Archive of SID

Iran Occupational Health

Original Article
http://ioh.iums.ac.ir

Iran Occupational Health.2019-2020 (Dec-Jan);16(5):14-29.

Identification and prioritization of industrial organizations' HSE-MS key performance indicators by fuzzy multiple attribute decision-making approach (FAHP & taxonomy)

Reza Ramezanian, (*Corresponding author) Associate Professor, Department of Industrial Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran. ramezanian@kntu.ac.ir
Seyed Saeed Hasanalhosseini, MA, Department of Industrial Management, Islamic Azad University, Saveh Branch, Saveh, Iran

Abstract

Background and aims: Given the ever-expanding growth of science and technology of which the multiplicity, variety, and complexity of industrial processes have been only a part of it, and despite the many human needs to be met using science and technology, the devastating effects must not be forgotten. These consequences are either due to the unknown dimensions and aspects found in modern science and technology or the result of mismanagement, illness and work-related accidents. Among these effects and consequences are environmental consequences. Research shows that occupational accidents are among the most important consequences of globalization, especially in developing countries. On the other hand, the environment has suffered from the pollution caused by industrial and manufacturing centers to the extent that the pervasive environmental crises such as gradual warming, stratospheric ozone depletion, acid rain, depletion environmental crises such as gradual global warming, stratospheric ozone depletion, acid rain, depletion of water oxygen and aquatic death, soil degradation caused by waste and chemicals and, to some extent, noise pollution, result from unequal confrontation between industry and environment. Health, Safety, and Environment (HSE) management is responsible for planning, implementing, monitoring and optimizing operational processes in the areas of environmental management, health protection and occupational safety. Regulatory requirements play an important role in HSE discipline. Considering the threats posed by industry and the imposition of heavy and increasing costs on the economy of human society, and considering the importance and role of Health, Safety, and Environment - Management System (HSE-MS) in protecting these two infrastructure components, and of course, highly influential manpower and the environment in the field of industry and production and more importantly sustainable development, it is imperative to evaluate optimally and realistically its performance in industries and manufacturing centers. The effects and consequences of the devastation caused by the dangers and aspects of the HSE have become so tangible and visible that they have prompted national, and international agencies to respond these issues since the mid-1990s. These reactions occur in many forms, including the creation and dissemination of standards and management systems. The standardization approach in the field of HSE was a response to the needs of organizations and stakeholders that sought to manage HSE in a more sustainable and effective way in order to reduce the number of events (accidents), occupational injuries and diseases, mitigate environmental aspects and consequences. Ranking is a type of qualification criterion based on defined standards and is intended to guarantee the quality and quantity of contractors in providing services and defending the rights of stakeholders and users. Integrated fuzzy analytical hierarchy process (FAHP) and Taxonomy techniques as a method in multi criteria decision making (MCDM) helps decision maker(s) to organize and analyze problems, and to rank alternatives. Identification of criteria and indicators, selection of measures and weighting of indicators which with HSE-MS performance evaluation are the purposes of this study. Then, developed method is applied to rank the 5 actives organizations in boat industry.
Methods: This applicable study was done as a descriptive-analytic procedure. Graduates of HSE related fields with career in HSE performance evaluation are the statistical population of this research. The number of samples was 8 experts that according to the sampling method - nonprobability, purposive (or judgmental) and convenience - was in correspondence with the purpose of this paper. To incorporate the experts' knowledge and experience in presenting their opinion, we weigh the experts based on their educational background, HSE experience and HSE performance evaluation and determine their significance coefficients and incorporate these coefficients into the data extracted from the questionnaires. ISO 14001: 2015 (Environmental Management Standard) and ISO 45001: 2018 (Occupational Safety and Health Management) standards and collegiate related courses–industrial safety engineering, occupational hygiene engineering and environment engineering/management - were basement to identify the HSE-MS criteria and indicators. After identification, in order to quantify HSE-MS performance evaluation, some measures were determined and made available for experts. Then, experts weighted them which weighting using FAHP approach with EA method. Finally, performance evaluation of HSE-MS is done by Taxonomy method in 5 actives organizations in boat industry. All experts have experience in the field of HSE performance evaluation. According to the content, approach and goals of the research, the data collection tool is a questionnaire. As ISO 14001 : 2015

Keywords
Performance evaluation, Health, Safety & Environment Management System (HSE-MS), Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP), Taxonomy

Received: 28/12/2017
Accepted: 31/05/2019

www.SID.ir

Archive of SID

(Environmental Management Standard) and ISO 45001: 2018 (Occupational Safety and Health Management) standards are used to identify indicators and indicators are derived from standard clauses and each standard clause represents a specific topic, so each indicator exclusively represents one of the standard clauses. This is also indicative of the validity of the indicators. The properties of a suitable criterion can be divided into two categories: inner and outer. Internal characteristics are related to the components and internal dimensions of a criterion, while external features refer to the type of relationship between the criteria. A good criterion should have features such as: quantitative, valid, representative, minimal variability of performance measurement results under the same conditions, sensitive to change, cost-effective, understandable to most users Considering the inner and outer criteria while selecting the features will lead to a comprehensive selection that will prevent the selection of additional indefinite features along with full coverage of the HSE-MS dimensions and elements. Based on ISO 14031: 2013 (Environmental Performance Assessment Standard), we considered two types of managerial and operational indicators for the comprehensiveness of HSE-MS performance evaluation. We determined managerial indicators according to the ISO 14001: 2015 (Environmental Management Standard) and ISO 45001: 2018 (Occupational Safety and Health Management) and also operational indicators are set based on key courses of HSE related academic disciplines. To quantify the performance evaluation of the HSE-MS, we need to use quantitative indicators or in other words we should apply a measure for this purpose. The researchers suggested two measures in the HSE Qualitative Questionnaire for each indicator and experts had to select one of the two measures or introduce another one. In terms of weight of experts, the final measure is selected for each feature. In order to determine the effect or weight of each of the indicators on the performance evaluation of HSE-MS, we need to determine a method for weighting. Accordingly, the fuzzy analytic hierarchical process approach was developed to determine weight of the indicators. According to the selected method, a questionnaire called pairwise comparison matrix of indicators / measures was given to the experts based on triangular fuzzy numbers to determine each of the pairwise comparisons between the indicators according to the fuzzy linguistic expression.

Results: By reviewing the literature and receiving expert's opinions, 10 general criteria and 54 indicators were identified so that the total number of identified management performance criteria and indicators are 7 and 28 respectively and also total number of identified operational performance criteria and indicators are 3 and 26 respectively. Management performance criteria include organizational environment, leadership, planning, support, operations, performance evaluation and improvement. Operational performance criteria include safety, health and environment. Nonetheless, the total weight of management and operational performance criteria is 40.5 and 59.5 respectively. Despite the higher number of management performance criteria, weights and importance of operational performance criteria for assessing HSE-MS performance is much more. Three operational performance criteria have largest weights based on experts' opinions. The three operational performance criteria are assigned the highest weight followed by the management performance criteria. Among the management performance criteria, the improvement criterion is with the highest weight and the criterion of the organizational environment is with the least weight. Also, among the 54 identified indicators, the first six indicators (include product, particles, gases / vapors, machinery and equipment safety, biologically permitted hazardous agents, general safety (5S)) with the highest weight are all operational performance indicators and the last six indicators (include partnership, consultancy, organizational roles, responsibilities and organizational authorities, planning actions to achieve HSE objectives, internal audit, procurement and communications) with the lowest weight are management performance indicators. The obtained results using integrated method revealed that the organization 1 in boat industry has been placed in the top lists. Also, the results showed an influence of indicators weight on ranking of organization that considering this issue in performance evaluation of organizations especially in HSE-MS is the suggestion of this research.

Conclusion: While confirming the need for management and operational performance indicators to realistically evaluate the HSE performance of industrial organizations, this study emphasizes that the weight of operational performance indicators is higher than that of management - despite the higher number of management performance indicators. Obtained results showed that the integrated fuzzy analytical hierarchy process and Taxonomy methods can be used to evaluate the performance of Health, Safety, and Environment - Management System successfully. It seems that, performance evaluation with multi criteria decision making methods with employee's collaboration can increasingly leads to effectiveness in using HSE-MS. In order to improve the HSE performance of industrial organizations, the implementation of the relevant standards, including ISO 14001: 2015 and ISO 45001: 2018, must be such as to ultimately eliminate, reduce or contain safety hazards, adverse health factors and environmental consequences.

Conflicts of interest: None
Funding: None

How to cite this article:

Ramezanian R, Hasanalhosseini SS. Identification and prioritization of industrial organizations' HSE-MS key performance indicators by fuzzy multiple attribute decision-making approach (FAHP & taxonomy). Iran Occupational Health. 2019-2020 (Dec-Jan);16(5):14-29.

*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence

www.SID.ir

Archive of SID

مقاله پژوهشی
http://ioh.iums.ac.ir

سلامت کار ایران

دوره ۱۶، شماره ۵، آذر و دی ۱۳۹۸

شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی عملکرد نظام مدیریت HSE در سازمان‌های صنعتی با رویکرد تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی (FAHP & Taxonomy)

رضا رمضانیان: (* نویسنده مسئول) دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران. ramezanian@kntu.ac.ir
سیدسعید حسن‌الحسینی: کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساوه، ساوه، ایران

چکیده

زمینه و هدف: رتبه‌بندی یک نوع معیار صلاحیت‌گذاری بر اساس استانداردهای تعریف‌شده است و برای تضمین کیفیت و کمیت پیمانکاران در ارائه‌ی خدمات و دفاع از حقوق ذینفعان و استفاده‌کنندگان می باشد. رویکرد ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاکسونومی به عنوان روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا مشکلات را سازماندهی و تحلیل، و گزینه‌ها را اولویت‌بندی کنند. در این تحقیق به شناسایی شاخص‌ها، انتخاب سنجه‌ها و وزن‌دهی شاخص‌ها و همچنین ارزیابی عملکرد نظام مدیریت HSE پرداخته شده است. در نهایت، ۵ سازمان فعال در صنعت ساخت شناور با روش تاکسونومی رتبه‌بندی شده‌اند.

