کنفرانس ملی پژوهش های نوین در
مدیریت و مهندسی صنایع
۲۱ آذر ۱۳۹۷ – اصفهان
ISC
۹۷۱۸۰-۷۲۴۰۱

کاربرد تکنیک های MCDM برای رتبه‌بندی و تعیین ضرایب HSE واحدهای تولیدی یک مجتمع صنعتی

علی کریمی
کارشناس ارشد ایمنی صنعتی- دانشگاه علم و هنر یزد
ali.karimi280@yahoo.com
علی منصوری‌درآمدی
کارشناس ارشد ایمنی صنعتی- دانشگاه علم و هنر یزد
a.mansoori2017@gmail.com
مهدی محمدی هویه
دانشجوی دکتری مهندسی مواد – دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
Mohammadimahdi82@yahoo.com
محسن فرقانی
دکتری مهندسی صنایع- عضو هیئت علمی دانشگاه یزد
forghani_mnik@yahoo.com

Archive of SID

چکیده:
تعیین وضعیت عملکرد کمی، یکی از ملزومات، برای بهبود مستمر هر سیستم مدیریتی بوده و سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست (HSE[1]) نیز از این امر مستثنی نمی‌باشد. برای اندازه‌گیری عملکرد سیستم مدیریتHSE، شاخص‌هایی از جمله شاخص‌های مربوط به حوادث، درصد و میزان شیوع بیماری‌های شغلی، آلودگی‌های محیط‌زیستی و ... وجود داشته و کم و بیش نیز در حال حاضر از این شاخص‌ها برای اندازه گیری عملکرد HSE سازمان‌ها استفاده می‌شود. نکته قابل‌توجه این است که این شاخص‌ها برای اندازه‌گیری عملکرد اختصاصی پارامترهای اصلی ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست استفاده گردیده و نمی‌تواند گویای نمای کلی عملکرد HSE سازمان باشد. به عبارت دیگر، در حال حاضر شاخص‌های بکارگیری شده به صورت اختصاصی فقط عملکرد حوزه ایمنی یا دیگر حوزه‌ها همانند بهداشت و محیط‌زیست را اندازه‌گیری می‌نمایند. نکته دیگر این است که از شیوه‌های کنونی، نمی‌توان برای مقایسه عملکرد HSE واحدهای صنعتی با تولیدات و فرآیندهای متفاوت استفاده نمود. در این مقاله از روشهای تصمیم گیری چند معیاره (MCDM[2]) استفاده شده و 9 کارخانه زیرمجموعه یک مجتمع صنعتی بزرگ از طریق 20 معیار مختلف، وضعیت HSE آنها مقایسه و رتبه بندی گردیده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که استفاده از روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره علاوه بر اینکه بطور اثربخش واحدهای صنعتی با تولیدات و فرآیندهای متفاوت از نظر HSE را رتبه‌بندی می‌کند، یک ضریب HSE نیز برای هر یک از واحدها تعیین می‌نماید.

کلمات کلیدی: عملکرد HSE، رتبه‌بندی، ضریب HSE، تصمیم‌گیری چندمعیاره

[1]Health, Safety & Environment
[2] Multiple Cretaria Decision Making

www.SID.ir

مقدمه:

سازمان بین المللی کار ایمنی را میزان، یا درجه دوری از خطر و سازمان بهداشت جهانی واژه سلامت را رفاه کامل جسمی، روانی و اجتماعی و نه تنها فقدان بیماری و یا ناتوانی تعریف کرده است.

محیط زیست عبارت است از محیطی شامل هوا، آب، خاک، منابع طبیعی، گیاهان، جانوران، انسانها و روابط بین آنها که سازمان در آن فعالیت می نماید(متن استاندارد ISO 14001:2015).

هرگونه کار و فعالیت انسان به هر میزان و یا درجه‌ای می‌تواند ایمنی، سلامت و محیط‌زیست خود، همکاران، دیگر افراد جامعه و اکوسیستم‌های موجود را تحت تأثیر قرار دهد. اهمیت پیشگیری حوادث ناشی از کار، بیماریهای شغلی، تخریب محیط‌زیست و هدررفت منابع طبیعی، همچنین تصویب، بکارگیری و پایش الزامات قانونی سخت‌گیرانه ملی و بین‌المللی در اقصی نقاط جهان، اغلب سازمانها را وادار نموده است که در کنار دیگر فرایندها و سیستمهای کاری خود، فرایند، سیستم، مدیریت و یا معاونتی مستقل با هدف و مأموریت پیشگیری از به خطر افتادن جان کارکنان، تأمین، حفظ و ارتقاء سلامت آنها، پیشگیری از تخریب و آلودگی محیط زیست و . . . برقرار نمایند.

امروزه سیستم مدیریت علمی و پیشرفته‌ای یافت نمی‌شود که بر بهبود مستمر و روزافزون تأکید نداشته باشد. بهبود مستمر مورد نظر سیستمهای مدیریت مدرن، بر نکاتی همچون تعیین وضعیت موجود ترجیحاً بصورت کمی، تعیین وضعیت مطلوب ترجیحاً از طریق مقایسه با بهترین‌ها و برنامه‌ریزی و پایش متقن، به منظور رسیدن به وضعیت مطلوب، پافشاری می‌نمایند. سیستم مدیریت و یا فرایند HSE سازمانها نیز از این مقوله پیروی نموده و بایستی همواره تعیین کمی وضعیت موجود، تعیین وضعیت مطلوب با مدنظر قرار دادن عملکرد بهترین‌ها و برنامه‌ریزی دقیق برای رسیدن به وضعیت مطلوب را مورد توجه جدی قرار دهد.

تعیین عملکرد و مقایسه کمی برای اغلب فرایندها همچون تضمین کیفیت، تولید و . . . از طریق شاخص‌های متداول، رایج و شناخته شده‌ای همچون بهره‌وری، میزان تولید، میزان درآمد و . . . محاسبه و تعیین می‌شود. لیکن در حوزه HSE شاخص واحدی که بتواند عملکرد HSE را بصورت کمی، جامع و یکپارچه بیان نماید بکارگیری و توسعه نیافته است.

از آنجایی‌که تعیین عملکردHSE واحدهای صنعتی کاربردهای فراوانی از قبیل (محاسبه میزان عملکرد کلی واحدها، اطمینان از انتخاب صحیح برنامه‌ها، تخصیص منطقی اعتبارات، تخصیص اصولی مبالغ کارانه و پاداش، پایش اهداف HSE و چشم‌انداز سازمان، تمرکز مناسب بر واحدها براساس اهمیت HSE آنها، مقایسه عملکرد HSE واحدها و . . .) داشته، تعیین عملکرد HSE باید بصورت منطقی، اصولی و علمی انجام شود تا سازمان در این زمینه دچار انحراف نشود.

بدیهی است که اگر ماهیت فعالیتها، تولیدات و فرایندهای واحدهای صنعتی مشابه و همسان باشند، به تبع آن ماهیت ریسکها، خطرات ایمنی، عوامل زیان‌آور و . . . آن واحدها نیز مشابه و در یک گروه قرار گرفته و مقایسه وضعیت HSE آنها از طریق شاخصهای متداول کنونی همچون ضرایب حادثه، درصد بیماریهای شغلی، شاخص های آلودگی آب و پساب و. . . از نظر علمی بلامانع می‌باشد. لیکن برای برخی سازمانهای صنعتی همانند مجتمع صنعتی مورد مطالعه که هرکدام از واحدها، دارای تولیدات و فرایندهای متفاوت است، ابتدا باید روشی برای قابل مقایسه‌سازی داده‌های مورد نظر تعیین شود، سپس از طریق آن روش به صورت اصولی، عملکرد HSE واحدها بصورت کمی محاسبه و بیان شود.

