مهندسی صنایع و مدیریت شریف
دوره‌ی ۱ - ۲۶، شماره‌ی ۱، ص. ۱۲۷-۱۲۵، (یادداشت فنی)

معرفی یک سیستم خبره‌ی فازی مبتنی بر کارت امتیازی متوازن برای اندازه‌گیری تأثیر سیستم‌های مدیریت جامع بهداشت، ایمنی و محیط زیست بر سازمان‌ها

ایرج محمدفام (استادیار)
دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان
محمدعلی آزاده (استاد)
محسن جعفری (کارشناس ارشد)
پردیس دانشکده‌های فنی، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه تهران
علی کیانفر (کارشناس)
دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

تأثیر سیستم‌های مدیریت جامع بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE-MS)[۱] بر سازمان‌ها، و عملکرد HSE-MS دارای ابعاد مختلفی است. این موضوع منجر به تفاوت عملکرد سیستم‌ها در شرایط متفاوت کاری و بروز «تناقضات بهره‌وری» می‌شود. بنابراین هر سازمانی باید بتواند تأثیر عملکرد HSE-MS را بر ابعاد مختلف کاری خود بسنجد.
سیستم‌های مدیریت جامع بهداشت، ایمنی و محیط زیست در اشکال مختلفی تعریف و طراحی می‌شوند و سازمان باید اثربخش‌ترین مدل (شکل طراحی) را انتخاب و در آن سرمایه‌گذاری کند. در این نوشتار، استفاده از «کارت امتیازی متوازن[۲]» (BSC) به‌عنوان ابزاری مناسب برای ارزیابی عملکرد سازمان‌های مختلف معرفی شده است. برای تعیین تأثیر سیستم‌های مدیریت جامع HSE بر هریک از جنبه‌های مطرح در کارت امتیازی متوازن، از یک شبکه‌ی چندسطحی استفاده شده است. این شبکه مبنایی برای توسعه‌ی یک سیستم خبره‌ی قانون‌محور فازی است و با استفاده از آن می‌توان تأثیر هر پروژه بر شاخص‌های عملکردی سازمان را تعیین کرد. از خروجی این سیستم می‌توان به‌عنوان یکی از ورودی‌های اصلی برای تصمیم‌گیری سازمان بهره برد.

واژگان کلیدی: سیستم مدیریت جامع، سیستم‌های خبره، سیستم خبره‌ی فازی، کارت امتیازی متوازن.

fam@engmail.ut.ac.ir
aazadeh@ut.ac.ir
mh_jafary@yahoo.com
kianfar@razi.tums.ac.ir

مقدمه

سازمان‌های امروزیِ موجود در یک دنیای رقابتیِ پویا لازم است ضمن توجه به جلب رضایت مشتریان خارجی خود، سلامتی و رفاه مشتریان داخلی (کارکنان) و همچنین حفاظت از محیط زیست را به‌طور جدی مد نظر قرار دهند. بدیهی است توجه به اصول یادشده در مقررات ملیِ اغلب کشورها، ازجمله ایران،[۱] و همچنین قوانین بین‌المللی مورد تأکید قرارگرفته است.
علاوه بر موارد یادشده امروزه مصرف‌کنندگان، کارکنان، سهام‌داران و دیگر گروه‌های ثالث نسبت‌به اصول بهداشت، ایمنی و حفاظت از محیط زیست حساس‌اند.[۲] به‌همین دلیل رعایت موارد اخیر می‌تواند به بهبود مداوم تجارت سازمان‌ها کمک کند. سیستم‌های مدیریتی نظیر ایزو ۹۰۰۱ (در سال ۲۰۰۰)، ایزو ۱۴۰۰۱ (در سال ۱۹۹۶)، ایزو ۱۸۰۰۱ (در سال ۱۹۹۹) و... نیز در راستای تحقق نیازهای یادشده توسعه یافته‌اند و هرکدام از آنها حیطه‌های خاصی نظیر کیفیت، محیط زیست، ایمنی و بهداشت و غیره را پوشش می‌دهند. هدف اساسی از استقرار این‌گونه سیستم‌ها، کسب اطمینان از توجه داشتن به موارد اخیر در راهکارهای هر سازمان است.[۳]
از طرف دیگر در هرکدام از سیستم‌های یادشده تنها یکی از ابعاد سازمان مورد توجه قرار گرفته و سیاست‌ها و اهدافی که تعریف می‌شوند در جهت آن جنبه از فعالیت‌های سازمان است. بدون شک این سیستم‌ها در هدایت و هماهنگ‌کردن فعالیت‌ها در راستای تحقق اهداف سازمان نقش دارند[۴] اما تعدد آن‌ها ممکن است باعث پیچیدگی و سردرگمی سازمان، هدررفتن منابع، دوباره‌کاری‌ها، ایجاد تضاد بین سیاست‌ها و اهداف تعریف‌شده و... شود.[۵] در همین راستا ادغام سیستم‌های مختلف در سازمان امری الزامی است.[۶]
در حال حاضر انواع مختلفی از سیستم‌های یک‌پارچه در دسترس است. این تفاوت‌ها درمورد نوع و تعداد سیستم‌های ادغام‌یافته، نحوه‌ی ادغام، روش‌های استقرار

تاریخ: دریافت ۱۳۸۶/۶/۲۴، داوری ۱۳۸۷/۶/۱۰، پذیرش ۱۳۸۷/۱۰/۱.

آنها، استانداردهای مورد استفاده، نحوه‌ی پایش و ممیزی، اندازه‌گیری عملکرد و موارد مشابه است.[۷] برای مثال، نتایج حاصل از مطالعات انجام‌شده در زمینه‌ی ادغام سیستم‌های مدیریت کیفیت (QMS)[۳]، سیستم‌های مدیریت محیط زیست (EMS)[۴] و سیستم‌های مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌یی (OH & SMS)[۵] نشان داده است برای این امر راه‌های مختلفی وجود دارد.[۸]

سیستم مدیریتی بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE-MS) نمونه‌یی از این نوع سیستم‌های مدیریت جامع محسوب می‌شود که در حال حاضر در اغلب سازمان‌های داخلی، به‌ویژه در صنایع نفت‌وگاز، به‌شدت مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. مهم‌ترین عناصر سیستم مدیریتی HSE عبارت است از: رهبری و تعهد، خط‌مشی و اهداف راهبردی، سازمان، منابع و مستندسازی، ارزیابی و مدیریت ریسک، طرح‌ریزی، استقرار و پایش، و ممیزی و بازنگری.[۹]

در سال‌های اخیر مطالعات فراوانی درخصوص درک تأثیر سیستم‌های مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست بر بهره‌وری سازمان‌ها انجام گرفته است، اما هنوز سؤالات فراوانی فراروی محققین باقی مانده است. برخی از این تحقیقات مؤید وجود رابطه‌ی مثبت معنادار بین کاربرد سیستم‌های مدیریت جامع و افزایش بهره‌وری هستند، درحالی‌که نتایج تحقیقات دیگر نشان‌گر این رابطه‌ی مثبت معنادار نیست. از این موضوع با عنوان «تناقضات بهره‌وری» یاد شده است.[۱۰]

با توجه به روند سرمایه‌گذاری‌های قابل توجه در ایران در زمینه‌ی استقرار انواع مختلف سیستم‌های جامع مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE-MS) درکنار توجه به اصول و نحوه‌ی استقرار مناسب سیستم به‌نحوی که امکان دست‌یابی به بالاترین سطوح کارآیی و اثربخشی را فراهم سازد،[۱۱] این سؤال مطرح می‌شود که «آیا پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریت جامع در سطوح مختلف ـ فردی، سازمانی و جامعه ـ منجر به افزایش بهره‌وری می‌شود؟» به‌همین دلیل ارزیابی تأثیرات استقرار این‌گونه سیستم‌ها بر عوامل مختلفی چون جامعه، سازمان و فرد الزامی خواهد بود.

