶۲
مدیریت منابع		۳/۵	۳/۹۱۷	۳/۶۸۸	۲/۴۱۷	۳/۳۷۵	۲/۲۵	۳/۹۱۷	۳/۷۵	۳/۵	۲/۶۸۸	۲/۹۲۸	۳/۵	۳/۴۱۷	۳/۰۶۲	۲/۷۹۲	۲/۵	۲/۳۱۳	۴/۱۲۵	۲/۴۳۷	۴	۲/۴۳۷
مدیریت فرایندها		۳/۴۱۷	۲/۲۲۲	۳/۵۴۲	۳/۱۱۱	۲/۲۵	۳/۴۱۷	۴/۲۲۲	۴/۰۸۳	۲/۶۲۵	۲	۳/۳۷۵	۳/۴۱۷	۳/۴۴۴	۲/۰۸۳	۲/۱۶۱	۲/۹۴۴	۲/۳۳۳	۴/۰۸۳	۲/۳۳۵	۴/۸۳۳	۲/۳۷۵
نتایج بهداشتی - ارگونومیکی		۳/۲۵	۳/۶۶۷	۲/۶۲۵	۲/۳۳۳	۲/۳۷۵	۲/۱۶۷	۳/۶۶۷	۴/۲۵	۲/۵	۲/۵	۳/۲۵	۲	۴	۳/۲۵	۲/۶۶۷	۲/۸۳۳	۳/۵	۲/۸۷۵	۴	۲/۸۷۵	۲/۸۷۵
نتایج کارکنان		۲/۸	۳/۲۶۷	۳/۸۵	۲/۴۶۷	۲/۲۵	۲/۹	۳/۸۶۷	۴/۴	۲/۷۵	۲/۷۵	۲/۲۵	۳/۸	۳/۴۶۷	۲	۲/۵۳۳	۳	۳/۴۵	۲/۹۵	۳/۲	۴/۶	۳/۳
نتایج پیمانکاران		۳/۱۶۷	۲/۷۸۸	۴/۰۸۳	۳	۳/۲۵	۳/۱۱۱	۴/۱۱۱	۴/۵	۲/۸۳۳	۲/۸۳۳	۲/۵	۲/۵	۳/۳۳۳	۲/۰۸۳	۲/۹۴۴	۲/۵۵۶	۲/۹۱۷	۲/۷۵	۲/۲۵	۵	۲/۹۱۷
نتایج مشتریان		۴	۳/۶۶۷	۳/۵	۲/۲۲۲	۲/۵	۲/۵۵۶	۳/۸۹	۵	۳/۸۳۳	۲/۸۳۳	۲/۴۱۷	۴/۸۳۳	۳/۳۳۳	۲/۷۵	۲/۲۷۸	۲/۶۶۷	۳/۱۱۱	۲/۶۶۷	۲/۷۵	۵	۲/۴۱۷
نتایج ایمنی - ایمنیتی		۳/۲۵	۳/۶۶۷	۴/۱۲۵	۳/۱۶۷	۲/۶۲۵	۲/۶۶۷	۳/۶۶۷	۴/۲۵	۲/۸۷۵	۳/۱۲۵	۳/۳۷۵	۴/۷۵	۳/۸۳۳	۲/۸۷۵	۲/۶۶۷	۲/۱۶۷	۲/۶۲۵	۳/۷۵	۴	۳/۷۵	۳/۵
نتایج اجتماعی - زیست محیطی		۲/۵	۴/۶۶۷	۴/۳۷۵	۳/۵	۱/۵	۳/۷۵	۳/۶۶۷	۵	۴	۳/۳۷۵	۲/۵	۴/۲۵	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۸۳۳	۴/۱۲۵	۲/۷۵	۲/۸۷۵	۵	۲/۵
نتایج کلیدی عملکرد		۳/۵	۳/۶۶۷	۳/۹	۲/۸	۳/۸۵	۲/۱۳۳	۴/۴	۴/۲	۲/۹۵	۲/۸	۳/۶	۲/۹	۲/۸۳	۲/۸	۳/۸	۲/۳	۳/۴۵	۳/۷	۳/۷	۴/۲	۳/۲

بررسی اعتبار خوشه‌بندی

به‌منظور بررسی بهتر خروجی‌های این روش، الگوریتم را با فرض تعداد خوشه‌های مختلف اجرا شد و سپس تعداد بهینه خوشه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۴).