در این پژوهش این خلاء با بهره‌گیری از نظرات متخصصین HSE و متخصصین آشنا با معیارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره مرتفع شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

از این رو برای مقایسه، تعیین ضرایب و رتبه بندی HSE واحدهای مختلف مجتمع صنعتی مورد مطالعه از تکنیکها و روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شده و واحدها برپایه تکنیک SAW[1] رتبه‌بندی شده و سپس یک بار دیگر داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از تکنیک TOPSIS[2]ارزیابی شده و نتایج حاصل از هر دو تکنیک با همدیگر مقایسه شده‌اند.
چارچوب این مطالعه بدین‌گونه است که ابتدا شاخص‌هایی که می‌بایست در رتبه‌بندی واحدها بکارگیری شوند را مشخص نموده، سپس داده‌های مورد نیاز برای هر یک از شاخص‌ها را حتی‌المقدور بصورت کمی جمع‌آوری و ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل شده است. سپس تجزیه تحلیل اصلی با روش SAW انجام شده و برای اطمینان از صحت نسبی نتایج مجدداً داده‌ها با تکنیک TOPSIS مورد تجزیه و تحلیل مجدد قرار گرفته و در پایان نیز نتیجه‌گیری به عمل آمده است.

مروری بر مطالعات گذشته:

اندازه‌گیری وضعیت عملکرد HSE ریشه در موضوع اندازه‌گیری مباحث و موضوعات کیفیت دارد(Berwick et al, 2003).
تحقیقات نشان داده است که اندازه‌گیری عملکرد از زمان مطرح شدن مدیریت و کسب و کار رواج پیدا نموده است (Chong,2008).
بر خلاف روشهای متداول سنجش عملکرد HSE، آقای هاپکینز[3] در سال 2007، ابهامات موجود در استفاده از معیارهای کلیدی HSE و طبقه بندی آنها را تشریح نموده است(Hopkins,2009).
محور اصلی تعیین عملکرد در موضوعات کیفیت، تعریف شاخصها، اقدامات، روش‌ها و معیارها می‌باشد. ولی در سنجش عملکرد HSE، مطالعات جدید بیشتر بر شاخص های کلیدی موثر بر عملکرد HSE متمرکز شده است(Juglaret et al,2011).
کاظمی و همکاران در سال 1393 مطالعه‌ای با عنوان بررسی و رتبه‌بندی مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست در پارکهای شهری اهواز با روش دلفی[4] انجام و بعد از حذف شاخص‌های کم اهمیت، معیارها و شاخص‌های شناسایی شده را نهایی نموده‌اند. سپس با استفاده از تکنیک فرایند سلسله مراتبی بر اساس دیدگاه 10 نفر از خبرگان و براساس مقایسه‌های زوجی به اولویت‌بندی شاخص‌ها اقدام و در انتها برای انتخاب بهترین گزینه از نظر محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی از روش TOPSIS استفاده و بهترین پارک را مشخص و پارکهای شهری مورد رتبه بندی HSE قرار گرفته اند(کاظمی و همکاران، 1396).
مطالعه‌ای توسط مسلمان‌یزدی و همکاران با عنوان بررسی نقش ریسک و خطرات در ارزیابی سیستم مدیریت HSE در شرکتهای پیمانکاری نفت و گاز شرکت ملی نفت ایران با بهره‌گیری از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام شده است. در این پژوهش با بررسی زیرمولفه‌های HSE و همچنین رابطه‌های آنها با یکدیگر و سایر عناصر سیستم مدیریت به بررسی جایگاه و نقش ریسک و خطرات پرداخته شده است و در نهایت با استفاده از روش ANP[5] و نرم افزار Super decisions روابط بین آنها بدین صورت مشخص گردیده که نقش ریسک با درصد وزنی نسبتاً بالایی از مهمترین فاکتورهایی است که در رابطه با تصمیم‌گیری مدیران باید لحاظ شود(مسلمان یزدی و همکاران، 1394).
یاراحمدی و همکاران در سال 1394 مطالعه‌ای با هدف اولویت‌بندی شاخص‌های مدیریت بهداشت و ایمنی شغلی در صنعت ساخت و ساز مبتنی بر تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام داده‌اند. روش بررسی بدین صورت بود که برای ارزیابی عملکرد بهداشت و ایمنی در صنعت ساخت و ساز، شاخص های عملکردی از میان لیست مبسوط شاخص ها، کلیدسازی و انتخاب گردیده اند. پس از آن شاخص های کلیدسازی شده با کمک ویژگیهای قابل قبول اهداف (SMART[6]) وزن‌دهی و با روش TOPSIS،

[1] Simple Additive Weighting
2 Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
3 Hopkins
4 Delphi
5 analytic network process
[6] Specific, Measurable, Achievable, realistic, time bounded

Archive of SID
www.SID.ir

اولویت بندی شده‌اند. نتایج اثربخش و کاربردی بودن این روش را در رشته مهندسی بهداشت حرفه ای به سهولت نمایش داده است(یاراحمدی و همکاران، 1394).

در سال 2015 مطالعه‌ای با هدف تعیین شاخص‌های کلیدی سیستم مدیریت HSE و عناصر تشکیل دهنده آن (مدیریت تغییر، توسعه رهبری، مدیریت پیمانکاران، واکنش اضطراری و. . .) توسط پوجورسکی[1] انجام شده است. نکته حایز اهمیت در این مطالعه این است که شاخص‌ها و معیارهای انتخابی باید بگونه‌ای باشند تا اثربخشی هریک از اجزاء و عناصر تشکیل دهنده سیستم مدیریت HSE را بصورت متمایز نمایان کنند(Podgorski,2015).

سطح ایمنی در فعالیتهای ساخت و ساز، بطور کل تحت تأثیر 4 عامل محیط، فرهنگ، نگرش و رفتار ایمنی است. در مطالعه وو[2] و همکاران در سال 2015 با استفاده از تکنیکها و روش های MCDM میزان تأثیرگذاری هر کدام از عوامل مذکور رتبه بندی شده است(Wu et al,2015).

در سال 1395برای بکارگیری شیوه‌ای علمی به منظور ارزیابی پیمانکاران از منظر HSE مطالعه ای با هدف ارایه الگویی برای انتخاب پیمانکاران از دیدگاه HSE توسط محمودی و همکاران با بهره گیری از روش Focus Group انجام و مدل اولیه ارزیابی عملکرد سیستم مدیریت HSE طراحی شده است. این مدل برای سه پیمانکار اصلی گروه مپنا مورد تست و تصدیق قرار گرفته است. الگوی بدست آمده با شناسایی نقاط ضعف و قوت سازمان در زمینه HSE و اولویت بندی پروژه های بهبود و همچنین نظارت بر روند و سرعت بهبود در مسیر تعالی سازمانی، امکان ارتقاء شاخص های HSE سازمان را فراهم آورده است (محمودی و همکاران، 1395).