روش بررسی: مطالعه حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی و کاربردی است. جامعه آماری این پژوهش دانش‌آموختگان رشته‌های مرتبط با مقوله ایمنی، بهداشت و محیط زیست با سابقه کار در زمینه ارزیابی عملکرد می‌باشند. تعداد نمونه ۸ نفر بوده که با توجه به نوع نمونه‌گیری یعنی غیراحتمالی، هدفمند و در دسترس، این تعداد با هدف مطالعه سازگار می‌باشد. استانداردهای ISO 14001:2015 و ISO 45001:2018 و نیز دروس دانشگاهی مهندسی ایمنی صنعتی، مهندسی بهداشت حرفه‌ای و مدیریت/مهندسی محیط زیست و همچنین استفاده از نظرات خبرگان مبنای شناسایی شاخص‌های مدیریتی و عملیاتی این نظام مدیریت می‌باشند. جهت کمی نمودن هر شاخص، سنجه‌هایی تعیین می‌گردد. خبرگان پس از انتخاب سنجه‌ها، به آن‌ها وزن داده که با استفاده از رویکرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی به روش واکاوی توسعه‌ای و بکارگیری مقایسات زوجی، وزن شاخص‌ها و سنجه‌ها تعیین گردید. در نهایت، با استفاده از سنجه‌های منتخب به ارزیابی عملکرد این نظام مدیریت در ۵ سازمان فعال در صنعت ساخت شناور با روش تاکسونومی پرداخته شد.

یافته‌ها: با بررسی ادبیات موضوع و دریافت نظرات خبرگان، ۱۰ معیار کلی و ۵۴ شاخص شناسایی گردید بطوری‌که تعداد شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مدیریتی به ترتیب ۷ و ۲۸ مورد و تعداد شاخص‌ها و زیرشاخص‌های عملیاتی به ترتیب ۳ و ۲۶ مورد می‌باشد، با این حال با توجه به مقایسات زوجی انجام شده، مجموع وزن شاخص‌های مدیریتی معادل ۴۰/۵ درصد و مجموع وزن شاخص‌های عملیاتی معادل ۵۹/۵ درصد می‌باشد. با وجود تعداد بیشتر شاخص‌های مدیریتی، وزن و اهمیت شاخص‌های عملیاتی در ارزیابی عملکرد HSE بیشتر است. ۳ معیار عملیاتی بیشترین اوزان را به خود اختصاص داده و پس از آن معیارهای مدیریتی قرار می‌گیرند. همچنین از بین ۵۴ شاخص شناسایی‌شده، ۶ شاخص اول که دارای بیشترین وزن هستند همگی از نوع شاخص‌های عملیاتی و ۶ شاخص آخر که دارای کمترین وزن می‌باشند از نوع شاخص‌های مدیریتی هستند. نتایج رویکرد پیشنهادی نشان داد سازمان اول در اولویت اول قرار گرفته است. رتبه‌بندی سازمان‌ها با احتساب اوزان شاخص‌ها و بدون احتساب آن‌ها محاسبه شد که نتیجه حکایت از تأثیر اوزان شاخص‌ها در رتبه‌بندی سازمان‌ها دارد. لحاظ این مهم در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها بخصوص در حوزه نظام مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست پیشنهاد می‌گردد.

نتیجه‌گیری: نتایج تحقیق انجام‌شده نشان داد می‌توان روش ترکیبی پیشنهادی شامل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاکسونومی را با موفقیت به منظور ارزیابی عملکرد نظام مدیریت HSE به‌کار گرفت. به نظر می‌رسد ارزیابی عملکرد با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری به همراه مشارکت نیروهای انسانی می‌تواند منتج به اثربخشی بیشتر این نظام مدیریت شود.

کلیدواژه‌ها
میدان مغناطیسی با فرکانس بی‌نهایت پایین،
هورمون‌های تیروئیدی،
جوشکاری قوس الکتریکی،
خستگی

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۰۷
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۱۰

تعارض منافع: گزارش نشده است.
منبع حمایت کننده: حامی مالی نداشته است.

شیوه استناد به این مقاله:

Ramezanian R, Hasanalhosseini SS. Identification and prioritization of industrial organizations' HSE-MS key performance indicators by fuzzy multiple attribute decision-making approach (FAHP & taxonomy). Iran Occupational Health. 2019-2020 (Dec-Jan);16(5):14-29.

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

با توجه به رشد روز افزون و پرشتاب علم و فناوری که تعدد، تنوع و پیچیدگی فرایندهای صنعتی، تنها تبلور بخشی از آن بوده و نیز با وجود تأمین بسیاری از نیازهای بشر از این طریق، نباید آثار و پیامدهای مخرب در پی آن را فراموش نمود که البته این پیامدها، یا ناشی از ناشناخته ماندن ابعاد و زوایای پیدا و پنهان علوم و فناوری‌های نوین بوده و یا نتیجه سوء مدیریت. بیماری‌ها و حوادث ناشی از کار و پیامدهای زیست محیطی از جمله این آثار و پیامدها بوده که جهت تبیین و ترسیم بهتر موضوع، آمار و ارقامی در این خصوص ارائه می‌گردد.

پژوهش‌ها نشان می‌دهد حوادث شغلی در صدر مهمترین پیامدهای جهانی‌سازی بخصوص در کشورهای در حال توسعه بشمار می‌آیند (۱). بطوری‌که حوادث ناشی از کار منجر به مرگ ۲ نفر در دقیقه (۲) و آسیب‌ها و بیماری‌های ناشی از کار نیز به مرگ ۲ میلیون نفر در سال (۳) می‌انجامد. بر اساس آمار سازمان جهانی بهداشت و سازمان بین‌المللی کار، بیماری‌ها و آسیب‌های شغلی عامل ۵-۷ درصد فوت در کشورهای صنعتی به شمار می‌روند (۴). همچنین سازمان بین‌المللی کار نسبت آسیب‌ها و بیماری‌های ناشی از کار را ۶/۷ درصد کل آسیب‌ها و بیماری‌ها تخمین زده است (۵). این سازمان هزینه بیماری‌ها و آسیب‌های ناشی از کار برای کشورهای مختلف را معادل ۱/۸-۶ درصد تولید ناخالص داخلی و بطور میانگین ۴ درصد تولید ناخالص داخلی جهانی معادل ۲/۸ تریلیون دلار برآورد نموده است (۶). این در حالی است که تنها ۳/۹ درصد حوادث شغلی در دنیا و کمتر از ۱ درصد آن در جنوب شرق آسیا به سازمان بین‌المللی کار گزارش می‌گردد (۷).

از سویی دیگر محیط زیست نیز از آلودگی‌های ناشی از مراکز صنعتی و تولیدی بی نصیب نبوده تا جایی که بحران‌های فراگیر زیست محیطی از جمله گرم شدن تدریجی زمین (ناشی از اثر گلخانه‌ای)، تخریب ازن استراتوسفری (به طور عمده ناشی از گازهای کلروفلوروکربن (CFCs))، باران‌های اسیدی (ناشی از اختلاط گازهای متصاعد شده از احتراق ناقص سوخت‌های فسیلی و باران)، کاهش غلظت اکسیژن آب و مرگ آبزیان (ناشی از پساب‌های صنعتی)، تخریب خاک (ناشی از زباله‌ها و مواد شیمیایی) و تا حدی آلودگی صوتی، حاصل تقابل نابرابر صنعت و محیط زیست محسوب می‌شوند (۸).

بر اساس آمار منتشره از سوی مرکز آمار ایران برگرفته از ترازنامه انرژی وزارت نیرو؛ مقدار انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای از بخش صنعت کشور و هزینه‌های اجتماعی آن در سال ۱۳۹۱ به شرح جداول ۱ و ۲ گزارش گردیده است (۹).

حال با توجه به تهدیدات یاد شده از سوی صنعت و تحمیل هزینه‌های سنگین و روزافزون آن بر اقتصاد جامعه بشری، و با عنایت به اهمیت و نقش نظام مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE-MS) در صیانت از این دو مولفه زیربنایی و بی‌بدیل و البته بسیار تأثیرگذار نیروی انسانی و محیط زیست در عرصه صنعت و تولید و مهم‌تر از آن توسعه پایدار، ضروری است که به نحوی مطلوب و واقع‌بینانه عملکرد آن در صنایع و مراکز تولیدی مورد ارزیابی قرار گیرد (۱۰) که متأسفانه کمتر به این مهم توجه گردیده است. جهت این منظور یعنی ارزیابی عملکرد ابتدا می‌بایست

جدول ۱- مقدار انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای در بخش صنعت در سال ۱۳۹۱ (تن) (۹)

حامل انرژی/گاز	NO_X	SO_2	CO_2	SO_3	CO	CH_4	SPM	N_2O
نفت سفید	۹	۴۱	---	---	۴۴۲۶۷	۲	---	۰/۴
نفت کوره	۳۵۲۲۲	۱۱۳۷۳۶۹۴۱۶۵۳۱۴		۲۵۲۵	۱۳	۴۴۱	۳۵۲۲	۸۸
نفت گاز	۱۱۷۶۷	۳۶۹۴۸	۶۶۳۱۱۴۰	۴۷۱	۴۷۱	۲۶۸	۳۵۳۰	۵۴
گاز طبیعی	۱۲۰۵۶۲	۲۴۶	۷۶۱۴۸۲۲۰	---	۴۷۸۹	۱۳۵۷	۱۰۱۴۱	۱۳۶
گاز مایع	۱۴۶	---	۲۲۳۲۳۳	---	۹۷	۴	---	۰/۳۵

جدول ۲- هزینه‌های اجتماعی گازهای انتشار یافته از بخش صنعت در سال ۱۳۹۱ بر اساس مطالعه بانک جهانی و سازمان حفاظت محیط زیست به قیمت‌های سال ۱۳۸۱ (میلیارد ریال) (۹)

NO_X	SO_2	CO_2	CO	CH_4	SPM
۸۰۷	۲۹۵۸	۷۵۶۸	۲۲	۳	۵۹۳

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص‌های HSE-MS را شناسایی نمود که این پژوهش در اقدامی بی بدیل، دو استاندارد مدیریت محیط زیست ISO 14001:2015 و مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای ISO 45001:2018 را مبنای این مهم قرار داده و در ادامه نیز با وزن‌دهی آن‌ها، میزان تأثیر هر یک از شاخص‌ها در عملکرد HSE-MS را تعیین نموده است. نکته مهمی که باید به آن توجه کرد آن است که سطح آگاهی از سیستم مدیریت HSE بر جو ایمنی کارکنان موثر می‌باشد (۱۱).