یکی دیگر از عواملی که انجام ارزیابی‌های فوق را ضروری می‌سازد محدودیت‌های منابع مالی سازمان‌هاست که معمولاً سازمان را با مسئله‌ی انتخاب سیستم‌های مدیریت جامع کارا و اثربخش مواجه می‌کند. با توجه به مطالب یادشده بررسی شیوه‌های انتخاب و استقرار سیستم‌های مدیریت جامع از دو جنبه ضرورت می‌یابد:

۱. انتخاب شیوه‌ی مناسب در راستای تحقق اهداف کلان سازمان؛

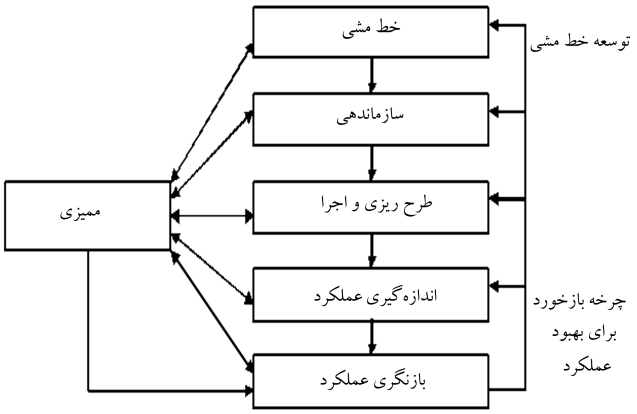
۲. بازبینی نتایج اجرای شیوه‌ها و تأثیرات‌شان بر سازمان.

در این نوشتار سعی می‌شود یک سیستم خبره‌ی فازی به‌منظور پشتیبانی از تصمیم‌گیری در حوزه‌ی انتخاب سیستم‌های مدیریت جامع ایمنی، بهداشت و محیط زیست و نیز ارزیابی تأثیر آنها بر سازمان‌ها توسعه داده شود.

بیان لزوم انتخاب: کارایی و اثربخشی

اگر نتوانید اندازه‌گیری کنید قادر به مدیریت نخواهید بود.[۱۲] «اندازه‌گیری» بخش تفکیک‌ناپذیری از فرایند مدیریت بهبودِ مستمر محسوب می‌شود. به‌عبارت دیگر، اندازه‌گیری عملکرد بخش مهمی از سیستم‌های مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست است (شکل ۱).

برای این که بتوان تأثیر سیستم‌های مدیریت جامع ایمنی، بهداشت و محیط زیست بر عملکرد سازمان را اندازه گرفت، انتخاب شیوه‌یی مناسب برای سنجش و ارزیابی عملکرد سازمان ضرورت می‌یابد. اندازه‌گیری عملکرد مفهومی مهم است که تعریف آن کاری دشوار است. می‌توان راهکارهایی برای طراحی «نظام اندازه‌گیری



شکل ۱. اندازه‌گیری عملکرد در سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست.

عملکرد» ارائه داد، اما سازمان‌ها باید با توجه به شرایط خاص خود به این کار اقدام کنند. به‌عبارت دیگر نظام اندازه‌گیری عملکرد را نمی‌توان از بیرون به سازمان تزریق کرد بلکه باید در هر سازمان طراحی، توسعه و بهبود داده شود. برای این کار می‌توان از مدل‌ها و چارچوب‌هایی برای اندازه‌گیری عملکرد سازمان‌های مختلف توسعه‌یافته استفاده کرد. هر سازمان باید از این مدل‌ها متناسب با شرایط خودش استفاده کند. به این منظور باید معیارهایی تنظیم شود تا در قالب مدل به کمّی‌کردن عملکرد سازمان کمک کند.[۱۳]

کاربرد اصلی و بسیار مهم «کارت امتیازی متوازن»، که از جامع‌ترین و بهترین مدل‌های ارزیابی عملکرد محسوب می‌شود، در طراحی سیستم‌های ارزیابی و مدیریت عملکرد سازمان‌ها است[۱۴]

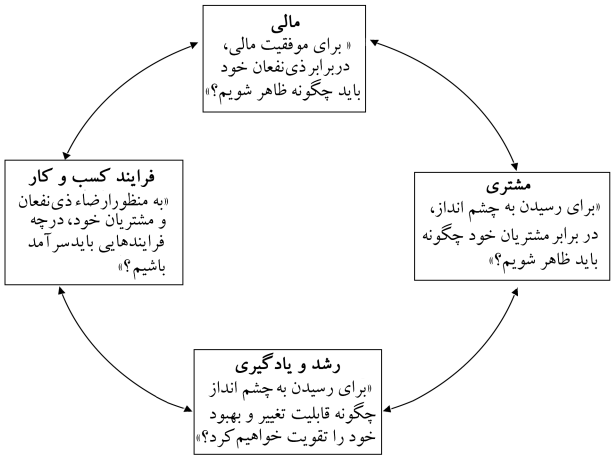
کارت امتیازی متوازن (BSC)

کارت امتیازی متوازن (BSC) مجموعه‌یی از معیارهاست که در مدیران نگرشی لحظه‌یی اما جامع درمورد کسب‌وکار ایجاد می‌کند.[۱۵] این کارت علاوه بر معیارهای مالی که بیان‌گر نتایج کارهای انجام‌شده در گذشته است، معیارهای عملیاتی مکملی را نیز در زمینه‌ی رضایت مشتریان، فرایندهای داخلی و فعالیت‌های بهبود و نوآوری سازمان شامل می‌شود BSC (شکل ۲).[۱۵] به مدیران اجازه می‌دهد تا از چهار جنبه‌ی مهم به کسب‌وکار خود نگاه کنند:

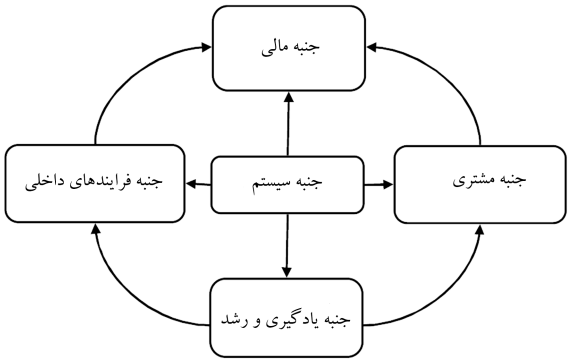
- مشتریان چگونه به ما نگاه می‌کنند؟ (جنبه‌ی مشتری)؛
- در چه کاری باید بهترین باشیم؟ (جنبه‌ی فرایندهای داخلی)؛
- آیا می‌توانیم به ارزش‌آفرینی و بهبود ادامه دهیم؟ (جنبه‌ی نوآوری و یادگیری)؛
- چگونه به ذی‌نفعان خود نگاه می‌کنیم؟ (جنبه‌ی مالی).