جلالوند و همکاران، با توجه به فراگیر بودن و گستردگی حوادث در پروژه های عمرانی، در پژوهشی نسبت به مدیریت ریسک و ارزیابی چالشهای ایمنی و رتبه بندی آنها در پروژه های فرمانداریهای جنوب استان سیستان و بلوچستان به روش AHP[3]پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان می دهد که عدم استفاده از لوازم حفاظت فردی و عملکرد ضعیف تیم های HSE اولویتهای اول و دوم بروز حوادث و همچنین اعمال ناایمن با 55 % شرایط ناایمن با 30% و علل سیستمی با 15%، علل بروز حوادث را تشکیل داده اند(جلالوند و محمدی‌زاده، 1396).

ژنگ[4] و همکاران مطالعه‌ای با هدف کاربرد روش AHP ذوزنقه‌ای برای ارزیابی ایمنی کار و هشداردهی محیط‌های گرم و مرطوب در سال 2011 انجام داده‌اند. در این پژوهش از یک چارچوب ارزیابی ایمنی براساس 3 عامل اصلی (کار، محیط، کارگر) و 10 زیرعامل دیگر انجام شده است. نتایج نشان داده که استفاده از این روش، بعنوان یک روش علمی جدید برای ارزیابی ایمنی کار و هشداردهی در محیط گرم و مرطوب، ارزیابی ها را جامع و منطقی و اثربخش می سازد(Zheng et al, 2012).

آزاده و همکاران در سال 2015 بمنظور شناسایی بهترین روش های تصمیم گیری و کار تیمی در رابطه با برنامه HSE، ضمن جمع آوری شاخص های کیفی حوزه های HSE و تکمیل پرسش نامه توسط کارکنان، مدل اثربخش تصمیم گیری ناشی از آنالیز جامع داده ها (DEA[5]) برای حوزه های HSE و ارگونومی ابداع و بکارگیری نموده اند(Azadeh et al, 2015).

امیرحیدری و همکاران در سال 2016 یک چارچوب جدید برای اندازه‌گیری و تعیین منطقی عملکرد HSE براساس روابط محاسباتی از طریق ترکیب نمودن تکنیکهای کیفی و کمی ابداع نموده‌اند. این روش بر اساس راهبرد «تنبیه و تشویق» عناصر عملکردی مثبت و منفی را برای محاسبه شاخص عملکردی HSE را جمع‌آوری و برای اندازه‌گیری عملکرد HSE سه شرکت حفاری به صورت موردی بکارگیری شده و کاربردی بودن آن اثبات شده است(Amir-Heidari et al, 2017).

1 Podgorski
2 Wu
3 Analytic hierarchy process
4 Zheng
5 Data envelopment analysis

Archive of SID
www.SID.ir

برای آنالیز مشکلات و معضلات مربوط به طراحی ذاتاً ایمن، آبیدین[1] و همکاران در سال 2016 با بهره گیری از معیارهای تصمیم گیری چندگانه و تکنیک TOPSIS راهی به منظور دستیابی به کارآیی ایمن تر و مقرون به صرفه ابداع نموده اند. در این روش به سهولت توانایی TOPSIS برای مقابله با تعدد معیارها، اثبات گردیده است(Abidin et al, 2016).
مطالعه‌ای با هدف شناسایی شاخص‌های جامع عملکرد بهداشت، ایمنی، امنیت و محیط‌زیست[2] در مناطق بندری توسط آناتو[3] و همکاران در سال 2016 انجام و شاخص‌ها در 4 حوزه طبقه‌بندی شده‌اند(Antao et al, 2016).
با نگاهی بر تحقیقات گذشته در خصوص اندازه‌گیری و اولویت‌بندی عملکرد HSE، این نکته روشن شده است که مطالعات تاکنون بیشتر روی موضوعاتی همچون تعیین عناصر فرعی HSE و شناسایی شاخص های کلیدی موثر بر عملکرد HSE انجام شده و تاکنون مطالعه جامع و همه جانبه در خصوص ابداع روش اندازه گیری عملکرد HSE واحد های مختلف صنعتی انجام نشده است. و نیاز به بکارگیری یک روش کاربردی و استاندارد در این زمینه به شدت احساس می گردد.