ادبیات پژوهش را به مرور و بررسی موضوعاتی چون؛ استانداردهای مرتبط با موضوع به عنوان یکی از منابع شناسایی شاخص‌های HSE-MS، انواع و ویژگی‌های شاخص‌های HSE-MS، روش‌های ارزیابی عملکرد HSE-MS و نیز متون مرتبط با این پژوهش به عنوان پیشینه موضوع اختصاص داده‌ایم.

استانداردهای مرتبط با HSE آثار و پیامدهای تخریب ناشی از مخاطرات و جنبه‌های مربوط به حوزه HSE به حدی محسوس، مشهود و ملموس گردید که از اواسط دهه ۱۹۹۰ میلادی، مجامع ملی، فراملی و بین‌المللی را وادار به واکنش نمود. این واکنش‌ها در اشکال مختلفی بروز نموده که خلق و انتشار استانداردها و نظامات مدیریتی یکی از مهم‌ترین آن‌هاست که از آن جمله می‌توان به استانداردهای ذیل اشاره نمود:

- HSE-MS تدوین شده از سوی انجمن بین‌المللی تولیدکنندگان نفت و گاز[1] در سال ۱۹۹۴.
- BS 8800 تدوین شده از سوی انجمن استاندارد بریتانیا[2] در سال ۱۹۹۶.
- OHSAS 18001 تدوین شده از سوی انجمن استاندارد بریتانیا در سال ۱۹۹۹ و ویرایش شده در سال ۲۰۰۷.
- ILO-OSH-2001 تدوین شده از سوی سازمان بین‌المللی کار در سال ۲۰۰۱.
- ISO 14001 تدوین‌شده از سوی سازمان بین‌المللی استاندارد در سال ۱۹۹۶ و ویرایش شده در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۱۵.
- ISO 45001 تدوین‌شده از سوی سازمان بین‌المللی استاندارد در سال ۲۰۱۸.
- ISIRI 13000 تدوین شده از سوی سازمان ملی استاندارد ایران در سال ۱۳۸۹.

رویکرد استانداردسازی در حوزه HSE به نوعی پاسخ به نیاز سازمان‌ها و سهامدارانی بود که در پی مدیریت HSE به نحوی پایدارتر و موثرتر و در راستای کاهش تعداد رویدادها (حوادث، شبه حوادث)، آسیب‌ها و بیماری‌های شغلی، کاهش جنبه‌ها و پیامدهای زیست محیطی و در نتیجه کاهش هزینه بودند (۱۲). با وجود این رشد پر شتاب HSE-MS، هیچ مدرک قطعی دال بر تأثیر این نظامات و استانداردها در پیشگیری و کاهش مخاطرات و رویدادهای شغلی و نیز جنبه‌ها و پیامدهای زیست محیطی وجود ندارد. چنانچه نتایج مطالعات و بررسی‌های موسسه کار و بهداشت کانادا[3] نیز تأییدی بر این مدعا است (۱۳).

انواع شاخص‌های HSE-MS شاخص‌های HSE-MS را از زوایای مختلفی می‌توان مورد بررسی قرار داد که شاید بهترین راه ورود به این بحث، مرور انواع طبقه‌بندی آن‌ها باشد.

طبقه‌بندی شاخص‌های HSE بر اساس سطوح (کارکرد) سازمانی: استاندارد مدیریت زیست محیطی - ارزیابی عملکرد زیست محیطی - راهنمایی‌ها ISO 14031:2013، مبنای این طبقه‌بندی بوده که با توجه به تشابه کلی ساختار و مفاهیم آن با مباحث ایمنی و بهداشت کار، به حوزه HSE بسط داده شده‌اند. شاخص عملکرد مدیریتی[4]؛ ارائه دهنده اطلاعاتی از تلاش‌های مدیریت است که عملکرد HSE یک سازمان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شاخص عملکرد عملیاتی[5]؛ نیز اطلاعاتی درباره عملکرد HSE عملیات یک سازمان ارائه می‌دهد. شاخص وضعیت؛ اطلاعاتی را درباره وضعیت HSE جهت درک بهتر آثار و پیامدهای نهفته یا آشکار مخاطرات و جنبه‌های HSE و در نتیجه طرح‌ریزی و استقرار ارزیابی عملکرد HSE ارائه می‌دهد (۱۴). تقسیم‌بندی مشابه دیگری شاخص‌ها را به دو دسته رانشی و پایشی طبقه‌بندی نموده که به ترتیب معادل شاخص‌های عملکرد مدیریتی و عملیاتی می‌باشند (۱۵ و ۱۶).

طبقه‌بندی شاخص‌های HSE بر اساس زمان تأثیر بر

[1] International Association Oil & Gas Producers (OGP)
[2] British Standards Institution (BSI)
[3] Canadian Institute For Work And Health
[4] Management Performance Indicator (MPI)
[5] Operational Performance Indicator (OPI)

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد: بر اساس نظریه دیگری سه رویکرد اصلی در ارزیابی عملکرد HSE وجود دارد؛ رویکرد مبتنی بر نتیجه، رویکرد مبتنی بر انطباق[6] و رویکرد مبتنی بر فرایند. در رویکرد مبتنی بر نتیجه، بطور صرف نتایج عملکرد مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد. رویکرد مبتنی بر انطباق به ارزیابی انطباق نظام با مشخصات ساختاری معین و رویکرد مبتنی بر فرایند نیز به ارزیابی اثربخشی فرایندهای داخلی نظام می‌پردازد. هر رویکرد نیز به اقتضای کاربردش، شاخص‌های مربوط به خود را می‌طلبد. شاخص‌های عملکرد واکنشی (پیرو، خروجی یا منفی)[7] در رویکردهای مبتنی بر نتیجه بکار رفته و شاخص‌های عملکرد کنشی (پیشرو، پیش‌بینی‌کننده یا مثبت)[8] که خود شامل شاخص‌های عملکرد ساختاری[9] و شاخص‌های عملکرد عملیاتی می‌باشد به ترتیب در رویکردهای مبتنی بر انطباق و فرایند بکار می‌روند (۱۷).

ویژگی‌های یک شاخص مناسب HSE-MS

ویژگی‌های یک شاخص مناسب را می‌توان به دو دسته ویژگی‌های درونی و بیرونی تقسیم‌بندی نمود. ویژگی‌های درونی مربوط به مولفه‌ها و ابعاد درونی یک شاخص بوده در حالی که ویژگی‌های بیرونی به نوع ارتباط بین شاخص‌ها اشاره دارد.

برخی مطالعات ویژگی‌های (درونی) شاخص‌ها را مبتنی بر سرواژه SMART & D مخفف واژگان مشخص، قابل اندازه‌گیری، قابل دستیابی، مرتبط (واقع‌بینانه یا منطقی)، زمان‌بندی‌شده و دارای پایگاه داده‌ها عنوان می‌دارند (۲۱-۱۷). متون دیگری نیز معتقدند یک شاخص خوب می‌بایست دارای خصوصیاتی از قبیل؛ قابلیت اندازه‌گیری (کمی)، معتبر، نماینده، حداقل تغییرپذیری نتایج اندازه‌گیری عملکرد در شرایط یکسان، حساس به تغییر، دارای نسبت هزینه-اثربخشی، قابلیت درک برای اغلب کاربران را داشته باشد (۲۲ و ۲۳). مرتبط، پایایی، قیاس‌پذیری، پایداری، قابلیت فهم، نمایندگی کیفیت نیز حاصل آخرین مطالعات در زمینه ویژگی‌های درونی شاخص‌هاست (۲۴).

یک شاخص علاوه بر ویژگی‌های درونی می‌بایست دارای ویژگی‌های بیرونی هم باشد که عدم وابستگی، برقراری اصل تعادل بین دو مفهوم نمایانگری و امکان‌پذیری و نیز اصل تعادل درونی در مناظر کارت امتیازی متوازن از جمله آن‌هاست. عدم وابستگی بین شاخص‌ها بدین معنی است که دو یا چند شاخص مبنی بر داده‌های یکسان و یا در یک زنجیره علت و معلولی نباشند. نمایندگی یعنی بازتاب کافی وضعیت واقعی نظام، و امکان‌پذیری یعنی شدنی بودن ارزیابی این تعداد شاخص (۲۵). همچنین بر اساس کارت امتیازی متوازن می‌بایست بین شاخص‌ها از حیث مناظر مالی، فرایندهای داخلی، یادگیری و رشد، و مشتریان، تعادل درونی وجود داشته باشد (۲۶).

مد نظر قرار دادن ویژگی‌های درونی و بیرونی در حین انتخاب شاخص‌ها منجر به انتخابی جامع و مانع خواهد شد به گونه‌ای که در کنار پوشش کامل ابعاد و عناصر HSE-MS، از انتخاب شاخص‌های اضافی و بیهوده جلوگیری به عمل خواهد آمد.

روش‌ها و ابزارهای منتخب اندازه‌گیری عملکرد: SE

بطور کلی روش‌ها و ابزارهای متنوعی برای ارزیابی عملکرد HSE و بخصوص ایمنی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش عنصر ایمنی، ابزار ارزیابی فراگیر، ابزار خودتشخیصی OHS، دلتای سه پایه، پرسشنامه ارزیابی اقلیم ایمنی اشاره نمود. پژوهشی، ۳ روش اول را از حیث ۶ ویژگی؛ چارچوب نظری، امکانات جامع، روایی روش، تخصص‌های مورد نیاز، انعطاف‌پذیری، انگیزش برای بهبود به بوته آزمایش کشاند. این واکاوی نشان داد که هیچ یک از روش‌ها دارای تمامی ویژگی‌های یاد شده نیستند با این حال این ویژگی‌ها، مبنای خوبی برای گزینش روش‌های موجود و همچنین گسترش آن‌ها فراهم می‌آورد (۲۷).