شکل ۴. ارزیابی تعداد بهینه خوشه

حال این سؤال مطرح است که کدام تعداد خوشه برای طبقه‌بندی شرکت‌ها مناسب است؟ شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی خوشه‌بندی وجود دارد که می‌توان آنها را به سه دسته شاخص‌های بیرونی، شاخص‌های درونی و شاخص‌های نسبی تقسیم کرد (مؤمنی، ۱۳۹۰). برخی از شاخص‌های ارزیابی زمانی به خوبی جواب می‌دهند که خوشه‌ها به صورت فشرده (مانند توپ) باشند؛ ولی زمانی که شکل خوشه‌ها به این صورت نباشند (مانند داده‌های فضایی یا زیست‌شناسی) برخی از این شاخص‌ها جوابگو نیستند (هالکیدو و دیگران، ۲۰۰۲-الف).

دو نوع اول مستلزم آزمون‌های آماری است و از نظر محاسباتی زمان‌بر هستند. شاخص‌های نوع سوم نیاز به آزمون‌های آماری ندارند. در جعبه ابزار MATLAB شبکه‌های عصبی مصنوعی دو پارامتر R و MSE ، برای ارزیابی خوشه‌بندی معرفی شده است. پارامتر نخست معرف ضریب تعیین و دومی متوسط مربعات خطاها است. هرچه R بیشتر و MSE کمتر باشد، نشان‌دهنده وضعیت بهتر خوشه‌بندی است. بر اساس این تحلیل، تعداد خوشه‌های ۲، ۳ و ۴، بهترین تعداد خوشه‌بندی است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش روش ترکیبی تصمیم‌گیری چندشاخصه و خوشه‌بندی برای تعیین سطح سرآمدی H3SE ارائه شد. اتخاذ این رویکرد در قیاس با روش‌های پیشین که مبتنی بر استفاده صرف از مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه (چندهدفه و چندشاخصه)، آنست که خروجی فرایند تصمیم منجر به ارائه یک یا چند طبقه همگن و همسان قرار می‌گیرد (قاسمی و همکاران، ۲۰۱۱). افزون بر این، شاخص‌ها با تأثیر ناهمسان بیشتر مورد تأکید قرار می‌گیرند. همچنین با بهره‌گیری از روش $Wgap$ ، اوزان هر یک از شاخص‌ها محاسبه شد. گفتنی است در این روش، ملاک ایجاد ارجحیت و شکاف میان وضع موجود و مطلوب میان شاخص‌هاست که از خبرگان صنعت پتروشیمی کسب نظر شده است.

در خاتمه توجه به نکات زیر خالی از فایده نیست:

۱. سازوکار فوق، قابلیت به‌روزرسانی و بازنگری دوره‌ای در تعیین وزن شاخص‌ها را فراهم می‌آورد. بنابراین در تعیین اوزان هر دوره، مقتضیات زمانی و زمینه‌ای در اهمیت شاخص‌ها لحاظ می‌شوند.
۲. طبقه‌بندی و تعیین سطح سرآمدی، ابزاری برای ارزیابی جایگاه سازمان‌ها در صنعت مورد اشتغال است. از این رو قابلیت تقدیر و تکریم از سازمان‌های سرآمد در این عرصه را فراهم می‌آورد. سازوکار پیش‌گفته منجر به ایجاد تقویت مثبت در میان شرکت‌های مشارکت‌کننده است.