تحقیقات انجام شده بر روی بسیاری از سازمان‌هایی که BSC را اجرا کرده‌اند نشان می‌دهد که BSC به‌عنوان یک سیستم اندازه‌گیری، ابزار مدیریت راهبردی، و ابزاری ارتباطی کاربرد دارد.[۱۵]

در سال ۱۹۹۲ هم‌زمان با معرفی کارت امتیازی متوازن، با تأکید بر این که BSC تنها یک نمونه است بر بومی‌سازی آن برای عناصر مشخص یک سازمان یا صنعت تأکید شد.[۱۴] در مطالعه‌ی حاضر که در یک پالایشگاه گاز در ایران صورت گرفت، پنج جنبه برای اندازه‌گیری عملکرد HSE-MS انتخاب شده است. برای تهیه‌ی چارچوبی مبتنی بر BSC به‌منظور اندازه‌گیری عملکردHSE-MS، پس از



شکل ۲. ساختار کارت امتیازی متوازن (BSC).



شکل ۳. مدل کارت امتیازی متوازن ایجاد شده برای ارزیابی عملکرد HSE-MS.

بررسی‌های لازم تعداد زیادی شاخص بالقوه برای هر یک از ابعاد اندازه‌گیری عملکرد HSE-MS شناسایی شد:

- جنبه‌ی فرایندهای داخلی: این جنبه اساساً با جامع‌سازی HSE-MS در درون سازمان و نقش آن در هماهنگ‌سازی فرایندها و یک‌پارچه‌سازی سازمان با شریکانش ارتباط دارد.
- جنبه‌ی مالی: در این جنبه ارتباط میان پیاده‌سازی HSE-MS و فواید محسوس و نامحسوس تجربه‌شده به‌وسیله‌ی سازمان ارزیابی می‌شود.
- جنبه‌ی مشتری: این جنبه برای کسب نظریات مشتریان داخلی و خارجی که به‌طور فعال از کاربردها و نتایج HSE-MS بهره می‌گیرند، و استفاده از آن در نظر گرفته شده است.
- جنبه‌ی یادگیری و رشد: این جنبه با توجه به این که بر اهداف راهبردی بلندمدت و چگونگی ایجاد مزیت رقابتی توسط سیستم‌های جدید تمرکز دارد، با جنبه مشتری متفاوت است. برای سنجش اهداف مربوط به این وجه، عواملی همچون میزان دسترسی به اطلاعات مشتری، و فرایندهای داخلی توسط مدیران و کارکنان عملیاتی درخصوص سیستم‌های اطلاعات، و میزان هم‌سویی انگیزه‌های کارکنان با رسالت و اهداف سازمان درخصوص دستورالعمل‌ها و رویه‌های سازمانی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.
- جنبه‌ی سیستم: علاوه بر چهار جنبه‌ی BSC که پیش‌تر ذکر شده‌اند، جنبه‌ی سیستم نیز به‌منظور تشویق تمرکز بر عناصر HSE-MS پیاده شده به‌وسیله‌ی سازمان مد نظر قرار داده شده است. این جنبه به سیستم‌های فنی (سخت‌افزار، نرم‌افزار، طرف غیرانسانی سیستم) مربوط است. از آنجا که انتظار می‌رود چهار جنبه‌ی دیگر به عملکرد سیستم مرتبط باشند، این جنبه در مرکز BSC قرار داده شده است.

چارچوب طراحی شده برای کارت امتیازی متوازن مطابق شکل ۳ است.

روش‌های تصمیم‌گیر

امروزه برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر معیارهای مختلف، تمایل زیادی به استفاده از سیستم‌های خبره وجود دارد. روش‌هایی چون سیستم‌های خبره‌ی قانون‌محور، سیستم‌های استدلال موردی، و شیوه‌های ماشین‌های یادگیرنده ـ مانند شبکه‌های عصبی ـ ازجمله‌ابزارهای مورد استفاده در ارزیابی هستند.[۱۶]

در تصمیم‌گیری‌های دوحالته، براساس شرایط موجود یکی از دو حالت انتخاب می‌شود؛ این مسئله در حالات مختلفی کاربرد پیدا می‌کند. یکی از کاربردهای آن در ارزیابی سرمایه‌گذاری است. روش‌های مختلفی برای حل این قبیل مسائل تعمیم یافته است که می‌توان آنها را در دو بخش تحلیل خطی و غیرخطی دسته‌بندی کرد.[۱۶] براساس تقسیم‌بندی زیر سیستم‌های قانون‌محور عمدتاً درگروه رویکردهای خطی، و برخی الگوریتم‌های یادگیری شبکه‌های هوش مصنوعی درگروه رویکردهای غیرخطی قرار می‌گیرند:

۱. مدل‌های آماری تحلیل تمایز[۶]؛

۲. مدل‌های تحلیل آماری غیر پارامتری تمایز[۷] (مانند مدل آماری غیرپارامتری تمایز بر مبنای الگوریتم ژنتیک).

رویکردهای غیر خطی برای تحلیل تمایز نیز در دو دسته قرار می‌گیرند:

- رویکردهای پیوندگرا[۸] که از برخی الگوریتم‌های یادگیری شبکه‌های هوش مصنوعی بهره می‌گیرند. روش مورد توجه در این رویکرد «شبکه‌ی پیش‌خور»س است.
- مدل‌های یادگیری القایی که در آن تابع تمایز به‌صورت نمادی با قوانین یا درخت تصمیم‌گیری نمایش داده می‌شود.

سیستم‌های خبره

سیستم خبره ابزاری قدرت‌مند و انعطاف‌پذیر برای دست‌یابی به راه‌حل‌هایی برای مسائل متنوعی است که نمی‌توان در حل آنها از روش‌های سنتی استفاده کرد.[۱۷] بنابراین استفاده از آنها به بسیاری از بخش‌های جامعه و صنایع گسترش یافته و در فرایند پشتیبانی تصمیم‌گیری و حل مسئله‌ی ضروری استفاده از آنها ضرورت یافته است. سیستم‌های خبره را می‌توان در ۱۱ گروه کلی جای داد:[۱۷]

۱. سیستم‌های قانون‌محور؛

۲. سیستم‌های دانش‌محور؛

۳. شبکه‌های عصبی؛

۴. سیستم‌های خبره‌ی فازی؛

۵. روش‌های شی‌گرا؛

۶. استدلال موردی؛

۷. توسعه‌ی معماری سیستم؛

۸. سیستم مأمور هوشمند؛

۹. مدل‌سازی؛

۱۰. هستی‌شناسی؛

۱۱. بانک‌های اطلاعاتی.