پیشینه موضوع: نتایج بررسی متون مرتبط با موضوع پژوهش را بر اساس قالب (کتاب، مقاله و پایان‌نامه)، موضوع، محل مطالعه، روش ریاضی و پژوهشگر و سال چاپ طی جدول ۳ خلاصه نمودیم.

[6] Compliance-Based Approach
[7] Reactive (Lagging, Outcome or Negative) Performance Indicators
[8] Proactive (Leading, Predictive or Positive) Performance Indicators (PPI)
[9] Structural Performance Indicators (SPI)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- پیشینه موضوع

قالب	موضوع	محل	روش	پژوهشگر، سال
کتاب	کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط زیست	عمومی	MCDM	نبی‌بیدهندی و همکاران، ۱۳۹۱
کتاب	قابلیت‌سنجی الگوهای تصمیم‌گیری چند معیاره در مدیریت زیست محیطی	گردشگری طبیعی	MCDM	محرم‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۲
کتاب	الگوهای تصمیم‌گیری چند معیاره در حوزه سلامت	بیمارستان	MCDM	بهادری و محمدزاده، ۱۳۹۳
کتاب	شناسایی شاخص‌های بهداشت کار	صنایع نفت و گاز	---	پژمان‌ثانی و حسینی، ۱۳۹۳
کتاب	کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط زیست	عمومی	MCDM	جوزی و همکاران، ۱۳۹۳
مقاله	شناسایی و ارزیابی شاخص‌های HSE پیمانکاران	عمومی	آماری	جعفری و همکاران، ۱۳۹۲
مقاله	ارزیابی موفقیت HSE	مپنا	انتگرال چوکوئت	همت‌جو و همکاران، ۱۳۹۲
مقاله	شناسایی شاخص‌های HSE	عمومی	---	آرش‌اتور و همکاران، ۱۳۹۳
مقاله	شناسایی و ارزیابی شاخص‌های HSE پیمانکاران	صنایع پتروشیمی	آماری	شفائی‌غلامی و همکاران، ۱۳۹۳
مقاله	بررسی عملکرد HSE	بنادر دریای خزر	آزمون فرضیات	طاهری و یحیی‌تبار، ۱۳۹۳
مقاله	ارزیابی عملکرد راهبردی HSE	نیروگاه	BSC	ناصری و همکاران، ۱۳۹۳
مقاله	شناسایی شاخص‌های HSE و رتبه‌بندی شرکت‌ها	شرکت‌های گاز	TOPSIS	منصوری و عظیمی‌حسینی، ۱۳۹۴
مقاله	اولویت‌بندی شاخص‌های مدیریت بهداشت و ایمنی شغلی	صنعت ساخت و ساز	FTOPSIS	یاراحمدی و همکاران، ۱۳۹۴
مقاله	سنجش شاخص های عملکرد واحد HSE	صنایع ذوب	Fuzzy	شمایی و همکاران، ۱۳۹۶
مقاله	توسعه ابزار تعالی HSE	عمومی	AHP	Mohmmadfam et al., 2012
مقاله	ارزیابی و رتبه‌بندی شاخص‌های HSE	عمومی	FTOPSIS	Sadoughi et al., 2012
مقاله	ارزیابی و رتبه‌بندی شاخص‌های زیست محیطی	عمومی	FTOPSIS	Yarahmadi & Sadoughi, 2012
مقاله	شناسایی و رتبه‌بندی شاخص‌های HSEE	عمومی	DEA, PCA و تاگوچی	Azadeh & Sheikhalishahi, 2014
مقاله	شناسایی شاخص‌های HSE	عمومی	---	Kokic Arsic & Misic, 2014
مقاله	شناسایی و رتبه‌بندی شاخص‌های HSE	عمومی	FVIKOR & FANP	Pirzadeh & Darestani, 2014
مقاله	شناسایی و ارزیابی شاخص‌های HSE پیمانکاران	صنایع پتروشیمی	آماری	Shafaei Gholami et al., 2014
مقاله	شناسایی شاخص‌های عملکرد ایمنی کارکنان	صنعت ساختمان	آزمون فرضیات	Ghasemi et al., 2015
مقاله	ارزیابی عملکرد HSEMS پیمانکاران	صنایع پتروشیمی	آماری	Gholami et al., 2015
مقاله	شناسایی و رتبه‌بندی شاخص‌های HSE	صنایع رنگ	---	Musyoka et al., 2015
مقاله	ارزیابی عملکرد HSEMS پیمانکاران	عمومی	آماری	Nassiri, 2015
مقاله	شناسایی و رتبه‌بندی شاخص‌های OSH-MS	عمومی	AHP	Podgórski, 2015
پایان‌نامه	شناسایی و وزندهی شاخص‌های HSEE و ارزیابی عملکرد	پالایشگاه گاز	سامانه‌های خبره فازی	خشنود، ۱۳۸۵
پایان‌نامه	شناسایی شاخص‌های HSEE	شرکت انتقال گاز	شبکه عصبی فازی، سامانه استنتاجی، همبستگی	جیریایی‌شراهی، ۱۳۹۰
پایان‌نامه	شناسایی شاخص‌های HSE	باریت فلات ایران	خانه کیفیت فازی	حسین‌پور، ۱۳۹۲

روش بررسی

در این بخش به مباحثی چون؛ روش پژوهش، جامعه آماری، نمونه‌گیری، ابزار گردآوری و فرایند پژوهش خواهیم پرداخت.

روش و طرح پژوهش با توجه به محتوا و کاربرد، از نوع پیمایشی و کاربردی می‌باشد. جامعه آماری این پژوهش را دانش‌آموختگان رشته‌های مهندسی ایمنی صنعتی، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مدیریت/مهندسی محیط زیست و مدیریت HSE که بر ارزیابی عملکرد HSE اشراف دارند، تشکیل می‌دهند. بر این اساس جهت نمونه‌گیری از روش‌های هدفمند و در دسترس که ذیل روش غیراحتمالی می‌باشند بهره بردیم (۲۸).

خبرگان ۸ نفر بوده که تخصص مورد نیاز پژوهش (یعنی اشراف بر ارزیابی عملکرد HSE-MS) دلیل

www.SID.ir

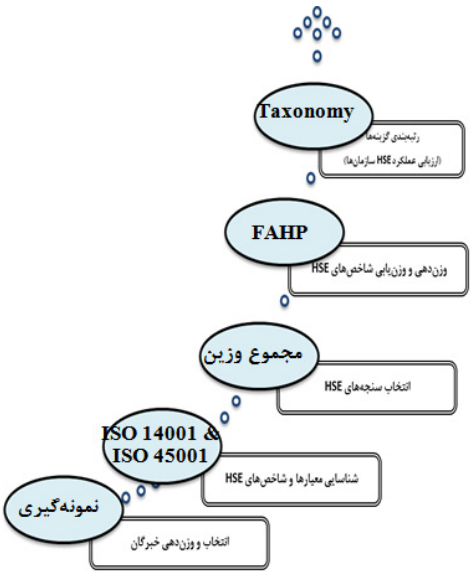
Archive of SID

معدود بودن ایشان بوده که این موضوع می‌بایست در روش تصمیم‌گیری بخصوص مقایسات زوجی به منظور پیشگیری از تناقض آراء، رعایت گردد. جنسیت همه خبرگان مذکر است. از این بین یک نفر دارای مدرک دکتری، یک نفر دارای مدرک کارشناسی و بقیه دارای مدرک کارشناسی ارشد در رشته‌های مرتبط هستند.

تمامی خبرگان دارای سابقه کار در حوزه ارزیابی عملکرد HSE می‌باشند. با توجه به محتوا، رویکرد و اهداف پژوهش، ابزار گردآوری داده‌ها و اطلاعات، پرسشنامه می‌باشد.

برای شناسایی سنجه‌ها پرسشنامه‌ای بر اساس بندهای دو استاندارد مدیریت محیط زیست ISO 14001:2015 و مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای ISO 45001:2018 تنظیم گردید که متشکل از ۱۰ معیار و ۵۴ شاخص می‌باشد. برای ارزیابی هر شاخص دو سنجه پیشنهاد گردیده که خبره می‌بایست یکی از آن‌ها را انتخاب نموده و یا سنجه دیگری را معرفی نماید. خبرگان پس از انتخاب سنجه، می‌بایست شاخص‌ها را دو به دو با هم مقایسه نموده و بر اساس واژگان زبانی مبتنی بر اعداد فازی مثلثی، امتیازدهی نمایند. لذا معیارهای ورودی، مشخصات خبرگان شامل میزان تحصیلات، سابقه کار در حوزه HSE و سابقه کار در حوزه ارزیابی عملکرد HSE بوده و معیارهای خروجی نیز ۵۴ معیار شناسایی و اولویت‌بندی شده شاخص‌های عملکردی HSE است.

با توجه به اینکه از استانداردهای ISO 14001:2015 و ISO 45001:2018 مبنای شناسایی شاخص‌ها استفاده شده و شاخص‌ها برگرفته از بندهای استاندارد بوده و هر یک از بندهای استاندارد مبین موضوعی خاص می‌باشد از این رو هر شاخص نیز بطور انحصاری بیانگر یکی از بندهای استاندارد بوده و این امر نیز حکایت از روایی شاخص‌ها دارد. همچنین با توجه به بهره‌گیری از روش‌های غیر آماری (تصمیم‌گیری) جهت واکاوی داده‌ها، بدیهی است جهت بررسی پایایی ابزار گردآوری، روش‌های مرسوم آماری مطرح نمی‌باشند. با این وجود از آنجایی که برای هر شاخص دو سنجه پیشنهاد گردید و از خبرگان خواسته شد برای ارزیابی هر شاخص یکی از دو سنجه را انتخاب و یا سنجه دیگری را معرفی نمایند که نتیجه آن انتخاب یکی از دو



نمودار ۱- فرآیند پژوهش

سنجه (بدون انتخاب سنجه جدید) بود. برای انتخاب نهایی سنجه، از مجموع وزین نظریات در قبال هر سنجه با احتساب وزن خبرگان استفاده خواهد شد. بر این اساس پایایی نتایج نیز محرز خواهد بود.