۳. تعیین سطح سرآمدی منجر به شناسایی شرکت‌های پیش‌رو در این عرصه می‌شود و از این رهگذر، قابلیت بهینه‌کاوی از بهترین تجارب فراهم می‌شود.
۴. رویکرد سنتی در تعیین سطح سرآمدی با استفاده از میانگین‌گیری ساده انجام می‌گرفت و در آن، توجهی به رویکرد رقابتی و میزان اهمیت شاخص‌ها نمی‌شد؛ در حالیکه رویکرد نوین، ضمن توجه به مشکلات پیش‌گفته با منطق نظارت رقابتی، اقدام به طبقه‌بندی شرکت‌های سرآمد می‌کند. این بدان معناست که در هر دوره از انتخاب شرکت‌ها، تعداد سطوح سرآمدی پس از تحلیل امتیازها انجام می‌شود. نکته آخر بر هیجان فرایند ارزیابی جایزه می‌افزاید و در مقابل از درجه تعیین طرح می‌کاهد.
۵. ابزار فوق، فقط مشروط به لحاظ محدودیت‌های پیش‌گفته قابلیت تسری به سایر صنایع را دارد؛ چرا که اوزان شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها عطف به اقتضات بومی صنعتی پتروشیمی تهیه شده است. با وجود این، رویه فوق برای ارزیابی و تعیین سطح سرآمدی برای دیگر صنایع میسر است.

منابع

- جایزه مدیریت سبز ایران. (۱۳۹۱). انجمن مدیریت سبز ایران. اصفهان: انتشارات آسمان‌نگار.
- جعفری، آ.؛ سایه‌بان، م. و حنایی، م. (۲۰۰۸). چشم‌انداز صنعت پتروشیمی در منطقه و جهان، اولین کنفرانس پتروشیمی ایران، تهران.
- حسنقلی‌پور، ط.؛ میری، م.؛ مروتی، ع. (۱۳۸۶). تقسیم بازار با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی؛ مطالعه موردی: فراورده‌های گوشتی (سوسیس)، مدرس علوم انسانی، ۱۱ (۳): ۶۸-۸۰.
- سرمد، ز.؛ بازرگان، ع. و حجازی، ا. (۱۳۸۶). روش‌های تحقیق در علوم رفتاری. تهران: نشر آگه.
- عتیقه‌چیان، آ.؛ برادران کاظم‌زاده، ر. و سپهری، م. (۲۰۰۷). مصورسازی و تحلیل فرایند جست‌وجوی فضای جواب توسط الگوریتم ژنتیک در حل مسایل بهینه‌یابی ترکیبی پیچیده با استفاده از خوشه‌بندی فضای جست‌وجو، اولین کنفرانس داده‌کاوری ایران، تهران: دانشگاه امیرکبیر، صص. ۲۱-۳۷. قابل دسترس در تارنمای: <http://www.mbaforum.ir/download/1371.pdf>
- قاسمی، ا. ر. (۱۳۹۲). ارائه مدل تعالی عملکرد H3SE در صنعت پتروشیمی، پایان‌نامه مقطع دکتری تخصصی مدیریت صنعتی دانشگاه تهران، ایران.
- قاسمی، ا. ر.؛ اصغری‌زاده، ع.؛ صفری، ح. و تقی‌زاده، م. ج. (۱۳۹۲). ارزیابی سطح بلوغ H3SE در صنعت پتروشیمی کشور، یازدهمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت، تهران، ایران.

گرکز، م.؛ عباسی، ا.؛ مقدسی، م. (۱۳۸۹). انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک بر اساس تعاریف متفاوتی از ریسک، فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، ۵ (۱۱): ۱۰۹-۱۳۴.

محمدفام، ا.؛ شاکری، آ.؛ خسروجردی، م.ج. (۱۳۸۷). ارائه مدلی برای سنجش عملکرد HSE مبتنی بر مدل تعالی EFQM، علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۰ (۴): ۱-۱۱.

مؤمنی، ع. ر.؛ شریفی سلیم، ع. ر. (۱۳۹۱). ارائه مدلی به منظور انتخاب سبد سهام در بورس اوراق بهادار تهران به وسیله تصمیم‌گیری چند معیار. چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۵: ۸۹-۷۳. مؤمنی، م. (۱۳۹۰). خوشه‌بندی داده‌ها، چاپ اول، تهران: چاپ صناعی.