سیستم‌های خبره از چهار جزء تشکیل شده‌اند:[۱۸]

- رابط کاربر؛
- پایگاه دانش؛
- موتور استنتاجی؛
- ابزار مهندسی دانش.

پایگاه دانش مجموعه‌یی از قوانین است که برای برخورد با مسئله یک منطق ایجاد می‌کنند. موتور استنتاجی با فرایندی مشابه فرایند استنتاج انسان‌ها، براساس قوانین و شواهد موجود، نتایج مورد نظر کاربران را استخراج می‌کند. ابزار مهندسی دانش روشی است برای استخراج نتایج.

انتخاب سیستم مناسب

انتخاب یکی از انواع سیستم‌های خبره برای توسعه‌ی مدل الزامی است. سیستم‌های خبره‌ی قانون‌محور (کیفی و فازی) و سیستم‌های مبتنی بر شبکه‌ی عصبی کاربرد زیادی در طراحی سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS)[۹] دارند. استفاده از شبکه‌های عصبی این مزیت را دارد که می‌توان به مرور زمان و با ورود داده‌های بیشتر به سیستم، یادگیری را بهبود داد و بر عدم قطعیت در سازمان مورد بررسی چیره شد.[۱۹] نیاز به وجود داده‌های زیاد برای کمی‌کردن روابط یکی از مشکلات موجود است. با توجه به بحث عدم قطعیت، می‌توان روابط بین سطوح بررسی را به شکل فازی مطرح کرد. بنابراین استفاده از سیستم خبره‌ی فازی مبنای مناسبی برای ایجاد مدل است. مشکل اصلی در به‌کارگیری این سیستم، امکان خطای بالای آن در شروع کار است. با گذشت زمان و با بررسی نتایج حاصل از اجرای پروژه‌های ارزیابی شده و نیز مقایسه‌ی نتایج با ارزیابی انجام‌شده، این سیستم می‌تواند یادگیری داشته باشد. می‌توان از روش‌های مختلفی همچون اطلاع‌رسانی به افراد خبره برای اصلاح نظرات، وزن‌دهی به افراد خبره براساس کیفیت نظرات، یا ترکیبی از این دو روش برای یادگیری سیستم استفاده کرد.

طراحی مدل

معرفی معیارهای تصمیم‌گیری

با توجه به مدل ارزیابی عملکرد HSE-MS طراحی شده بر مبنای BSC، به‌منظور امکان ارزیابی هر یک از این ابعاد باید معیارها و زیرمعیارهای مطرح در هریک از این ابعاد را شناسایی کرد. با بررسی مدل‌های مطرح شده، تأثیر و عملکرد HSE-MS، به‌صورت معیارها و زیرمعیارهای ابعاد ارزیابی شناسایی و توسعه داده شده‌اند:

- جنبه‌ی سودمندی: یکی از متغیرهای میانی «سودمندی» استفاده از آن است. فواید استفاده دربرگیرنده‌ی سودمندی و تأثیر سیستم‌های مدیریت جامع HSE است. سودمندی به‌صورت «درجه‌یی که سیستم‌های مدیریتی را قادر به بهبود کارایی اجرایی و عملیاتی، تخصیص منابع، و کیفیت خدمات و محصولات می‌سازد» تعریف می‌شود. تأثیر نیز به‌صورت «درجه‌یی که استفاده از سیستم‌های مدیریت HSE فعالیت‌های سازمان را تحت تأثیر قرار داده است» بیان می‌شود. براین اساس، مزیت استفاده به‌صورت فواید به‌دست آمده از طریق استفاده از سیستم‌ها و تأثیر آن‌ها براساس کار سازمان تعریف می‌شود.
- جنبه‌ی مالی: با در نظرگرفتن سه زمینه‌ی راهبردی ترکیب و رشد درآمدها، کاهش هزینه‌ها، و بهره‌برداری از دارایی‌ها درخصوص عملکرد مالی، معیارهای زیر برای این جنبه‌از تأثیر HSE-MS بر سازمان، برمبنای معیارها و زیرمعیارهای چارچوب مبتنی بر BSC پیشنهاد شد:

۱. کاهش زمان پاسخ به درخواست‌ها؛

۲. ارتقاء همکاری میان ذی‌نفعان؛

۳. تسهیل انتقال مستندات؛

۴. امکان گزارش‌گیری و دریافت بازخور سریع؛

۵. بهبود تصمیم‌گیری به‌وسیله‌ی ذی‌نفعان؛

۶. میزان کاهش خسارات غرامات پرداختی به کارکنان؛

۷. میزان کاهش خسارات غرامات پرداختی به سازمان‌های ناظر؛

۸. نرخ بازگشت سرمایه‌ی به‌کارگرفته شده در زمینه‌ی HSE؛

۹. فاصله‌ی پرداخت‌ها تا دریافت‌ها (چرخه‌ی پرداخت به دریافت)؛

۱۰. کاربری ظرفیت (نسبت ظرفیت واقعی به ظرفیت اسمی)؛

۱۱. نسبت درآمد به تعداد نیروی انسانی HSE؛

۱۲. نسبت هزینه‌ی دستمزد نیروی انسانی HSE به فروش.

- جنبه‌ی مشتری: به‌طور کلی معیارهای سنجش وضعیت مشتریان در دو دسته جای می‌گیرند: ۱. دسته‌ی معیارهای اصلی که معیارهای متداولی همچون رضایت مشتری، حفظ مشتری، سودآوری و وفاداری مشتری را شامل می‌شود. ۲. دسته‌ی معیارهای مربوط به سنجش عواملی که برای مشتریان ایجاد ارزش می‌کنند و اساساً تعیین‌کننده‌ی سطح معیارهای اصلی‌اند. برای این جنبه شاخص‌های زیر پیشنهاد شد:

۱. افزایش فرهنگ ایمنی کار؛

۲. کاهش نرخ رفتارهای ناایمن؛

۳. افزایش سطح رضایت‌مندی کارکنان؛

۴. کاهش تعداد شکایات سازمان‌های ناظر؛

۵. کاهش نرخ حوادث شغلی؛

۶. کاهش نرخ ترک کار توسط کارکنان؛

۷. کاهش نرخ غیبت‌های شغلی.

- جنبه‌ی فرایندهای داخلی: از این جنبه، سازمان‌ها باید فرایندهایی را مشخص کنند که با برتری‌یافتن در آنها بتوانند به ارزش‌آفرینی برای مشتریان و نهایتاً ذی‌نفعان خود ادامه دهند. تحقق هریک از اهدافی که در منظر مشتری تعیین می‌شود، مستلزم انجام یک یا چند فرایند عملیات کارآمد و اثربخش است. مدل زنجیره‌ی ارزش عمومی می‌تواند الگویی باشد که مدیران آن را برای شناسایی

فرایندهای کلیدی خود مورد استفاده قرار می‌دهند. شاخص‌های عمومی در سه دسته: فرایند نوآوری، فرایند تولید، و خدمات پس از فروش طبقه‌بندی می‌شوند. برای این جنبه از تأثیر HSE-MS بر سازمان، شاخص‌های زیر انتخاب شدند:

۱. افزایش نرخ مشارکت مشتریان سازمان در ارتقاءHSE؛

۲. نسبت هزینه‌های تحقیق و توسعه در زمینه‌یHSE به میزان فروش؛

۳. میزان دوباره‌کاری؛

۴. درصدی از فرایند که تحت کنترل آماری است؛

۵. نسبت فعالیت‌های واقعی HSE به فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده؛

۶. نسبت هزینه‌ی منابع صرف‌شده برای رعایت اصول و قواعد HSE به میزان کل فروش.