فرآیند پژوهش: در این بخش به تبیین فرایند، مسیر یا به عبارتی نقشه راه پژوهش خواهیم پرداخت.

انتخاب و وزن‌دهی خبرگان: انتخاب خبرگان بر اساس روش نمونه‌گیری هدفمند و در دسترس می‌باشد. اما جهت لحاظ دانش و تجربه ایشان در ارائه نظرشان، خبرگان را بر اساس مقطع تحصیلی، سابقه کار در زمینه HSE و ارزیابی عملکرد HSE وزندهی و برایشان ضریب اهمیت تعیین نموده و این ضرایب را در داده‌های استخراجی از پرسشنامه‌ها لحاظ می‌نماییم.

شناسایی معیارها و شاخص‌های HSE: بر اساس استاندارد ارزیابی عملکرد زیست محیطی ISO 14031:2013 دو نوع شاخص مدیریتی و عملیاتی را جهت جامعیت ارزیابی عملکرد HSE-MS مد نظر قرار دادیم. مبنای شناسایی شاخص‌های مدیریتی را استانداردهای مدیریت محیط زیست ISO14001:2015 و مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای ISO 45001:2018 و مبنای تعیین شاخص‌های عملیاتی را دروس کلیدی رشته‌های دانشگاهی مرتبط با HSE در نظر گرفتیم.

انتخاب سنجه: جهت کمی‌سازی ارزیابی عملکرد HSE-MS می‌بایست از شاخص‌های کمی و یا به

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- واژگان زبانی و اعداد فازی مثلثی معادل

واژه زبانی		اعداد فازی	معکوس اعداد فازی		
اهمیت یکسان	The Same Importance	(۱،۱،۱)	۱)	،۱،	(۱
نچندان مهم‌تر	No Matter More Important	(۱،۲،۳)	۱)	،۰/۵،	(۰/۳۳
کمی مهم‌تر	Slightly More Important	(۲،۳،۴)	۰/۵)	،۰/۳۳،	(۰/۲۵
نسبتاً مهم‌تر	Relatively More Important	(۳،۴،۵)	۰/۳۳)	،۰/۲۵،	(۰/۲
مهم‌تر	More Importantly	(۴،۵،۶)	۰/۲۵)	،۰/۲،	(۰/۱۷
خیلی مهم‌تر	Much More Important	(۵،۶،۷)	۰/۲)	،۰/۱۷،	(۰/۱۴
خیلی خیلی مهم‌تر	Very Much More Important	(۶،۷،۸)	۰/۱۷)	،۰/۱۴،	(۰/۱۳
فوق‌العاده مهم‌تر	Incredibly Important	(۷،۸،۹)	۰/۱۴)	،۰/۱۳،	(۰/۱۱
بی‌نهایت مهم‌تر	Infinitely More Important	(۸،۹،۱۰)	۰/۱۳)	،۰/۱۱،	(۰/۱

عبارتی سنجه استفاده نماییم. جهت این منظور پژوهشگر طی پرسشنامه کیفی انتخاب سنجه‌های HSE برای هر شاخص، ۲ سنجه پیشنهاد نموده و خبرگان نیز می‌بایست یکی از ۲ سنجه را انتخاب و یا سنجه دیگری را معرفی نمایند که این مرحله با انتخاب یکی از ۲ سنجه و بدون معرفی سنجه جدید طی شد و با لحاظ وزن خبرگان، سنجه نهایی انتخاب می‌گردد.

وزن‌دهی و وزن‌یابی شاخص‌ها / سنجه‌ها (FAHP): برای اینکه میزان تأثیر یا به عبارتی وزن هر یک از شاخص‌ها در ارزیابی عملکرد HSE-MS مشخص گردد می‌بایست روشی جهت وزن‌یابی تعیین نماییم. بر این اساس رویکرد فرایند واکاوی سلسله مراتبی فازی (FAHP) به روش واکاوی توسعه‌ای (EA) جهت وزن‌یابی شاخص‌ها انتخاب گردید. با توجه به روش انتخابی، پرسشنامه‌ای با عنوان مقایسات زوجی (وزن‌دهی) شاخص‌ها/سنجه‌ها در اختیار خبرگان قرار گرفت تا بر اساس جدول اعداد فازی مثلثی (جدول ۴) به هر یک از مقایسات دو به دو بین شاخص‌ها عبارت زبانی فازی مد نظر خود را اختصاص دهند.

رویکرد FAHP به روش EA: فرآیند واکاوی سلسله مراتبی (AHP)، یکی از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که توسط توماس ال. ساعتی در دهه ۱۹۷۰ میلادی ابداع گردید. این روش هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه و شاخص تصمیم‌گیری روبرو است، می‌تواند مفید باشد. شاخص‌ها می‌توانند کمی یا کیفی باشند. این روش بر پایه مقایسات زوجی بنا گردیده است. در این روش تصمیم‌گیرنده با الگوسازی درخت سلسله مراتب تصمیم که نمایانگر شاخص‌ها و گزینه‌های تصمیم‌گیری است کار خود را آغاز می‌نماید. پس از یک مجموعه مقایسات زوجی، بین شاخص‌ها و گزینه‌ها، وزن هر یک از شاخص‌ها و در نهایت گزینه‌ها تعیین گردیده که بر اساس آن تصمیم بهینه حاصل خواهد آمد.

از سویی استاد لطفعلی رحیم‌اوغلو عسکرزاده ریاضی‌دان (متولد باکو، دانش‌آموخته ایران تا مقطع کارشناسی و پژوهشگر آمریکایی)، در سال ۱۹۶۲ برای اولین بار در مجله مهندسی، واژه منطق فازی[10] را بر پایه نظریات ماکس بلک[11] فیلسوف آذربایجانی و جان لوکاسیه‌ویچ[12] منطق‌دان لهستانی بکار برد. بر اساس نظریه او، کلمات درست و نادرست (مشابه بله و خیر) واژگان چندان مناسبی برای ماشین و رایانه که از صفر و یک استفاده می‌کنند نیستند و به جای آن باید از عبارت درجه درستی استفاده شود (۲۹).

از سال ۱۹۸۳ تلاش‌هایی برای فازی‌سازی AHP صورت گرفت که منجر به روش‌های متنوعی گردید که هر یک دارای ویژگی‌هایی هستند. روش واکاوی توسعه‌ای (EA) یکی از این روش‌هاست که در سال ۱۹۹۶ توسط چانگ ابداع گردید. اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد فازی مثلثی هستند.

برتری روش فرایند واکاوی سلسله مراتبی فازی بر دیگر روش‌های تصمیم‌گیری، مبتنی بر تلفیق مزایای

[10] Fuzzy Logic
[11] Max black
[12] Jan Lukasiewicz

www.SID.ir

Archive of SID

AHP و منطق فازی است. AHP روشی است انعطاف‌پذیر که افراد و گروه‌ها به وسیله آن، نظریاتشان را شکل داده، مسائل را با فرضیات مناسب تعریف کرده و در نهایت به جواب مطلوب می‌رسند. بطور خلاصه مزایا و برتری AHP را نسبت به دیگر روش‌های تصمیم‌گیری را موتوان مواردی چون؛ ترکیبی از رویکردهای قیاسی و استقرایی، تناسب با ساختار ذهنی انسان و قابلیت فهم، لحاظ نمودن وابستگی متقابل بین اجزاء، ترکیب قضاوت‌های مختلف در راستای تصمیم‌گیری واحد، وحدت رویه در حل مسائل، تکرار پذیری در عین انعطاف‌پذیری برشمرد. از این رو AHP حتی در تصمیم‌گیری گروهی نیز بر روش‌هایی چون؛ اسمی، دلفی و طوفان مغزی (دارای معایبی همچون؛ زمان، هزینه و جمود فکری) برتری داشته بلکه به لحاظ برخورداری از منطق ریاضی، قابلیت تلفیق معیارهای کمی و کیفی را برای مقایسه گزینه‌های متعدد در بردارد (۳۰).

بر اساس نظریه فازی، کلمات درست و نادرست (مشابه بله و خیر) واژگان چندان مناسبی برای ماشین و رایانه که از صفر و یک استفاده می‌کنند نیستند و به جای آن باید از عبارت درجه درستی استفاده شود. به عبارت دیگر منطق فازی تلفیقی است از منطق سنتی ارسطویی (مبتنی بر صحیح و غلط بودن قضایا) و نظریه احتمالات، بدون اینکه معایب آن‌ها را در برداشته باشد (۲۹).

برتری‌های یاد شده مزایای عام FAHP بوده، اما دلیل انتخاب آن برای این پژوهش، بهره‌مندی از مقایسات زوجی موجود در این روش است که امکان لحاظ تأثیر متقابل شاخص‌ها بر یکدیگر را داده که این مهم نیز باعث افزایش جامعیت و دقت اولویت‌بندی و وزندهی شاخص‌ها می‌شود.