Abbaspour, M., Hosseinzadeh Lotfi, F., · Roayaei. E., Nikoomaram. H. (2010). Development of a model to assess environmental performance, concerning HSE-MS principles, *Environ Monit. Assess* 165: 517-528.

Azadeh, A. Mohammad Fam, I., and Azam zadeh. M. (2009). Integrated HSEE management systems for industry: A Case Study in Gas Refinery, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 32(2), 235-241.

Bloom, J.Z. (2005). Market segmentation: A neural network application. *Annals of Tourism Research*, 32(1): 93-111.

Conti, T. A. (2007). A history and review of the European Quality Award Model, *The TQM Magazine*, 19(2):112-128.

Cramer, A. and Zachary, K. (2010). *Sustainable Excellence: The Future of Business in a Fast-Changing World*. USA: Rodale Press.

Diakoulaki, O., Mavrotas, G., Papagyannakis, L. A. (1992). Multicriteria approach for evaluating the performance of industrial firms. *Omega*; 20(4): 467-74.

EFQM. (2010). *European Foundation for Quality Management*, Brussels Representative Office, Belgium.

Ghasemi, A.R., Ranjbarian, M., Ajalli, M., Azizinejad, S., Amirabadi, M. (2011). Defining Organizational Size of Project Based Organization A Clustering Approaches (The Case of Department of Transportation and Traffic of Tehran Municipality), *American Journal of Scientific Research*, 41: 33-44.

Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications—a literature review. *European Journal of operational research*, 186(1): 211-228.

Ho, W.J., Tsai, C., Tzeng, G., Fang, S. (2011). Combined DEMATEL technique with a novel MCDM model for exploring portfolio selection based on CAPM. *Expert Systems with Applications*, 38 (1):16-25.

- Juha, V. and Esa, A. (2000). Clustering of the Self-Organizing Map, *IEEE Transactions On Neural Networks*, 11 (3): 586-601.
- Kalteh, A. M., Hjorth, P. & Berndtsson, R. (2008). Review of the self-organizing map (SOM) approach in water resources: analysis, modelling and application. *Environmental Modelling & Software*, 23(7): 835-845.
- Lee, W.S., Tzeng, G.H., Guan, J.L., Chien, K. T. & Huang, J. M. (2009). Combined MCDM techniques for exploring stock selection based on Gordon model, *Expert Systems with Applications*, 36 (3): 6421-6430.
- Mareschal, B., Brans, J.P. (1991). BANKADVISER: An industrial evaluation system. *European Journal of Operational Research*, 54(3): 318-24.
- Reniers G-L.L., Cremer, K. and Buytaert, J. (2011). Continuously and simultaneously optimizing an organization's safety and security culture and climate: the improvement diamond for excellence achievement and leadership in safety and security (IDEAL SandS) model, *Journal of Cleaner Production*, 19: 1239-1249.
- Robert, V., Stading, G. and Brazeal, J. (2000). A comparative analysis of national and regional quality awards. *Quality Progress*, 3(8): 41-50.
- SATORP. (2011). *Health, Safety, Security, Environment and Quality (HSSEQ)*. Retrieved from: <http://www.satorp.com/health-safety.html>.
- SBA. (2007). *Cleaner Production Excellence Model - Sustainable Business*, Retrieved from: <http://www.sba-int.ch/spec/sba/download/.../CPExcellence Model.pdf>.
- Siskos, Y., Zopounidis, C., Pouliezios, A. (1994). An integrated DSS for financing firms by an industrial development bank in Greece. *Decision Support systems*; 12(2):151-168.
- Vesanto, J. and Alhoniemi, E. (2000). Clustering of the self-organizing map Neural Networks, *IEEE Transactions*, 11(3): 586-600.
- Xidonas, P., Mavrotas, G., Zopounidis, C., & Psarras, J. (2011). IPSSIS: An integrated multicriteria decision support system for equity portfolio construction and selection. *European Journal of Operational Research*, 210(2): 398-409.
- Yang, J.L., Tzeng, G. H. (2011). An integrated MCDM technique combined with DEMATEL for a novel cluster-weighted with ANP method, *Expert Systems with Applications*, 38 (3): 1417-1424.