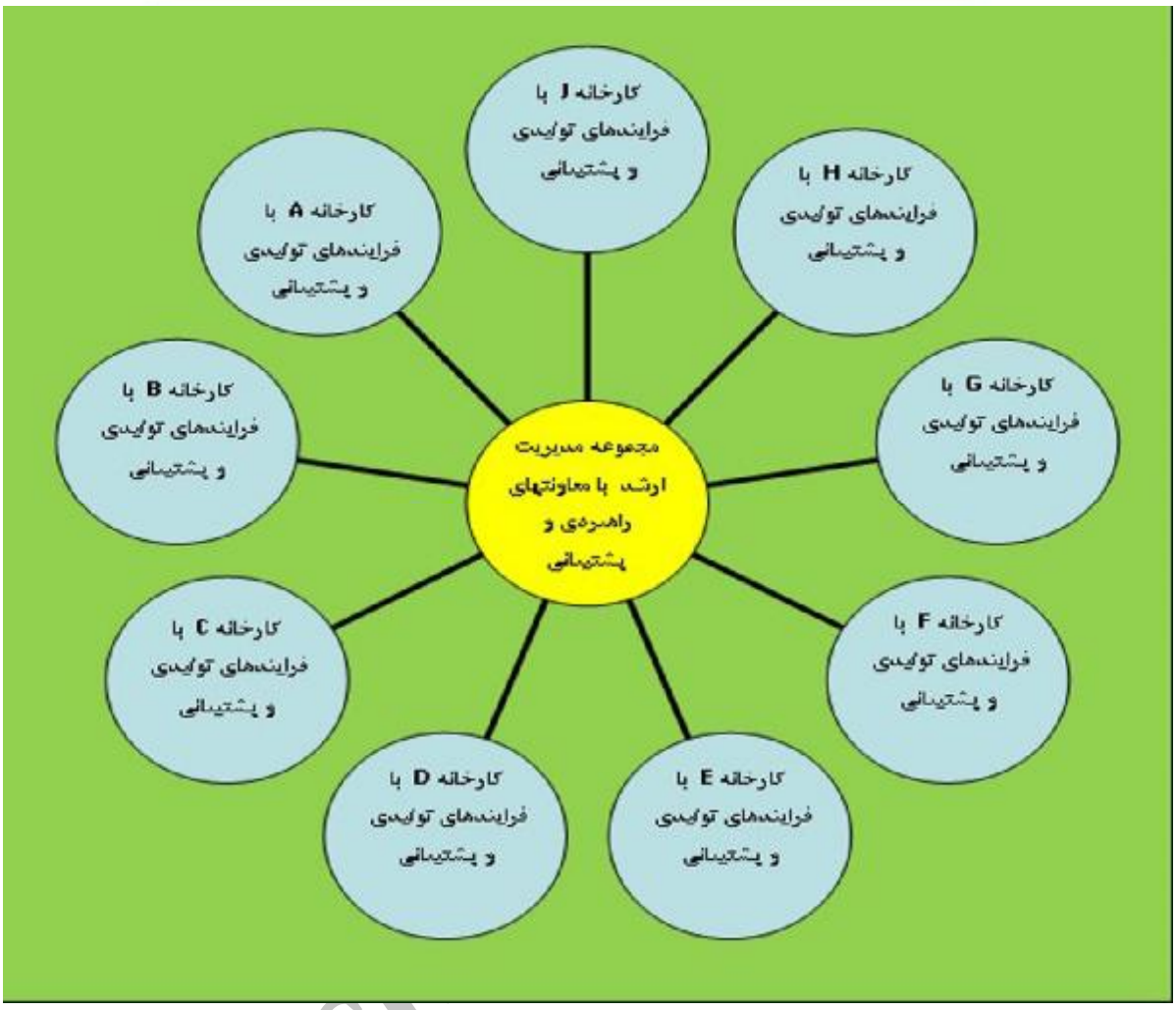
روش تحقیق

1- مشخص نمودن گزینه ها

محیط مورد مطالعه، یک مجتمع صنعتی بزرگ شامل 9 کارخانه تولیدی مستقل با تولیدات متفاوت مطابق شکل شماره 1 می‌باشد. هریک از کارخانه ها با فرایندهایی همچون تضمین کیفیت، برنامه ریزی، HSE ، تولید و . . . برای برآورده نمودن اهداف خاص خود بصورت جداگانه مدیریت و هدایت می‌شوند. لیکن اهداف و استراتژی و چشم انداز جامع آنها بصورت اختصاصی از طرف مدیریت ارشد سازمان (مجتمع صنعتی) تعیین، تدوین و ابلاغ می‌گردد. زیر مجموعه هایی که مدیریت ارشد سازمان را در خصوص تعیین، تدوین و ابلاغ استراتژی های فوق یاری می کنند شامل معاونت های تضمین کیفیت، HSE، تولید، مالی، حراست و . . . هستند. البته از وظایف دیگر این معاونتها نظارت بر عملکرد واحدهای مرتبط کارخانجات، و گزارش دهی به مدیریت ارشد است. برای هریک از فرایندهای موجود در کارخانجات، مسئول فرایند تعیین شده که این مسئول زیر نظر مدیر کارخانه بایستی در برابر معاونت مربوطه خود در مجموعه مدیریت ارشد پاسخگو باشد. در نتیجه گزینه های مورد ارزیابی در این پژوهش کارخانه های این مجتمع صنعتی بوده و هدف آن است که وضعیت HSE آنها بصورت کمی تعیین تا تجزیه و تحلیل مورد انتظار انجام شود.

1 Abidin
2 HSEE
3 Anato

Archive of SID
www.SID.ir



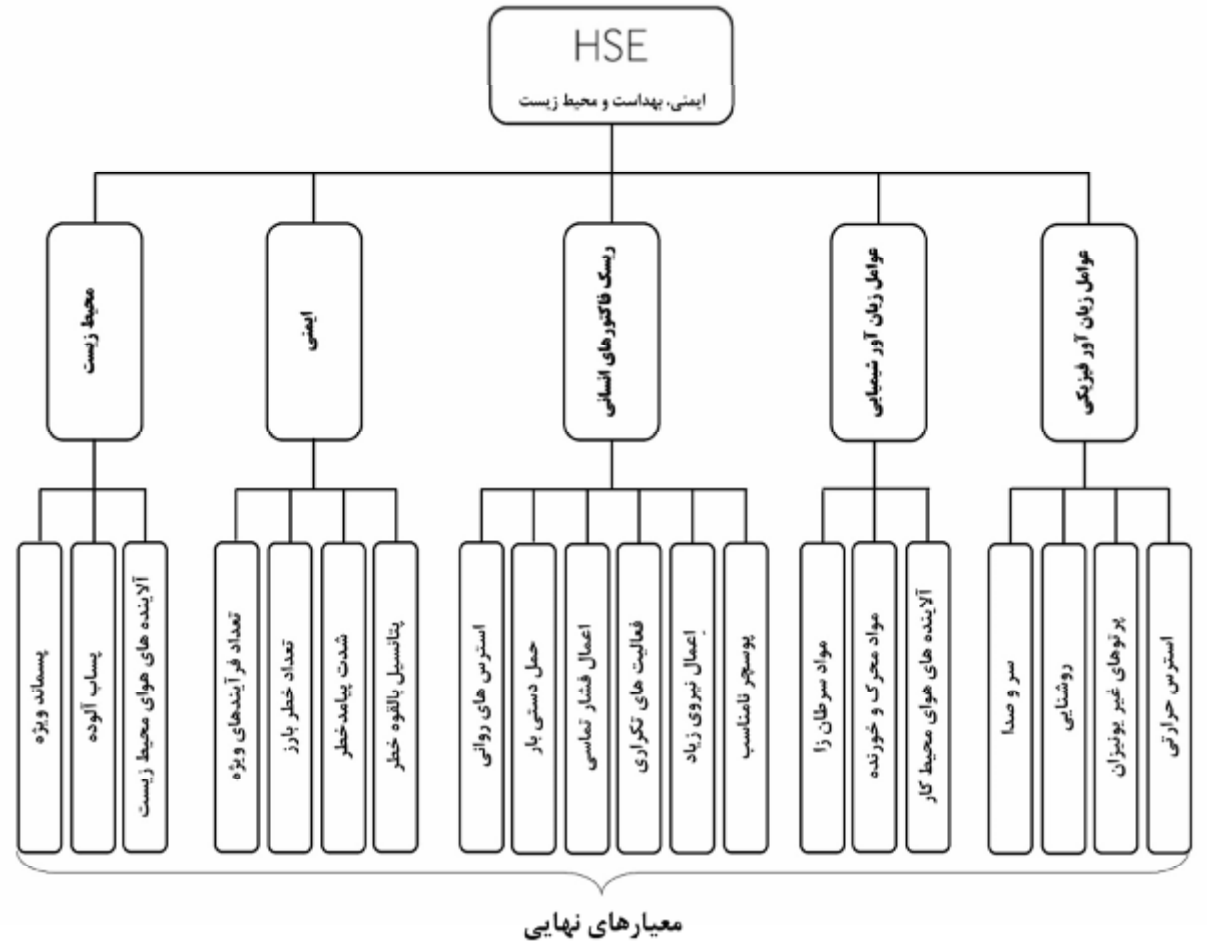
شکل شماره 1- کارخانجات مورد مطالعه مجتمع صنعتی

2- تعیین شاخص‌های ارزیابی

برای تعیین معیارهای ارزیابی HSE از دسته‌بندی عوامل زیان آور محیط کار شناخته شده و رایج بین المللی همچون عوامل زیان آور فیزیکی، عوامل زیان آور شیمیایی، ریسک فاکتورهای انسانی، معیارهای مربوط به ایمنی و محیط زیست مطابق شکل شماره 2 استفاده شده است. به فراخور هرکدام از دسته عوامل اصلی، زیر معیارهای کوچکتر تعیین شده‌اند. گفتنی است، شرط لازم برای ارزیابی آنها هریک از زیرعامل‌ها، وجود آن زیرعامل، حداقل در یکی از کارخانه های تولیدی می باشد. بدیهی است بعنوان مثال در دسته عوامل زیان آور فیزیکی در صورتیکه پرتوهای یونیزان در هیچ یک از کارخانه ها وجود ندارد پس ارزیابی آن ضرورتی نداشته و از آن زیرعامل و دیگر موارد مشابه صرف نظر می‌گردد.