در روش EA برای محاسبه FAHP چهار مرحله پیش رو داریم:

گام اول: تلفیق داده‌های ارائه شده از سوی خبرگان:

ابتدا با استفاده از رابطه ۱ که همان میانگین هندسی است، داده‌های ارائه شده از سوی خبرگان را تلفیق می‌نماییم، در این رابطه w_E ضریب اهمیت نظر خبره می‌باشد:

$$\left[\tilde{X}_{ij} = (L_{ij}, M_{ij}, U_{ij})\right] = \left[\prod_{k=1}^{l} L_{ij}^{w_{Ek}}, \prod_{k=1}^{l} M_{ij}^{w_{Ek}}, \prod_{k=1}^{l} U_{ij}^{w_{Ek}}\right] \quad (۱)$$

گام دوم: تعیین ارزش هر یک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی (S):

جهت تعیین ارزش هر سطر از رابطه ۲ استفاده نموده که در این رابطه، k بیانگر شماره سطر، i نشان دهنده گزینه‌ها و j نمایانگر شاخص‌ها است.

$$S_k = \sum_{j=1}^{n} \tilde{X}_{kj} \times \left[\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \tilde{X}_{ij}\right]^{-1} \quad (۲)$$

گام سوم: تعیین درجه بزرگی ارزش هر یک از سطرها نسبت به یکدیگر :(V)

ابتدا می‌بایست درجه بزرگی ارزش سطرها را دو به دو با هم مقایسه نمود. بدیهی است که بین دو یا چند عدد فازی مثلثی، عددی بزرگتر است که هر سه رقم آن از ارقام متناظرش در دیگر اعداد فازی مثلثی بزرگتر باشد که این امر به زبان ریاضی طی رابطه ۳ بیان گردیده است. در غیر این صورت رابطه ۴ تعیین کننده درجه بزرگی بین دو عدد فازی مثلثی می‌باشد. در ادامه جهت بررسی درجه بزرگی هر عدد فازی مثلثی از دیگر اعداد فازی مثلثی از رابطه ۵ بهره خواهیم برد:

$$\begin{cases} V(S_1 \geq S_2) & (L_1 \geq L_2) \vee (M_1 \geq M_2) \vee (U_1 \geq U_2) \text{ یا به عبارتی } (S_1 \geq S_2) \text{ اگر} \\ V(S_1 \geq S_2) = hgt(S_1 \cap S_2) & \text{در غیر این صورت} \end{cases} \quad (۳)$$

$$hgt(S_1 \cap S_2) = \frac{(U_1 - L_2)}{(U_1 - L_2) + (M_2 - M_1)} \quad (۴)$$

$$V(S_1 \geq S_2 \geq \cdots \geq S_k) = V(S_1 \geq S_2) \text{ and } \ldots \text{ and } V(S_1 \geq S_k) \quad (۵)$$

گام چهارم: تعیین اوزان شاخص‌ها:(W)

ابتدا از رابطه ۶ جهت تعیین وزن نابهنجار شاخص و سپس برای تعیین وزن بهنجار یا بی مقیاس شاخص از رابطه ۷ بهره خواهیم برد (۳۰):

$$W(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \qquad k = 1,2,3,\ldots,n, k \neq i \quad (۶)$$

$$W(A_i) = [W(A_1), W(A_2), \ldots, W(A_n)]^t \quad (۷)$$

ارزیابی عملکرد HSE سازمان‌ها (تاکسونومی): برای ارزیابی عملکرد HSE 5 سازمان فعال در عرصه ساخت شناور از شاخص‌های موزون حاصله از مرحله قبل در قالب روش تاکسونومی بهره خواهیم برد.

www.SID.ir

Archive of SID

تاکسونومی: روش واکاوی تاکسونومی از مهم‌ترین روش‌های درجه‌بندی مناطق از نظر توسعه‌یافتگی است که بطور گسترده در علم جغرافیا مطرح می‌باشد. این روش اولین بار در سال ۱۷۶۳ توسط آدنسون مطرح و در سال ۱۹۵۰ توسط گروهی از ریاضی‌دانان بسط داده شد. در سال ۱۹۶۸ توسط هولینگ در یونسکو به عنوان روشی مهم در طبقه‌بندی توسعه‌یافتگی بین ملل مختلف مطرح گردید و امروزه در رشته‌های مختلف علوم کشاورزی، زمین‌شناسی، صنایع، دامپزشکی و پزشکی مطرح می‌باشد. تاکسونومی عددی یکی از انواع تاکسونومی است که جهت ارزیابی شباهت بین واحدها و درجه‌بندی آن‌ها بکار می‌رود. در این روش یک مجموعه به زیرمجموعه‌های کم و بیش همگن تقسیم شده و مقیاسی قابل قبول برای بررسی و سنجش میزان توسعه‌یافتگی نواحی در اختیار برنامه‌ریزان قرار می‌دهد. این روش مبتنی بر واکاوی شاخص‌های از پیش تعیین شده است که علاوه بر اولویت‌بندی گزینه‌ها، آن‌ها را درجه‌بندی نیز می‌نماید.

مراحل تاکسونومی:

گام اول: تشکیل ماتریس داده‌ها (xij) و محاسبه میانگین (μj) و انحراف معیار(σj)

گام دوم: بی‌مقیاس‌سازی داده‌های ماتریس :(Zij)

برای استانداردسازی (بی‌مقیاس‌سازی) داده‌ها از رابطه ۸ بهره می‌گیریم:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{X}_j}{\sigma_j} \qquad (۸)$$

پس از استانداردسازی یا بی‌مقیاس‌سازی داده‌ها، بزرگترین داده هر ستون را در انتهای آن ستون تحت عنوان مقدار ایده‌آل مثبت (DOj) تعیین می‌نماییم.

گام سوم: تحدید گزینه‌ها (همگن‌سازی گزینه‌ها):

منظور از تحدید یا همگن‌سازی گزینه‌ها، حذف گزینه‌های پرت (دارای فواصل بسیار زیاد از دیگر گزینه‌ها) می‌باشد. بدین منظور ابتدا می‌بایست فاصله مرکب بین گزینه‌ها (اختلاف هر گزینه را از دیگر گزینه‌ها) را با استفاده از رابطه ۹ تعیین نماییم.

$$d_{ab} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (Z_{aj} - Z_{bj})^2} \qquad (۹)$$

در نتیجه محاسبات بالا می‌توان ماتریس فواصل مرکب بین گزینه‌ها را تشکیل و کمترین فاصله هر سطر را با نماد (dr) مشخص و میانگین و انحراف معیار آن را محاسبه نمود. حال می‌توان با استفاده از روابط ۱۰ و ۱۱ به ترتیب حد بالا (Ur) و حد پایین (Lr) را محاسبه و (dr) خارج از این بازه را در صورت وجود حذف و مراحل قبلی را فقط برای گزینه‌های محدود در حدود بالا و پایین تکرار نمود.

$$U_r = \bar{d}_r + 2\sigma_{dr} \quad \text{حد بالا} \qquad (۱۰)$$

$$L_r = \bar{d}_r - 2\sigma_{dr} \quad \text{حد پایین} \qquad (۱۱)$$

گام چهارم: تعیین الگو یا سرمشق توسعه گزینه‌ها (Cio):

در این مرحله فاصله هر یک از گزینه‌ها (Zij) از مقدار ایده‌آل مثبت (DOj) طی رابطه ۱۲ تعیین شده که کمترین فاصله، مبین توسعه‌یافتگی گزینه و برعکس خواهد بود.

$$C_{io} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (Z_{ij} - DO_j)^2} \qquad (۱۲)$$

گام پنجم: رتبه‌بندی میزان توسعه‌یافتگی گزینه‌ها:

پس از به دست آوردن حد بالای توسعه (Co) از طریق رابطه ۱۳، با استفاده از رابطه ۱۴ میزان توسعه‌یافتگی گزینه‌ها را محاسبه می‌نماییم:

$$Co = \overline{C_{io}} + 2\sigma C_{io} \qquad (۱۳)$$

$$F_i = \frac{C_{io}}{Co} \qquad (۱۴)$$

هر چه Fi کوچک‌تر باشد آن گزینه توسعه‌یافته‌تر بوده و در نتیجه رتبه‌بندی گزینه‌ها نیز مشخص خواهد شد (۳۰).

یافته‌ها

کنکاش و بررسی استانداردهای ISO 14001:2015 و ISO 45001:2018 و دروس کلیدی رشته‌های دانشگاهی مرتبط با HSE به شناسایی ۱۰ معیار و ۵۴ شاخص منتج گردید. ۷ معیار و ۲۸ شاخص، از نوع مدیریتی و ۳ معیار و ۲۶ شاخص، از جنس عملیاتی می‌باشند. خبرگان طی پرسشنامه انتخاب سنجه‌های HSE، برای هر شاخص یک سنجه انتخاب نمودند که با

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- معیارها، زیرمعیارها، شاخص‌های شناسایی شده و سنجه‌های HSE انتخاب شده