- جنبه‌ی یادگیری و رشد: معیارهای مربوط به یادگیری و رشد دانش سازمانی موجد چارچوبی فرعی برای دست‌یابی به اهداف اولیه، مشتری و فرایندهای داخلی‌اند. به‌عبارتی معیارهای یادگیری و رشد دانش سازمانی نیروی محرکه‌ی دست‌یابی به نتایج برتر در سه حوزه‌ی یادشده هستند.

معیارهای عمومی برای سنجش عملکرد سازمان در ۵ دسته زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

الف) بهبود مهارت کارکنان؛

ب) بهره‌وری کارکنان؛

ج) زیرساخت‌ها و سیستم‌های اطلاعاتی؛

د) انگیزش، اختیارات و هم‌جهتی؛

ه) رضایت کارکنان و حفظ کارکنان.

شاخص‌های در نظر گرفته‌شده برای این جنبه‌ی تأثیر HSE-MS بر سازمان عبارت‌اند از:

۱. میزان اطلاعات در دسترس کارکنان درخصوص HSE(نظیر خطرات موجود، آلاینده‌های زیست‌محیطی، کمک‌های اولیه و...)؛

۲. نسبت تعداد پیشنهادات HSE ارائه‌شده از طرف کارکنان به تعداد کارکنان؛

۳. تعداد پیشنهادات HSE اجرا شده به تعداد کل پیشنهادات؛

۴. درصد افراد هر سطح از سازمان که به اهداف و راهکارهای سازمان اطلاع و آگاهی کامل دارند؛

۵. میزان رضایت‌مندی کارکنان از خدمات HSE؛

۶. نسبت تعداد نیروی کار HSE دارای قابلیت لازم به تعداد نیروهای مورد نیاز؛

۷. نسبت درآمد یا فروش به تعداد نیروی انسانی HSE؛

۸. نسبت تعداد نیروهای کلیدی HSE که درسال سازمان را ترک می‌کنند به تعداد کل نیروهای کلیدی؛

۹. نسبت هزینه‌ی آموزش‌های HSE به تعداد نیروی انسانی.

- جنبه‌ی سیستم: کیفیت اطلاعات و کیفیت سیستم به‌عنوان دو متغیر از مدل موفقیت HSE-MS انتخاب شدند.

سلسله‌مراتب تعیین قوانین

مدل موجود باید قادر به محاسبه‌ی تأثیرکلی هر پروژه‌ی HSE-MS بر سازمان باشد. برای محاسبه‌ی امتیاز کلی پروژه باید تأثیر پروژه بر هریک از محورهای مدل BSC مشخص شود. هریک از اهداف بانک محورهایی دارد که پروژه از طریق تأثیر بر آنها منجر به تغییر در سطح هدف بانک می‌شود. بنابراین می‌توان مدل سطح ۱ ارزیابی را مطابق شکل ۴ نشان داد.

برای سنجش هر پروژه لازم است میزان تأثیر پروژه بر زیرمعیارها تعیین شود. برای زیرمعیارها تعدادی فاکتور عملیاتی انتخاب شده است به‌گونه‌یی که بتوان به‌سهولت تأثیر مستقیم پروژه بر آنها را تعیین کرد. زیرمعیارها در قالب پرسش‌نامه‌هایی برای افراد خبره ارسال می‌شوند و پس از تکمیل، به‌عنوان ورودی مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند. مثلاً برای جنبه‌ی مالی دو زیرمعیار «سودمندی» و «تأثیر» وجود دارد. سؤالات زیر به‌عنوان ورودی‌های کمّی‌کننده‌ی هرکدام از این دو جنبه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرند:

مالی

سودمندی (سؤالات با پاسخ‌های ۳ گزینه‌یی: خیر، تا حدی، بسیار زیاد)

۱. آیا HSE-MS باعث بهبود کارایی اجرایی سازمان شما می‌شود؟

۲. آیا HSE-MS باعث افزایش بهره‌وری سازمان شما می‌شود؟

۳. آیا HSE-MS تخصیص منابع را در سازمان شما بهبود می‌دهد؟

۴. آیا HSE-MS سطح خدمات درونی سازمان شما را ارتقاء می‌دهد؟

۵. آیا HSE-MS سطح خدمات خارجی سازمان شما را ارتقاء می‌دهد؟

۶. آیا HSE-MS سازمان شما را قادر به بهبود کیفیت محصول می‌سازد؟

تأثیر (سؤالات با پاسخ‌های ۳ گزینه‌یی: خیر، تا حدی، بسیار زیاد)

۱. آیا HSE-MS بر دریافت، انبار و پخش ورودی‌های محصول (مواد اولیه، انبارداری و ..) تأثیرگذار بوده است؟

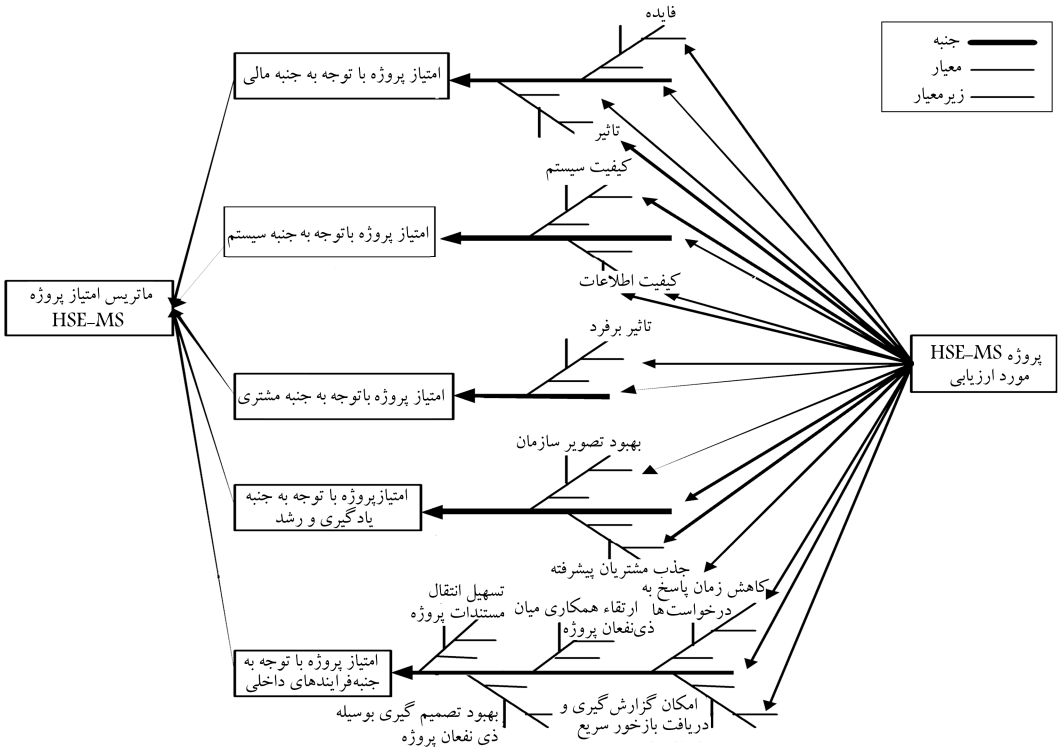
۲. آیا HSE-MS بر استخدام، آموزش، توسعه و پاداش کارکنان تأثیرگذار بوده است؟