Arc

www.SID.ir



شکل شماره 2- نحوه تعیین معیارهای مورد استفاده در این پژوهش

3- نحوه امتیازدهی به هریک از شاخص ها:

براساس تعهدات قانونی HSE قابل کاربرد در مجتمع صنعتی، کلیه کارخانه‌ها می‌بایست بصورت سالیانه میزان کمی عوامل زیان آور محیط کار و محیط زیست خود همانند استرسهای حرارتی، پرتوها، روشنایی، سر وصدا، آلاینده های هوا، مواد محرک و خورنده، مواد سرطانزا، آلاینده های هوای محیط زیست، پساب آلوده و پسماندهای ویژه را مطابق قواعد علمی بین المللی اندازه گیری و گزارش دهی نمایند. البته آن دسته از ایستگاههای کاری که تغییری در فرآیند، بهبود، تغییر آرایش، چیدمان و . . . در طول سال نداشته از این امر می توانند مستثنی باشند. در این خصوص استناد به گزارشات اندازه‌گیریهای قبلی (حداکثر تا 3 سال قبل) قابل قبول است. ولی در هر حال باید گزارش سالیانه آن ارسال شود.

در خصوص ریسک فاکتورهای انسانی با مطالعات میدانی تعداد ایستگاههای کاری هر کارخانه که دارای پوسچر نامناسب، اعمال نیروی زیاد، فعالیت های تکراری، اعمال فشار تماسی و حمل دستی بار هستند مشخص شده‌اند.

با رجوع به الزامات قانونی بالاسری، آن دسته از ایستگاههای کاری که دارای استرس روانی غالب هستند، تعین شده اند.در خصوص معیار ایمنی و زیرمعیارهای مربوط به آن، با رجوع به مستندات ارزیابی ریسک کارخانه ها که به بر اساس الزام قانونی بالاسری هر کارخانه می بایست نسخه بروز آن را به صورت سالیانه گزارش دهد، متوسط پتانسیل بالقوه خطر، میانگین شدت

Archive
www.SID.ir

پیامد خطرات و تعداد خطرات بارز هر کارخانه استخراج و استفاده شده اند. تمامی کارخانه ها برای مدیریت ریسک خود از روش واحد FMEA[1] استفاده می کنند.

گفتنی است خطر بارز به خطری گفته می شود که عدد ریسک آن از حد قابل قبول بیشتر بوده و یا شدت پیامد آن حداقل مرگ یک نفر را در پی داشته باشد.

بر اساس بخشنامه های بالاسری، تعداد فرآیند های ویژه هر کارخانه مشخص گردیده است. لازم به ذکر است فرآیند ویژه به فرآیندی اطلاق می گردد که در صورت بروز حادثه در آن، پیامدهای فاجعه بار بتواند در بر داشته باشد.

جدول شماره1 بصورت کلی نحوه امتیاز دهی زیرمعیارها را نمایان می‌سازد.

جدول شماره 1- نحوه امتیازدهی زیرمعیارها

شاخص اصلی	عوامل زیان آور/صدمه رسان	زیرشاخص/ زیر معیار	ابزار تشخیص	نحوه امتیاز دهی
HSE (ایمنی، بهداشت و محیط زیست)	عوامل زیان آور فیزیکی محیط کار	استرس حرارتی	اندازه گیری شاخص WBGT[۱]	تعداد ایستگاههای با استرس حرارتی غیرقابل قبول
		پرتوهای یونیزان	اندازه گیری میزان پرتوها	تعداد ایستگاهها با میزان پرتو بیشتر از حد مجاز
		روشنایی	اندازه گیری میزان روشنایی	تعداد ایستگاهها با میزان روشنایی خارج از استاندارد
		سر و صدا	اندازه گیری میزان سروصدا	تعداد ایستگاهها با میزان سر و صدای غیر مجاز
	عوامل زیان آور شیمیایی محیط کار	آلاینده های هوای محیط کار	اندازه گیری آلاینده های هوا	تعداد آلاینده های خارج از حد مجاز
		مواد محرک و خورنده	تماس با مواد محرک و خورنده	تعداد ایستگاههای دارای مواد محرک و خورنده
		مواد سرطانزا	در تماس بودن با مواد سرطانزا	تعداد ایستگاههای دارای مواد سرطانزا
	ریسک فاکتورهای انسانی	پوسچر نامناسب	بررسیهای میدانی براساس اصول ارگونومی	تعداد ایستگاهها با پوسچر نامناسب
		اعمال نیروی زیاد	بررسیهای میدانی اصول ارگونومی	تعداد ایستگاهها با اعمال نیروی بیش از حد استاندارد
		فعالیتهای تکراری	بررسیهای میدانی براساس اصول ارگونومی	تعداد ایستگاهها با فعالیتهای تکراری
		اعمال فشار تماسی	بررسیهای میدانی براساس اصول ارگونومی	تعداد ایستگاهها با اعمال فشار تماسی خارج از استاندارد
		حمل دستی بار	بررسیهای میدانی براساس اصول ارگونومی	تعداد ایستگاهها با حمل دستی بار بیش از حد استاندارد
		استرسهای روانی	الزامات قانونی بالادستی	تعداد ایستگاههای با استرس روانی بالا
	ایمنی	پتانسیل بالقوه خطر	ارزیابی ریسک به روش FMEA	میانگین پتانسیل بالقوه خطرات کارخانه (متوسط RPN[۲]ها)
		شدت پیامد خطر	ارزیابی ریسک به روش FMEA	میانگین شدت پیامد خطرات کارخانه
		تعداد خطر بارز	ارزیابی ریسک به روش FMEA	تعداد خطرات بارز کارخانه
		تعداد فرایندهای ویژه	الزامات قانونی بالادستی	تعداد فرایندهای ویژه کارخانه
	محیط زیست	آلاینده های هوا	اندازه گیری آلاینده های هوا	تعداد آلاینده های هوای محیط زیست بالاتر از حد مجاز
		پساب آلوده	اندازه گیری میزان آلاینده های پساب	تعداد آلاینده های پساب بالاتر از حد مجاز
		پسماندهای ویژه	آنالیز آزمایشگاهی و تعیین نوع پسماندها	میزان وزن سالیانه تولید پسماندهای ویژه و خطرناک

4- تشکیل ماتریس تصمیم گیری

[1] Failure Mode & Effect Analysis

www.SID.ir

بر اساس معیارهای نهایی تعیین شده مذکور و داده های جمع آوری شده برای هریک از معیارها و هر کدام از کارخانه ها، ماتریس تصمیم گیری مطابق جدول شماره 2 تشکیل و داده ها در آن ماتریس درج شده است.