	معیار	زیرمعیار	شاخص	شماره شاخص	سنجه‌های منتخب
۱	محیط سازمان	۱-۱	درک نیازها و انتظارات کارکنان و طرف‌های ذینفع	۱	نسبت تعداد نیازها و انتظارات شناسایی شده کارکنان و طرف‌های ذینفع در حوزه HSE به کل نیازها و انتظارات کارکنان و طرف‌های ذینفع در حوزه HSE
۲	رهبری	۱-۲	رهبری و تعهد	۲	نسبت مدیران دارای مسئولیت‌های مرتبط با HSE نسبت به کل مدیران
		۲-۲	خط‌مشی	۳	نسبت عناصر موجود در خط‌مشی HSE به کل عناصر بایسته
		۳-۲	نقش‌ها، مسئولیت‌ها و اختیارات سازمانی	۴	نسبت جایگاه‌های شغلی HSE به کل جایگاه‌های شغلی
		۴-۲	مشارکت، مشاورت و نمایندگی	۵	نسبت کارکنان مشارکت کننده / پیشنهاد دهنده در حوزه HSE به کل کارکنان
۳	طرح‌ریزی	۱-۳	مخاطرات و جنبه‌های HSE	۶	نسبت مخاطرات و جنبه‌های HSE شناسایی، ارزیابی و ثبت شده به کل مخاطرات و جنبه‌های HSE
		۲-۳	تعهدات پذیرفته	۷	نسبت تعهدات پذیرفته HSE شناسایی و تعیین کاربرد شده در واحدها / فعالیت‌ها به کل تعهدات پذیرفته HSE
		۳-۳	اهداف HSE	۸	نسبت اهداف محقق شده HSE به کل اهداف HSE
		۴-۳	طرح‌ریزی اقدامات جهت دستیابی به اهداف HSE	۹	نسبت اقدامات دستیابی به اهداف HSE با ویژگی‌های بایسته به کل اقدامات دستیابی به اهداف HSE
۴	پشتیبانی	۱-۴	منابع	۱۰	نسبت ریالی منابع تأمین شده برای HSE به کل منابع بایسته HSE
		۲-۴	صلاحیت	۱۱	نسبت کارکنان دارای صلاحیت بروز رسانی شده برای شغل محوله به کل کارکنان
		۳-۴	آگاهی	۱۲	نسبت نفر ساعت آموزش دیده در حوزه HSE به نفر ساعت نیاز سنجی شده در حوزه HSE
		۴-۴	ارتباطات	۱۳	نسبت طرف‌های ذینفع اطلاع رسانی شده درخصوص موضوعات HSE مرتبط با نوع ارتباط با سازمان به کل طرف‌های ذینفع
		۵-۴	اطلاعات مدون	۱۴	نسبت عناصر HSE مستند و بروز رسانی شده و تحت کنترل به کل عناصر HSE (طبق بند ۷-۵)
۵	عملیات	۱-۵	طرح‌ریزی و کنترل عملیات (عادی)	۱۵	نسبت عملیات‌های دارای کاربرگ بازبینی و کنترل شده از حیث HSE به کل عملیات‌های نیازمند کنترل از حیث HSE
		۲-۵	طرح‌ریزی و کنترل عملیات خطرناک	۱۶	نسبت انواع عملیات خطرناک شناسایی شده به انواع عملیات خطرناک موجود
		۳-۵	مدیریت تغییر	۱۷	نسبت تغییرات انجام یافته پس از اخذ مجوز تغییر به کل تغییرات انجام یافته نیازمند مجوز تغییر
		۴-۵	تهیه و تدارک کالا	۱۸	نسبت کالا، تجهیزات و تأسیسات ارزیابی شده از حیث HSE پیش از خرید به کل کالا، تجهیزات و تأسیسات خریداری شده
		۵-۵	پیمانکاران	۱۹	نسبت شرکت‌های پیمانکاری و تأمین کننده ارزیابی شده از حیث HSE (قبل و حین قرارداد) به کل شرکت‌های نیازمند ارزیابی
		۶-۵	طرحریزی آمادگی و واکنش در وضعیات اضطراری	۲۰	نسبت رزمایش‌های اجرا شده درخصوص وضعیات اضطراری به تعداد انواع وضعیات اضطراری محتمل
۶	ارزیابی عملکرد	۱-۶	ارزیابی عملکرد HSE	۲۱	نسبت دفعات پایش، اندازه‌گیری، واکاوی و ارزیابی عملکرد HSE به دفعات پایش، اندازه‌گیری، واکاوی و ارزیابی عملکرد HSE بایسته
		۲-۶	ارزیابی انطباق	۲۲	نسبت تعهدات پذیرفته رعایت شده HSE به کل تعهدات پذیرفته HSE
		۳-۶	ممیزی داخلی	۲۳	نسبت اقدامات محقق شده مربوط به ممیزی‌های HSE به کل اقدامات صادره از ممیزی‌های HSE
		۴-۶	بازنگری مدیریت	۲۴	نسبت مصوبات محقق شده مربوط به بازنگری‌های مدیریت HSE به کل مصوبات صادره از بازنگری‌های مدیریت HSE
۷	بهبود	۱-۷	شناسایی رویدادهای شغلی	۲۵	نسبت رویدادهای شغلی (حوادث و شبه حوادث ناشی از کار) شناسایی، ثبت و گزارش شده به کل رویدادهای شغلی
		۲-۷	پیگیری رویدادهای شغلی	۲۶	نسبت رویدادهای شغلی علت‌یابی و رفع علت شده به کل رویدادهای شغلی رخداده
		۳-۷	عدم انطباق و اقدام اصلاحی	۲۷	نسبت اقدامات کاهنده (مخاطرات و جنبه‌های HSE دارای الزام قانونی و بارز) و اصلاحی (عدم انطباق‌های ممیزی و ...) محقق و ارزیابی اثربخشی شده به کل
		۴-۷	بهبود مستمر	۲۸	نسبت دفعات ارتقاء عملکرد HSE به کل دفعات مقایسه نتایج ۲ دوره متوالی

توجه به ضریب اهمیت ایشان سنجه منتخب تعیین گردید که نتایج آن در جدول ۵ مشاهده می‌شود.

نتایج وزن‌دهی شاخص‌ها از سوی خبرگان و محاسبه اوزان آن‌ها، با رویکرد فرایند سلسله مراتبی فازی (FAHP) به روش واکاوی توسعه‌ای (EA) در جدول ۶ قابل مشاهده است.

بر اساس نتایج حاصله از مرحله قبل (یعنی سنجه‌های موزون HSE) به ارزیابی عملکرد HSE ۵ سازمان فعال در عرصه ساخت شناور پرداختیم. این محاسبات مبتنی بر روش تاکسونومی با احتساب اوزان شاخص‌ها و بدون احتساب شاخص‌ها انجام پذیرفت که نتایج آن در جدول ۷ مشاهده می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش را از زوایای گوناگونی می‌توان مورد بررسی و مداقه قرار داد که در پی به بخشی از آن خواهیم پرداخت. همانگونه که در بخش‌های پیشین نیز اشاره گردید تعداد معیارها و شاخص‌های مدیریتی به ترتیب ۷ و ۲۸ مورد و تعداد معیارها و شاخص‌های عملیاتی به ترتیب ۳ و ۲۶ مورد می‌باشد با این حال

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- ادامه

معیار		زیرمعیار		شاخص	شماره شاخص	سنجه‌های منتخب
۸	ایمنی	۸-۱		ایمنی عمومی (S۵)	۲۹	نسبت مساحت / حجم برخوردار از نظام آراستگی به مساحت / حجم کل
		۸-۲		ایمنی ساختمان	۳۰	نسبت مساحت / حجم سازه ایمن به مساحت / حجم کل سازه‌ها
		۸-۳		ایمنی برق	۳۱	نسبت تأسیسات و دستگاه‌های برقی ایمن به کل تأسیسات و دستگاه‌های برقی
		۸-۴		ایمنی حریق	۳۲	نسبت حریق‌های بموقع اعلام / اطفاء شده به کل حریق‌ها
		۸-۵		ایمنی ماشین آلات و تجهیزات	۳۳	نسبت ماشین آلات / تجهیزات ایمن به کل ماشین آلات / تجهیزات
		۸-۶		PPE	۳۴	نسبت کارکنان استفاده کننده از PPE بطور صحیح به کل کارکنان نیازمند PPE
۹	بهداشت	۹-۱	عوامل زیان‌آور فیزیکی مجاز	۹-۱-۱ صدا	۳۵	نسبت کارکنان در معرض صدای مجاز به کل کارکنان در معرض صدا
				۹-۱-۲ ارتعاش	۳۶	نسبت کارکنان در معرض ارتعاش مجاز به کل کارکنان در معرض ارتعاش
				۹-۱-۳ روشنایی	۳۷	نسبت کارکنان برخوردار از روشنایی مطلوب به کل کارکنان
				۹-۱-۴ پرتو	۳۸	نسبت کارکنان در معرض پرتو مجاز به کل کارکنان در معرض پرتو
				۹-۱-۵ شرایط جوی	۳۹	نسبت کارکنان برخوردار از شرایط جوی (دما، رطوبت و جریان هوا) مطلوب به کل کارکنان
				۹-۱-۶ فشار هوا	۴۰	نسبت کارکنان در معرض فشار هوای مجاز به کل کارکنان در معرض فشار هوای نامتعارف
		۹-۲	عوامل زیان‌آور شیمیایی مجاز	۹-۲-۱ جامدات	۴۱	نسبت کارکنان در معرض جامدات شیمیایی مجاز به کل کارکنان در معرض جامدات شیمیایی
				۹-۲-۲ مایعات	۴۲	نسبت کارکنان در معرض مایعات شیمیایی مجاز به کل کارکنان در معرض مایعات شیمیایی
				۹-۲-۳ گازها / بخارات	۴۳	نسبت کارکنان در معرض گازها / بخارات شیمیایی مجاز به کل کارکنان در معرض گازها / بخارات شیمیایی
				۹-۲-۴ ذرات	۴۴	نسبت کارکنان در معرض ذرات شیمیایی مجاز به کل کارکنان در معرض ذرات شیمیایی
		۹-۳		عوامل زیان‌آور زیست شناختی مجاز	۴۵	نسبت کارکنان در معرض عوامل زیان‌آور زیست شناختی مجاز به کل کارکنان در معرض عوامل زیان‌آور زیست شناختی
		۹-۴		عوامل زیان‌آور ارگونومی مجاز	۴۶	نسبت کارکنان در معرض عوامل زیان‌آور ارگونومی مجاز به کل کارکنان در معرض عوامل زیان‌آور ارگونومی
		۹-۵		عوامل زیان‌آور روانی مجاز	۴۷	نسبت کارکنان در معرض عوامل زیان‌آور روانی مجاز به کل کارکنان در معرض عوامل زیان‌آور روانی
		۹-۶		طب کار (معاینات و آزمایش‌های پزشکی بدو استخدام و دوره‌ای)	۴۸	نسبت کارکنان مورد معاینه و آزمایش بدو استخدام و دوره‌ای به کل کارکنان استخدامی و موجود
۱۰	محیط زیست	۱۰-۱		هوا	۴۹	نسبت هوای پاک (غیرآلوده) منتشره به کل هوای منتشره به محیط
		۱۰-۲		آب	۵۰	نسبت آب سالم (غیر آلوده) منتشره به کل آب منتشره به آب‌های جاری یا زیر زمینی
		۱۰-۳		خاک	۵۱	نسبت پسماند تولیدی قابل بازیافت یا قابل استفاده مجدد به کل پسماند تولیدی
		۱۰-۴		انرژی	۵۲	نسبت انرژی مصرفی تجدیدپذیر به کل انرژی مصرفی
		۱۰-۵		مواد	۵۳	نسبت مواد مصرفی قابل بازیافت به کل مواد مصرفی
		۱۰-۶		محصول	۵۴	نسبت محصولات بدون مخاطرات و جنبه‌های HSE به کل محصولات

مجموع وزن شاخص‌های مدیریتی معادل ۴۰/۵ درصد و مجموع وزن شاخص‌های عملیاتی معادل ۵۹/۵ درصد می‌باشد که این ارقام حاکی از آن است که با وجود تعداد بیشتر شاخص‌های مدیریتی، وزن و در نتیجه اهمیت شاخص‌های عملیاتی در ارزیابی عملکرد HSE بیشتر است. در بین معیارهای HSE، ۳ معیار عملیاتی بیشترین اوزان را به خود اختصاص داده و پس از آن معیارهای مدیریتی قرار می‌گیرند (نمودار ۲).