۳. آیا HSE-MS بر تعامل و هماهنگی فعالیت‌های مرتبط با تأمین‌کنندگان تأثیرگذار بوده است؟

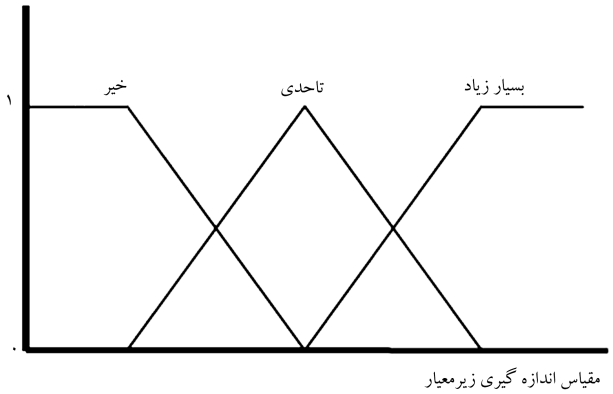
۴. آیا HSE-MS بر تعامل و هماهنگی فعالیت‌های مرتبط با مشتریان تأثیرگذار بوده است؟

نحوه‌ی انجام محاسبات

برای ارزیابی تأثیر پروژه‌های HSE-MS بر سازمان‌ها، پنج جنبه و تعداد زیادی معیار و زیرمعیار باید بررسی شود. زیرمعیارها ورودی مدل هستند که باید توسط کارشناسان کمّی شوند. از آنجا که کمّی‌سازی دقیق این ورودی‌ها ممکن نیست، استفاده از متغیرهای فازی می‌تواند برای انجام محاسبات مناسب باشد. روابط بین سطوح مختلف مدل را می‌توان با قوانین فازی بیان کرد. برای این منظور، کلیه‌ی متغیرهای ورودی به‌صورت یک تابع مرکب فازی (از یک مثلث و دو ذوزنقه) کمّی می‌شوند. تابع عضویت هر متغیر را می‌توان مطابق شکل ۵ نشان داد.



شکل ۴. بخشی از مدل سطح ۱ ارزیابی.



شکل ۵. تابع عضویت متغیرها.

	متغیر ورود						پاسخ خروجی
	بهبود کارایی اجرایی سازمان	بهبود بهره وری سازمان	بهبود تخصیص منابع	ارتقاء شاخص های ایمنی سازمان	ارتقاء سطح حفاظت از محیط زیست	بهبود کیفیت محصول	میزان تغییر در فایده
حالت متغیر	n	n	N	n	n	n	n
	n	n	n	n	n	m	n
	n	n	n	n	m	n	n
	n	n	n	M	n	n	n
	...						

جدول ۱. معرفی تعدادی از قوانین فازی.

تابع عضویت هرکدام از متغیرها را می‌توان چنین نوشت:
زیرمعیار x: {n، m، h} که در آن n به‌معنای بی‌تأثیر بودن، m به‌معنای تأثیر متوسط، و h به‌معنای تأثیر بسیار زیاد است.

گام بعد به استنتاج اختصاص دارد. مطالعات مختلفی برای تعیین تأثیر HSE-MS برجنبه‌های مختلف عملکردی انجام شده است. بررسی نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که روابط بین سطوح مختلف تأثیر را نمی‌توان به‌طور قطعی بیان کرد. بنابراین استفاده از استنتاج فازی ابزاری مناسب برای کمّی‌کردن روابط بین سطوح مختلف است. باید با جمع‌بندی و استنتاج از متغیرهای فازی ورودی، مقدار متغیر میانی فازی را مشخص کرد و سپس با جمع‌بندی این متغیرهای فازی میانی می‌توان هریک از جنبه‌های پنج‌گانه‌ی ارزیابی عملکرد سازمان براساس کارت امتیازی متوازن را مشخص کرد. جدول ۱ نمونه‌یی از قوانین فازی را نمایش می‌دهد.

محاسبات ریاضی و گام‌های محاسبه‌ی متغیر خروجی

در سیستم خبره‌ی مطرح شده از قوانین فازی برای تصمیم‌گیری استفاده شده است. مجموعه قوانین در یک سیستم خبره‌ی فازی تشکیل‌دهنده‌ی پایگاه دانش هستند. همان‌طورکه بیان شد صورت کلی قوانین کنترل فازی عبارت است از:

If x is low and y is high then z=medium

که در آن x و y متغیرهای ورودی، z متغیر خروجی، وlow، high وmedium به‌ترتیب توابع عضویت مربوط به x، y و z هستند. محاسبه‌ی متغیر خروجی نیازمند پیمودن گام‌های زیر است:[۲۰]

۱. فازی‌سازی متغیرهای ورودی: در این قدم درجه‌یی که متغیر ورودی با شرایط قوانین فازی هماهنگ است تعیین می‌شود.

۲. استنتاج از قواعد موجود (تعیین قواعد اگر... آنگاه و ارزیابی قواعد): از آنجا که ممکن است هر متغیر ورودی به بیش از یک متغیر زبانی مربوط باشد، باید ورودی‌های را کدگذاری کرد.

۳. انبوهش و تعیین خروجی: برای تعیین این که چه عمل کنترلی باید به‌عنوان نتیجه‌ی استنتاج شده از چند قاعده اعلام شود، از انبوهش یا رفع تضاد استفاده می‌شود.