جدول شماره 2- ماتریس تصمیم‌گیری

معیار / کارخانه	استرسهای حرارتی	پرتوها	روشنایی	سرو صدا	الاینده های هوای محیط کار	مواد محرک و خورنده	مواد سرطانزا	پوچور نامناسب	اعمال نیروی زیاد	فعالیتهای تکراری	اعمال فشار نمایی	حمل دستی بار	استرسهای روانی	پتانسیل بالقوه خطر	شدت پیامد خطر	تعداد خطر بارز	تعداد فرایندهای ویژه	الاینده های هوای محیط زیست	پساب الوده	پسماندهای ویژه
A	۲	۱	۳۵	۱۲	۶	۲	۴	۱۴	۱	۵	۲	۵	۵	۱۱۸	۶۷	۲	۱	۱	۱	۱
B	۳	۳	۲۶	۱۸	۶	۳	۳	۱۰	۱۲	۲۳	۱	۱۳	۵	۱۱۸	۶۷	۲	۲	۱	۲	۳
C	۳	۳	۶۷	۲۷	۷	۳	۳	۱۸	۱	۴	۳	۵	۵	۱۴۲	۷۱	۱۱	۲	۲	۲	۳
D	۱	۱	۳۹	۲۶	۲۶	۶	۲۱	۷	۲۵	۶۴	۹	۶۹	۱	۱۷۲	۷۱	۶۹	۲۵	۲	۶	۹
E	۳	۲	۲۷	۱۵	۸	۳	۱۱	۱	۱۲	۲۵	۱	۱۸	۳	۱۰۸	۶۹	۱۱	۵	۱	۳	۵
F	۲	۱	۲۸	۴۹	۵	۳	۴	۱	۱	۱۱	۲	۱	۳	۱۵۱	۷۰	۲۷	۹	۱	۲	۴
G	۲	۱	۱۷	۱۳	۴	۱	۱	۱	۱	۳۴	۱	۱	۳	۱۲۵	۷۱	۱۰۴	۷	۱	۱	۲
H	۲	۳	۱۸	۱۱	۶	۳	۲	۱	۱	۴	۶	۱	۷	۱۳۹	۶۹	۴	۳	۱	۳	۴
I	۱	۱	۱۶	۱۰	۵	۲	۵	۴	۱۷	۱۱	۱۳	۱۸	۳	۱۲۷	۷۴	۲۰	۵	۱	۱	۲

5- ارزیابی، تجزیه و تحلیل داده ها، رتبه بندی گزینه ها با استفاده از تکنیک SAW

از آنجایی که انتخاب روش رتبه بندی گزینه ها، مستقیماً بر الگوریتم حل تصمیم‌گیریهای چندمعیاره (MCDM) اثرگذار بوده، یا به عبارتی روش ارزیابی و تحلیل داده ها بستگی به روشهای رتبه بندی گزینه ها دارد بنابراین ابتدا باید روش رتبه‌بندی کارخانه ها تعیین شود.

بطور کلی مدلهای اولویت بندی و رتبه بندی گزینه ها در مدلهای تصمیم گیری چندمعیاره به گروه های جبرانی و غیرجبرانی تقسیم می شوند. مدلهای غیرجبرانی روشهایی هستند که امکان جبران یک شاخص توسط شاخص دیگر وجود ندارد و مدلهای جبرانی مدلهایی هستند که امکان مبادله و جبران یک شاخص با شاخص دیگر وجود دارد. با نگاه منطقی، علمی و تخصصی به معیارهای مورد ارزیابی، این نتیجه حاصل گردیده که رتبه بندی HSE کارخانه ها باید از طریق مدلهای جبرانی انجام شود. این به این معنی است که تغییر کوچکی در یک معیار، بوسیله تغییر مخالف در سایر معیارها جبران می‌شود. به عنوان مثال در رتبه بندی HSE کارخانه ها ممکن است، یک کارخانه دارای سرصدای پائین تر از حد مجاز باشد ولی تعداد زیادی فرایند ویژه در آن کارخانه در حال فعالیت باشد بنابرین شاخص ها همدیگر را جبران می نمایند. یا اینکه کارگری عدم کار در محیط‌های آلوده را بر کار کردن در محیط های با پتانسیل بالای خطر ایمنی ترجیح بدهد.

مدلهای جبرانی، مدلهای مختلفی را شامل می شوند پس باید از بین مدلهای رایج یک مدل فعالیت را بصورت منطقی و علمی انتخاب نمود. از آنجایی که داده های ماتریس تصمیم گیری گویای پراکندگی نسبتاً محسوسی دربرخی از معیارها می باشد و این موضوع از اهمیت خاصی برخوردار بوده، پس برای اولویت بندی و رتبه بندی گزینه ها در این پژوهش از روش SAW استفاده شده است. مدل SAW از اولین روشهای تصمیم گیری در قالب مدلهای جبرانی است . این مدل بر اساس محاسبه اوزان معیارها، گزینه ها را اولویت بندی می کند. در این روش پس از تشکیل ماتریس تصمیم گیری و مقداردهی به شاخص ها، درایه های ماتریس تصمیم گیری در مرحله اول به روش خطی بی مقیاس می شوند با توجه به معیارهای در نظر گرفته شده

Archive
www.SID.ir

در این پژوهش که همگی از نوع شاخص های منفی هستند، درایه های ماتریس تصمیم گیری از طریق رابطه $n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\max r_j}$ بی مقیاس شده که ماتریس بی مقیاس شده آن مطابق جدول شماره 3 می‌باشد.

جدول 3- ماتریس داده های بی مقیاس شده

معیار / گزینه	استرسهای حرارتی	پرتوها	روشنایی	سرو صدا	آلاینده های هوای محیط کار	مواد محرک و خورنده	مواد سرطانزا	پوستر نامناسب	اعمال نیروی زیاد	فعالیتهای تکراری	اعمال فشار نامناسب	محیط دستی بار	استرسهای روانی	پتانسیل بالقوه خطر	شدت پیامد خطر	تعداد خطر بارز	تعداد فرایندهای ویژه	آلاینده های هوای محیط زیست	پسماب آلوده	پسماندهای ویژه
A	۰,۳۳	۰,۶۷	۰,۴۸	۰,۷۶	۰,۷۷	۰,۶۷	۰,۸۱	۰,۲۲	۰,۹۶	۰,۹۲	۰,۸۵	۰,۹۳	۰,۲۹	۰,۳۱	۰,۰۹	۰,۹۸	۰,۹۶	۰,۵	۰,۸۳	۰,۸۹
B	۰	۰	۰,۶۱	۰,۶۳	۰,۷۷	۰,۵	۰,۸۶	۰,۴۴	۰,۵۲	۰,۶۴	۰,۹۲	۰,۸۱	۰,۲۹	۰,۳۱	۰,۰۹	۰,۹۸	۰,۹۲	۰,۵	۰,۶۷	۰,۶۷
C	۰	۰	۰	۰,۴۵	۰,۷۳	۰,۵	۰,۸۶	۰	۰,۹۶	۰,۹۴	۰,۷۷	۰,۹۳	۰,۲۹	۰,۱۷	۰,۰۴	۰,۸۹	۰,۹۲	۰	۰,۶۷	۰,۶۷
D	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۴۲	۰,۴۷	۰	۰	۰	۰,۶۱	۰	۰	۰,۳۱	۰	۰,۸۶	۰	۰,۰۴	۰,۳۴	۰	۰	۰	۰
E	۰	۰,۳۳	۰,۶	۰,۶۹	۰,۶۹	۰,۵	۰,۴۸	۰,۹۴	۰,۵۲	۰,۶۱	۰,۹۲	۰,۷۴	۰,۵۷	۰,۳۷	۰,۰۷	۰,۸۹	۰,۸	۰,۵	۰,۵	۰,۴۴
F	۰,۳۳	۰,۶۷	۰,۵۸	۰	۰,۸۱	۰,۵	۰,۸۱	۰,۹۴	۰,۹۶	۰,۸۳	۰,۸۵	۰,۹۹	۰,۵۷	۰,۱۲	۰,۰۵	۰,۷۴	۰,۶۴	۰,۵	۰,۶۷	۰,۵۶
G	۰,۳۳	۰,۶۷	۰,۷۵	۰,۷۳	۰,۸۵	۰,۸۳	۰,۹۵	۰,۹۴	۰,۹۶	۰,۴۷	۰,۹۲	۰,۹۹	۰,۵۷	۰,۲۷	۰,۰۴	۰	۰,۷۲	۰,۵	۰,۸۳	۰,۷۸
H	۰,۳۳	۰	۰,۷۳	۰,۷۸	۰,۷۷	۰,۵	۰,۹	۰,۹۴	۰,۹۶	۰,۹۴	۰,۵۴	۰,۹۹	۰	۰,۱۹	۰,۰۷	۰,۹۶	۰,۸۸	۰,۵	۰,۵	۰,۵۶
I	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۷۶	۰,۸	۰,۸۱	۰,۶۷	۰,۷۶	۰,۸۷	۰,۳۲	۰,۸۳	۰	۰,۷۴	۰,۵۷	۰,۲۶	۰	۰,۸۱	۰,۸	۰,۵	۰,۸۳	۰,۷۸