۴. فازی‌زدایی: در این گام متغیرهای فازی به یک عدد قطعی تبدیل می‌شوند. روش‌های مرکز مساحت زیر منحنی، میانگین ماکزیمم و روش فازی‌زدایی ارتفاع ازجمله روش‌هایی هستند که می‌توان برای فازی‌زدایی از آنها استفاده کرد. بیان ریاضی موارد فوق در ادامه ارائه شده است.[۲۱]

فرض کنید قوانین سیستم مورد نظر از $U_1 * U_2 * ... * U_n$ به W فضای متغیرهای مد نظر مدل باشد. قوانین با رابطه‌ی ۱ بیان می‌شوند:

$$R_i : \text{if } x_i \text{ is } A_{i1} \text{ and } ... \text{ and } x_r \text{ is } A_{ir} \text{ then y is } C_i \qquad (۱)$$

که در آن $x_i(i=1,2,...,r)$ متغیرهای ورودی، y متغیر خروجی و $A_{ij}(i=1,2,...,r)$، C_i مجموعه‌های فازی برای x_i و y هستند. اگر ورودی‌های به‌صورت x_1 is A'_1, x_2 is A'_2,...,x_r A'_r, is باشند، A'_1 تا A'_r نیز زیرمجموعه‌های فازی U_1 تا U_r خواهند بود. انبوهش قانون R_i به خروجی یک مجموعه فازی است که تابع عضویت آن طبق رابطه‌ی ۲ نشان داده شده است:

$$\mu_{C'_i}(y) = (\alpha_{i1} \wedge \alpha_{i2} \wedge ... \wedge \alpha_{in})(\mu_{C_i}(y)) \qquad (۲)$$

که در آن α_{ij} درجه‌ی هم‌خوانی بین x_j و شرایط R_i است. x_j طبق رابطه‌ی ۳ محاسبه می‌شود:

$$\alpha_{ij} = \sup(\mu_{A'_g}(x_j) \wedge \mu_{A_{ij}}(x_j)) \qquad (۳)$$

که در آن ∧ یک عملگر فازی و sup به‌معنای عملگر بیشینه‌ی دائمی است. مجموعه‌ی فازی متغیر خروجی را می‌توان با انبوهش خروجی کلیه‌ی قوانین با استفاده از یکی از روش‌های فازی‌زدایی مانند روش بیشینه به دست آورد:

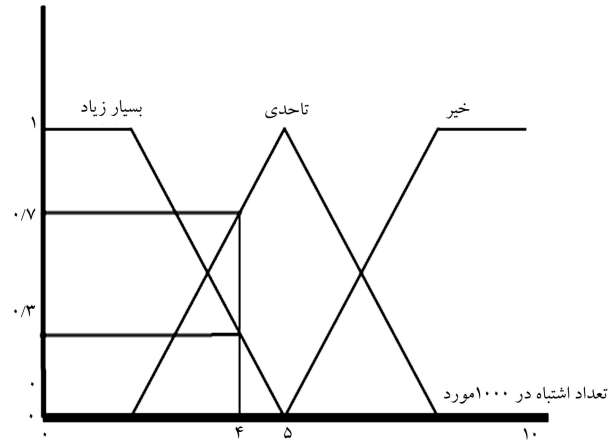
$$\mu_C(y) = \max\{\mu_{C'_1}(y), \mu_{C'_2}(y), ..., \mu_{c'_L}(y)\} \qquad (۴)$$

مقدار قطعی برای y_c را می‌توان از رابطه‌ی ۵ به دست آورد:

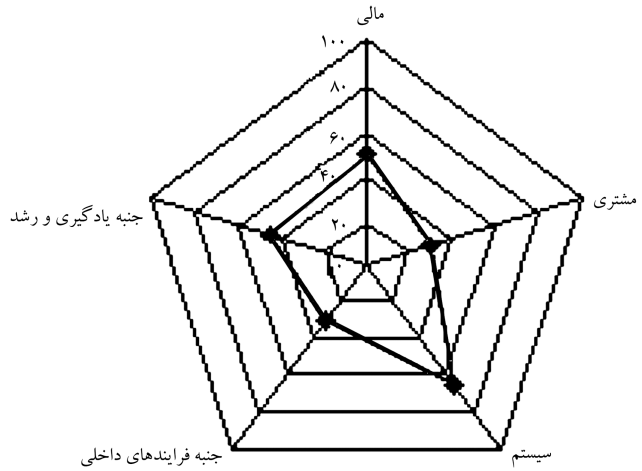
$$\mu_C(y_C) = \sup_y \mu_C(y) \qquad (۵)$$

برای مثال فرض کنید یکی از متغیرهای ورودی مدل مانند کیفیت داده‌ها، مقداری برابر ۴ اشتباه در هزار داشته باشد. این مقدار ابتدا باید به کمیت فازی تبدیل شود. همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، مقدار ۴ هم متوسط محسوب می‌شود و هم خیلی زیاد؛ اما میزان متوسط‌بودن آن بیشتر از میزان شدت‌اش است. با ورود دو مقدار متوسط و بسیار زیاد به مدل باید خروجی‌یی متناسب براساس قواعد فازی تعیین کرد. براساس قوانین فازی:

۱. «اگر کیفیت اطلاعات خیلی زیاد باشد، و کیفیت سیستم نیز خیلی زیاد باشد، آنگاه امتیاز پروژه با توجه به جنبه‌ی سیستم بالا خواهد بود».



شکل ۶. تابع عضویت کیفیت سیستم و کمّی‌کردن امتیاز ارائه شده به آن.



شکل ۷. نمونه‌یی از خروجی مدل.

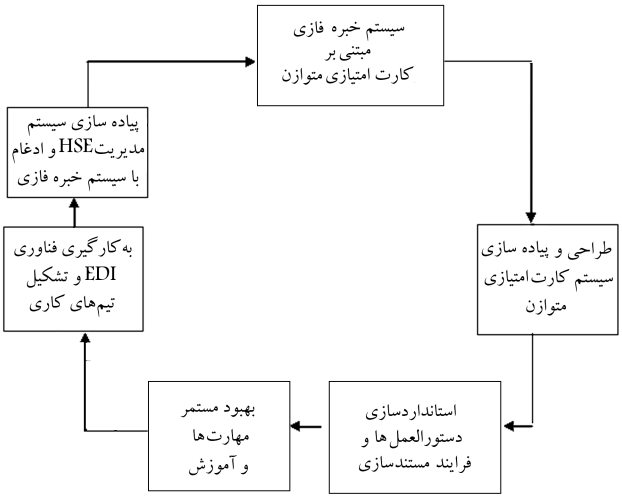
۲. «اگر کیفیت اطلاعات متوسط باشد، و کیفیت سیستم خیلی زیاد باشد، آنگاه امتیاز پروژه با توجه به جنبه سیستم بالا خواهد بود».

برای کسب استنتاج صحیح از دو قانون فوق، باید با انجام انبوهش، خروجی مربوطه تعیین شود. خروجی مربوطه در نهایت فازی‌زدایی می‌شود. در این حالت اگر به حالت «خیلی زیاد» امتیاز ۱۰۰ و به حالت «متوسط» امتیاز ۵۰ تعلق گیرد، مدل با ورودی ۴ اشتباه در کلمه، امتیازی برابر $۶۵^{۱۰}$ برای جنبه‌ی سیستم/فنّاوری ایجاد خواهد کرد.

یادآور می‌شود که خود کیفیت سیستم دارای یک سری زیرمعیار بررسی است که سطح بررسی باید به این زیرمعیارها برسد. ترکیب امتیازات و انجام محاسبات فازی باید در سطوح مختلف انجام شود تا در نهایت بتوان یک نمودار راداری برای جنبه‌های مختلف عملکرد تهیه کرد. کمّی‌کردن کلیه معیارها در مدل می‌تواند منجر به خروجی‌یی مطابق شکل ۸ شوند.

استفاده از این خروجی به همراه در نظرگرفتن سایر فاکتورها مانند زمان اجرا، هزینه اجرا و توانایی تیم اجراکننده، می‌تواند کمک مدیریت در اتخاذ راهکار مناسب باشد.