درایه‌های بی مقیاس شده باید از طریق روش آنتروپی وزن دهی شوند. آنتروپی نشان دهنده عدم اطمینان از محتوای مورد انتظار بوده و بر این پایه استوار بوده که هرچه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار و وزن بیشتر خواهد گرفت. مراحل وزن دهی به شکل زیر است.

اگر J تا شاخص (J=1,2, ...,n) و nتا گزینه (i=1,2, ...,m)داشته باشیم ابتدا می بایست Pij را از طریق رابطه $P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^{m} r_{ij}}$ برای هر i,j محاسبه و سپس K را از طریق رابطه $K = \frac{1}{Ln(m)}$ بدست آوریم. محاسبه آنتروپی شاخص jام از طریق رابطه $E_j = -K(\sum(P_{ij} \times Ln(P_{ij})))$ انجام گردیده است. برای محاسبه میزان انحراف یا عدم اطمینان هر شاخص از رابطه $d_j = 1 - E_j$ استفاده و در نهایت محاسبه میزان وزن شاخص ها از طریق رابطه $\sum w_j = 1$ انجام و در جدول شماره 4 به صورت ماتریس داده‌های وزین شده نمایش داده شده است.

جدول شماره 4- ماتریس داده های وزین شده

Archive

www.SID.ir

معیار / پارامتر	استرسهای حرارتی	پرتوها	روشنایی	سروصدا	مواد محترک و خورنده	آلاینده های هوای محیط کار	مواد سرطانزا	پرصرف نامناسب	اشغال نیروی زیاد	فعالیتهای تکراری	اشغال فشار نامناسب	حمل دستی بار	استرسهای روانی	پتانسیل بالقوه خطر	شدت پیامد خطر	تعداد خطر بارز	تعداد فرایندهای ویژه	آلاینده های هوای محیط زیست	پساب آلوده	پسماندهای ویژه
Ej	۰.۷۱۲	۰.۶۹	۰.۶۹۸	۰.۶۸۵	۰.۷۰۲	۰.۶۶	۰.۶۰۴	۰.۵۸۱	۰.۵۳۸	۰.۶۰۹	۰.۶	۰.۶۹۲	۰.۷۰۱	۰.۷۳	۰.۷۳۳	۰.۵۲۸	۰.۵۹۱	۰.۷۱۶	۰.۶۷۵	۰.۶۷۹
Dj	۰.۷۸۸	۰.۷۱	۰.۷۰۲	۰.۷۱۵	۰.۷۹۸	۰.۷۴	۰.۷۹۴	۰.۶۱۹	۰.۶۶۲	۰.۷۹۱	۰.۷	۰.۵۰۸	۰.۷۹۹	۰.۷۲۷	۰.۷۶۷	۰.۶۷۲	۰.۶۰۹	۰.۷۸۴	۰.۷۲۵	۰.۷۲۱
Wj	۰.۰۴۱	۰.۰۴۴	۰.۰۴۲	۰.۰۴۵	۰.۰۴۲	۰.۰۴۸	۰.۰۵۶	۰.۰۵۹	۰.۰۶۵	۰.۰۵۵	۰.۰۵۷	۰.۰۷۲	۰.۰۴۲	۰.۰۳۸	۰.۰۳۸	۰.۰۶۷	۰.۰۵۸	۰.۰۴۰	۰.۰۴۶	۰.۰۴۵

مرحله آخر استفاده از مدل SAW برای رتبه بندی HSE کارخانه ها می باشد در این مدل چون مجموع وزن شاخص‌ها مساوی 1 بوده یا به عبارتی $\sum w_j = 1$ پس گزینه از طریق $A^* = \{A_i | max \sum w_j \times n_{ij}\}$ کمی‌سازی و با توجه به ماتریس زیر رتبه بندی شده اند. نکته قابل توجه این است که چون همه معیارها از نوع معیارهای منفی بوده پس کارخانه‌هایی که در اینجا ضریب بیشتری برای آنها بدست آمده نشان دهنده وضعیت نامطلوب HSE آنها بوده و برای کمی سازی میزان مطلوبیت HSE کارخانه ها باید ضریب بدست آمده را از عدد 1 کم نموده و پس از آن رتبه بندی کارخانه ها ضرایب بدست آمده را در 100 ضرب نمود تا درصد میزان مطلوب بودن و درصد عدم مطلوبیت وضعیت و عملکرد HSE آنها بصورت کمی مطابق جدول شماره 5 نمایان شود.

جدول شماره 5- وضعیت مطلوبیت و عدم مطلوبیت HSE کارخانجات

رتبه	نام کارخانه	درصد مطلوب بودن وضعیت HSE	رتبه	نام کارخانه	درصد عدم مطلوبیت وضعیت HSE
۱	H	٪ ۸۱	۱	D	٪ ۸۲
۲	A	٪ ۸۰	۲	I	٪ ۳۴
۳	F	٪ ۷۸	۳	E	٪ ۳۱
۴	G	٪ ۷۴	۴	C	٪ ۲۹
۵	B	٪ ۷۱	۵	B	٪ ۲۹
۶	C	٪ ۷۱	۶	G	٪ ۲۶
۷	E	٪ ۶۹	۷	F	٪ ۲۲
۸	I	٪ ۶۶	۸	A	٪ ۲۰
۹	D	٪ ۱۸	۹	H	٪ ۱۹

Archive of SID

www.SID.ir

6- تجزیه و تحلیل داده ها با روش TOPSIS و مقایسه نتایج با روش SAW

به منظور اطمینان‌سنجی نتایج و صحه‌گذاری ضرایب و رتبه‌های بدست آمده با روش SAW، داده‌های جمع آوری شده بار دیگر با استفاده از روش TOPSIS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و ضرایب و رتبه های HSE بر اساس این روش نیز تعیین شده اند.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل به روش TOPSIS و مقایسه آن با روش SAW مطابق جدول زیر می باشد. گفتنی است این ضرایب براساس درصد عدم مطلوبیت وضعیت HSE واحدها بوده و بدیهی است میزان مطلوب بودن وضعیت HSE و رتبه واحدها در این خصوص به راحتی قابل مقایسه خواهد بود.