مدل ارائه‌شده به مرور زمان منبعی از دانش خواهد شد. با جمع‌آوری نظر کارشناسان و مقایسه‌ی نظرات با نتایج واقعی، می‌توان به هرکارشناس وزن خاصی



نمودار ۱. ساختار مدل جامع.

تخصیص داد تا نتایج کسب‌شده از مدل به صحت بالاتری دست یابند. همچنین می‌توان کارشناسان را نسبت به ضعف پیش‌بینی و امتیازدهی‌شان آگاه کرد و از آنها خواست نظرات آتی خود را با توجه به انحرافات موجود در امتیازدهی به پروژه‌های قبلی اصلاح کنند. ساختار مدل یک‌پارچه در نمودار ۱ ارائه شده است.

نتیجه‌گیری

کیفیت و اثربخشی سیستم‌های بهداشت، ایمنی و محیط زیست، عامل حیاتی و مهم در تحقق اهداف آن است.[۲۲] بالا بودن هزینه‌های مورد نیاز برای ارائه‌ی خدمات و محصولات گوناگون و پایین‌بودن اثربخشی سیستم‌ها، باعث تمرکز بر فعالیت‌هایی برای ارتقاء عملکرد سیستم‌ها شده است.[۲۳] توجه به نتایج و تحقق اهداف، بهبود مستمر کیفیت خدمات و محصولاتی که سیستم‌ها ارائه می‌کنند، و همچنین تأمین رضایت مشتریان داخلی و خارجی، انجام هدف‌مند امور، توجه به عملکرد سیستم و ارزیابی آن‌را الزامی می‌سازد.

استفاده از مدل ارائه‌شده می‌تواند سرمایه‌گذاری در سازمان‌ها را جهت‌دهی کند. بررسی‌های انجام‌شده نشان داد تاکنون برای ارزیابی تصمیم‌گیری در حوزه‌ی HSE-MS در سازمان‌ها از چنین مدل‌هایی استفاده نشده است. طرح چنین مدلی می‌تواند گامی موثر در افزایش اثربخشی پروژه‌های اجرایی HSE-MS سازمان‌ها باشد. برای تهیه‌ی مدل از سیستم خبره‌ی فازی استفاده شده است. با این که ممکن است خطای این سیستم در ابتدای کار زیاد باشد، اما با مرور زمان و شناخت نحوه‌ی تأثیر پروژه‌ها بر اهداف می‌توان امتیازدهی صحیح‌تری انجام داد. برای ادامه‌ی کار لازم است مدل توجه بیشتری به اهداف و راهکارهای سازمان در تصمیم‌گیری بکند. ورود سایر فاکتورهای تصمیم‌گیری به مدل می‌تواند عملکرد مدل را بهبود دهد. همچنین لازم است نرم‌افزاری کارا برمبنای مدل ارائه‌شده تهیه شود.

پانوشت

1. health, safety and environment management system
2. balanced score card
3. quality management system
4. environment management system
5. occupational health and safety management system
6. statistical discriminant analysis model
7. non parametric linear discriminant analysis
8. connectionist approach
9. decision - support system
10. $۱۰۰ * (۱ - (۵ * ۰/۷ + ۰ * ۰/۳)) = ۶۵$

منابع

1. Azadeh, M.A. "Creating highly reliable manufacturing systems: An integrated approach. reliability", *Quality and Safety*, **7**(1), pp. 205-222 (2000).
2. Davis, M.L., and Cornwell, D.A. *Introduction to Environmental Engineering*, 3rd ed, Canada: McGraw-Hill Inc, pp. 52-68 (1998).
3. Blair, E.H. "Achieving a total safety paradigm through authentic caring and quality", *Professional Safety,* **41**(5), pp. 24-27 (1996).
4. Jackson, S.L. *The ISO 14001 Implementation Guide: Creating an Integrated Management System,* USA: John Wiley and Sons Inc, pp. 132-148 (1997).
5. Pollock, R.A. "Making safety matter", *Occupational Hazards,* **57**(10), pp. 193-198 1995.
6. Roberge, C.L. "It's all about attitude", *Industrial Distribution,* **88**(5), pp. 122-126 (1999).
7. Velury, J. "ISO 9000; focusing on quality systems", *Industrial Management,* **38**(6), pp. 11-15 (1996).
8. Redinger, C., Levine, S. "Development and evaluation of the Michigan occupational health and safety management system assessment instrument: A universal OHSMS performance measurement tool", *AIHA Journal*, **59**, pp.572-581 (1998).

9. Azadeh, A.; MohammadFam, I., and Garakani M.M. "A total ergonomic design approach to enhance the productivity in a complicated control system", *Information Technology Journal,* **6**(1), pp. 1042-1050 (2007).
10. Azadeh, A., and MohammadFam, I. "A framework for development of intelligent human engineering environment", *Information Technology Journal,* **5**(2), pp. 290-299 (2006).
11. Cox, S.; Jones, B., and Rycraft, H. "Behavioral approaches to safety management within UK reactor plants. Safety Science", **42** (6), pp. 825-839 (2004).
12. Holdsworth, R. "Practical applications approach to design, development and implementation of an integrated management system", *J Hazard Mater,* **104**, pp. 93-205 (2003).
13. Sissell, K. "One size fits all: Unifying ISO management", *Chemical Week,* **158**(13), pp. 27-36 (1996).
14. Kaplan, R., and David, N. "The strategy map: Guide to aligning intangible assets", *Strategy & leadership,* **32**(5), pp. 10-17 (2004).
15. Neely, A., and Bernard, M. "Automating the balanced scorecard-selection criteria to identify appropriate software applications", *Measuring Business Excellence.* **7**(3), pp. 29-36 (2003).
16. Nakayama, M. "An assessment of EDI use and other channel communications on trading behavior and trading partner knowledge", *Inform Manage,* **40**, pp. 563-580 (2003).
17. Foltin, C., and Garceau, L. "Beyond expert systems: Neural networks in accounting", *National Public Accountant,* **41**(6), pp. 26-32 (1996).
18. Blanning, R.W. "Management applications of expert systems", *Information and Management,* **7**, pp. 311-316 (1984).
19. Santhanam, R., and Elam, J. "A survey of knowledge-based systems research in decision sciences (1980-1995)", *Journal of the Operational Research Society,* **49**(5), pp. 445-457 (1998).
20. Lee, M. "Expert system for nuclear power plant accident diagnosis using a fuzzy inference method", *Expert Systems,* **19**(4), pp. 201-207 (2002).
21. Zadeh, Lotfi A. "Toward a generalized theory of uncertainty (GTU)-An outline", *Information Sciences,* **172**(1-2), pp. 1-40 (2005).
22. Craddock, H. "Safety hand in hand with quality", *Quality World,* **23**(7), pp. 558-560 (1997).
23. Azadeh, A.; Nouri, J., and MohammadFam, I. "The impacts of total system design factors on human performance in power plants", *American Journal of Applied Sciences,* **2**(3), pp. 1301-1304 (2005).