جدول شماره 6- رتبه بندی کارخانجات

واحد	درصد عدم مطلوبیت وضعیت HSE با روش SAW	درصد عدم مطلوبیت وضعیت HSE با روش TOPSIS	رتبه بدست آمده با روش SAW	رتبه بدست آمده با روش TOPSIS
A	۲۰٪	۲۶٪	۷	۷
B	۲۹	۳۳٪	۴	۵
C	۲۹٪	۳۳٪	۴	۵
D	۸۲٪	٪۷۰	۱	۱
E	۳۱٪	۳۶٪	۳	۳
F	۲۲٪	۲۹٪	۶	۶
G	۲۶٪	۳۴٪	۵	۴
H	۱۹٪	۲۴٪	۸	۸
I	۳۴٪	۳۹٪	۲	۲

همانگونه که مطابق جدول شماره 6 ملاحظه می گردد، نتایج حاصل از کاربرد روش SAW و روش TOPSIS که برای رتبه بندی، تعیین ضرایب و مقایسه وضعیت HSE بکار گرفته شده اند به میزان 95% همپوشانی داشته و فقط با اختلاف یک رتبه، واحدهای حایز رتبه های 4 و 5 در این دو روش دچار تغییر شده اند.

نتیجه گیری:

همانطور که در ابتدای مقاله به آن اشاره شد فرایند مقایسه عملکرد HSE واحدهای صنعتی غیرهمسان باید از یک روش مقایسه‌سازی منطقی و علمی صورت گیرد که استفاده از MCDM و تکنیک SAW این هدف را کاملاً برآورده ساخته و شامل نتایج زیر بوده که از این نتایج، سایر سازمان‌های صنعتی به ویژه سازمان های بزرگ و دارای زیر واحدهای متعدد به راحتی می توانند برای اندازه گیری عملکرد، رتبه بندی و مقایسه وضعیت HSE واحد های زیر مجموعه خود استفاده نمایند:

www.SID.ir

- بکارگیری روش SAW برای رتبه بندی عملکرد، تعیین ضرایب و مقایسه وضعیت HSE واحدهای صنعتی گوناگون و با تولیدات مختلف یک روش سودمند بوده که به صحت نتایج بدست آمده از طریق این روش به میزان 95% می توان اعتماد نمود.
- با بکارگیری این روش بصورت یکپارچه میتوان عملکرد HSE کارخانه‌های غیرهمسان و با تولیدات مختلف را اندازه‌گیری کرد.
- با بکارگیری این روش بطور همزمان میتوان هم وضعیت مطلوب بودن HSE واحدها را رتبه بندی و هم وضعیت عدم مطلوبیت آنها را نیز مشخص نمود.
- با بکارگیری این روش، به سهولت و بصورت منطقی می توان عملکرد وضعیت HSE واحدهایی که با هم از نظر تولید و فعالیت متفاوت می باشند را مقایسه نمود.
- از مزیت های استفاده از این روش می توان به این نکته اشاره کرد که در صورتیکه یک بار نحوه اندازه گیری و مقایسه عملکرد HSE واحد های یک مجتمع یا سازمان صنعتی بزرگ پایه گذاری شود، برای دوره های بعدی، دیگر نیازی به صرف وقت و زمان زیادی نبوده و با تغییر و به روز آوری اعداد مندرج در فایل نرم افزاری، می توان به آسانی رتبه بندی و مقایسه واحدهای مذکور را انجام داد.

منابع و مراجع:

جلالوند، حامد و محمدی‌زاده، محسن، رتبه بندی چالشهای ریسک ایمنی در پروژه های فرمانداریهای جنوب استان سیستان و بلوچستان، سومین همایش ملی مدیریت بحران، ایمنی، بهداشت، محیط زیست و توسعه پایدار،1396

کاظمی، روح اله، چنگیزی، مهرنوش، فرخیان، فروزان، بررسی و رتبه بندی مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست در پارکهای شهری اهواز، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، ویژه نامه شماره 4، بهار 1396

مسلمان‌یزدی، حسنعلی، میرجلیلی، علیرضا، سیدی، سیدامین، بررسی نقش ریسک در ارزیابی سیستم مدیریت HSE در شرکتهای پیمانکار نفت و گاز با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)، اولین کنفرانس بین المللی مدیریت تغییر رفتار و ساختار در بحران زلزله، 1394

متن استاندارد سیستم مدیریت محیط زیست ISO 14001:2015

محمودی، شهرام، نصیری، پروین و محمدفام، ایرج، ارایه الگویی برای انتخاب پیمانکاران از دیدگاهHSE، مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دوره 3، شماره 3، پاییز 1395

یاراحمدی، رسول، شاکوهی، فرزانه‌السادات، طاهری، فرشته، مریدی، پروین، اولویت بندی شاخص های مدیریت بهداشت و ایمنی شغلی در صنعت ساخت و ساز مبتنی بر تصمیم گیری چندمعیاره، دوماهنامه سلامت کار ایران، دوره 12، شماره 6، بهمن و اسفند 1394

Azadeh, A., Mokhtari, Z., Sharahi, Z. J., & Zarrin, M. (2015). An integrated experiment for identification of best decision styles and teamworks with respect to HSE and ergonomics program: the case of a large oil refinery. Accident Analysis & Prevention, 85, 30-44.

Amir-Heidari, P., Maknoon, R., Taheri, B., & Bazyari, M. (2017). A new framework for HSE performance measurement and monitoring. Safety science, 100, 157-167.

Abidin, M. Z., Rusli, R., & Shariff, A. M. (2016). Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)-entropy Methodology for Inherent Safety Design Decision Making Tool. Procedia engineering, 148, 1043-1050.

Antão, P., Calderón, M., Puig, M., Michail, A., Wooldridge, C., & Darbra, R. M. (2016). Identification of Occupational Health, Safety, Security (OHSS) and Environmental performance indicators in port areas. Safety science, 85, 266-275.

Berwick, D. M., James, B., & Coye, M. J. (2003). Connections between quality measurement and improvement. Medical care, I30-I38.

Archive of SID
www.SID.ir

Chong, H. G. (2008). Measuring performance of small-and-medium sized enterprises: the grounded theory approach. Journal of Business and Public affairs, 2(1), 1-10.
Hopkins, A. (2009). Thinking about process safety indicators. Safety science, 47(4), 460-465.
Juglaret, F., Rallo, J. M., Textoris, R., Guarnieri, F., & Garbolino, E. (2011, June). New Balanced Scorecard leading indicators to monitor performance variability in OHS management systems. In Fourth resilience engineering symposium (pp. 121-127). Presses des Mines.
Podgorski, D., 2015. Measuring operational performance of OSH management system – a demonstration of AHP-based selection of leading key performance indicators. Safety Sci. 73, 146–166.
Wu, X., Liu, Q., Zhang, L., Skibniewski, M.J., Wang, Y., 2015. Prospective safety performance evaluation on construction sites. Acc. Anal. Prevent. 78, 58–72.
Zheng, G., Zhu, N., Tian, Z., Chen, Y., & Sun, B. (2012). Application of a trapezoidal fuzzy AHP method for work safety evaluation and early warning rating of hot and humid environments. Safety science, 50(2), 228-239.

Archive of SID

www.SID.ir