نمودار ۳ شاخص‌ها را به ترتیب وزن و فارغ از تقسیم‌بندی معیارها، جهت درک موقعیت هر شاخص در بین دیگر شاخص‌ها به نمایش گذارده است. همان گونه که مشهود است ۶ شاخص اول که دارای بیشترین وزن هستند همگی از نوع شاخص‌های عملیاتی و ۶ شاخص آخر که دارای کمترین وزن می‌باشند از نوع شاخص‌ه ای مدیریتی هستند.

بطور کلی ارزیابی عملکرد بخش عملیاتی مدیریت عملکرد است که نیازمند معیارها و شاخص‌هایی می‌باشد. ارزیابی عملکرد HSE-MS نیز از این قاعده مستثنی نیست ولی آنچه مهم است استخدام معیارها و شاخص‌های مدیریتی و عملیاتی در کنار هم می‌باشد که تصویری واقعی از عملکرد HSE-MS سازمان ارائه می‌دهد. با این وجود، این شرط لازم است اما کافی نیست. به عبارت دیگر این شاخص‌های کیفی فقط عباراتی مبهم و سربسته ارائه می‌دهد که جهت مقایسات درون و برون سازمانی کاربرد چندانی ندارد. از این رو می‌بایست برای سنجش وضعیت هر شاخص، سنجه‌ای تعریف نمود که نتیجه کمی ارائه دهد که این امر به مقایسه عملکرد هر سازمان در بازه‌های زمانی متفاوت کمک می‌کند اما نقطه ضعف آن، عدم کاربرد در مقایسه عملکرد بین دو یا چند سازمان با وجود تفاوت بین سازمان‌ها می‌باشد. این نقطه ضعف با نسبی کردن سنجه‌ها مرتفع خواهد شد به گونه‌ای که دست

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- رتبه و وزن شاخص‌های HSE

شماره شاخص	رتبه شاخص	وزن شاخص		شماره شاخص	رتبه شاخص	وزن شاخص	
		خام	بی‌مقیاس			خام	بی‌مقیاس
۱	۴۶	۰/۲۷۴۳۱	۰/۰۰۹۳۳	۲۸	۳۲	۰/۴۸۵۹۵	۰/۰۱۶۵۲
۲	۲۴	۰/۶۱۸۲۳	۰/۰۲۱۰۲	۲۹	۶	۰/۸۷۳۳۱	۰/۰۲۹۶۹
۳	۴۰	۰/۳۶۳۱۶	۰/۰۱۲۳۵	۳۰	۲۷	۰/۵۴۴۹۲	۰/۰۱۸۵۲
۴	۵۰	۰/۱۷۰۲۹	۰/۰۰۵۷۹	۳۱	۱۳	۰/۷۶۵۶۵	۰/۰۲۶۰۳
۵	۴۹	۰/۱۹۰۹۷	۰/۰۰۶۴۹	۳۲	۱۱	۰/۷۶۸۶۳	۰/۰۲۶۱۳
۶	۳۷	۰/۴۱۱۷۲	۰/۰۱۴۰۰	۳۳	۴	۰/۹۰۳۳۶	۰/۰۳۰۷۱
۷	۳۹	۰/۴۰۵۰۱	۰/۰۱۳۷۷	۳۴	۲۱	۰/۶۶۵۰۴	۰/۰۲۲۶۱
۸	۳۶	۰/۴۱۴۶۰	۰/۰۱۴۰۹	۳۵	۳۳	۰/۴۸۲۵۶	۰/۰۱۶۴۱
۹	۵۱	۰/۱۵۷۵۶	۰/۰۰۵۳۶	۳۶	۴۵	۰/۲۷۴۹۲	۰/۰۰۹۳۵
۱۰	۴۱	۰/۳۱۶۹۹	۰/۰۱۰۷۸	۳۷	۳۱	۰/۵۲۸۵۴	۰/۰۱۷۹۷
۱۱	۳۴	۰/۴۲۵۱۵	۰/۰۱۴۴۵	۳۸	۱۹	۰/۶۹۲۱۸	۰/۰۲۳۵۳
۱۲	۲۵	۰/۵۵۲۸۸	۰/۰۱۸۸۰	۳۹	۲۶	۰/۵۵۰۶۶	۰/۰۱۸۷۲
۱۳	۵۴	۰/۰۱۵۷۹	۰/۰۰۰۵۴	۴۰	۴۸	۰/۲۰۳۲۲	۰/۰۰۶۹۱
۱۴	۴۲	۰/۳۰۸۰۷	۰/۰۱۰۴۷	۴۱	۴۷	۰/۲۶۹۷۵	۰/۰۰۹۱۷
۱۵	۴۳	۰/۳۰۱۴۳	۰/۰۱۰۲۵	۴۲	۳۸	۰/۴۰۹۴۵	۰/۰۱۳۹۲
۱۶	۲۹	۰/۵۴۲۹۵	۰/۰۱۸۴۶	۴۳	۳	۰/۹۱۴۳۳	۰/۰۳۱۰۸
۱۷	۲۲	۰/۶۴۱۳۴	۰/۰۲۱۸۰	۴۴	۲	۰/۹۹۸۰۲	۰/۰۳۳۹۳
۱۸	۵۳	۰/۱۱۵۵۴	۰/۰۰۳۹۳	۴۵	۵	۰/۸۹۸۸۱	۰/۰۳۰۵۶
۱۹	۳۵	۰/۴۱۵۶۴	۰/۰۱۴۱۳	۴۶	۲۳	۰/۶۲۸۸۲	۰/۰۲۱۳۸
۲۰	۲۸	۰/۵۴۳۸۲	۰/۰۱۸۴۹	۴۷	۸	۰/۸۴۹۵۱	۰/۰۲۸۸۸
۲۱	۹	۰/۸۲۰۱۴	۰/۰۲۷۸۸	۴۸	۳۰	۰/۵۳۶۵۱	۰/۰۱۸۲۴
۲۲	۴۴	۰/۲۹۰۰۱	۰/۰۰۹۸۶	۴۹	۱۷	۰/۷۱۷۵۸	۰/۰۲۴۳۹
۲۳	۵۲	۰/۱۴۷۲۷	۰/۰۰۵۰۱	۵۰	۱۲	۰/۷۶۸۰۵	۰/۰۲۶۱۱
۲۴	۲۰	۰/۶۶۷۸۸	۰/۰۲۲۷۱	۵۱	۱۰	۰/۷۶۹۵۶	۰/۰۲۶۱۶
۲۵	۷	۰/۸۵۴۶۸	۰/۰۲۹۰۶	۵۲	۱۶	۰/۷۳۲۶۰	۰/۰۲۴۹۱
۲۶	۱۴	۰/۷۶۰۴۸	۰/۰۲۵۸۵	۵۳	۱۵	۰/۷۵۶۹۶	۰/۰۲۵۷۳
۲۷	۱۸	۰/۷۰۰۵۳	۰/۰۲۳۸۲	۵۴	۱	۱	۰/۰۳۴۰۰

جدول ۷- نتایج ارزیابی عملکرد HSE سازمان‌ها با و بدون احتساب اوزان شاخص‌ها

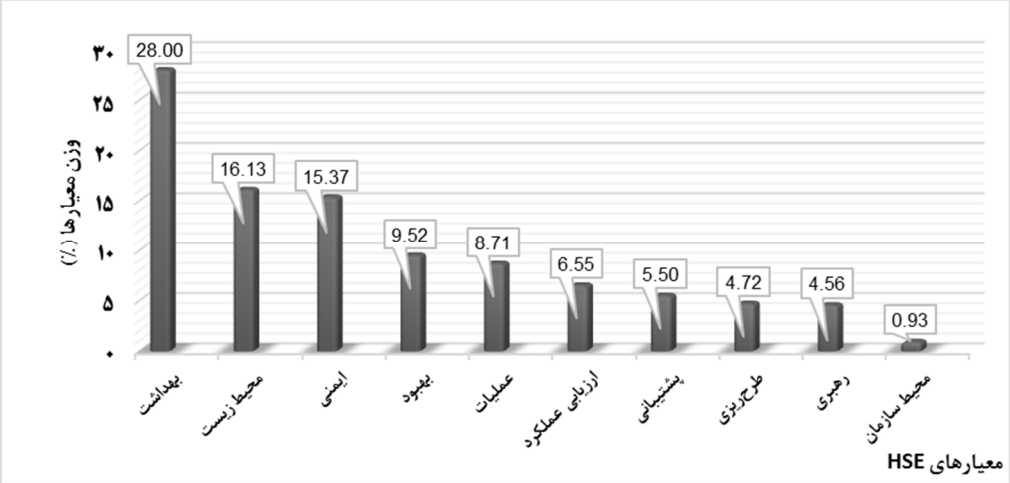
سازمان‌ها	الگوی توسعه‌یافتگی (Cio)		میزان توسعه‌یافتگی (Fi)		رتبه‌بندی	
	بدون احتساب اوزان	با احتساب اوزان	بدون احتساب اوزان	با احتساب اوزان	بدون احتساب اوزان	با احتساب اوزان
۱	۴۹/۷۹۶	۴۴/۶۲۹	۰/۹۵۰	۰/۸۶۴	۱	۱
۲	۵۰/۳۲۱	۴۵/۶۵۰	۰/۹۶۰	۰/۸۸۴	۳	۲
۳	۴۹/۹۵۷	۴۷/۳۸۵	۰/۹۵۴	۰/۹۱۷	۲	۳
۴	۵۰/۸۲۲	۴۸/۷۰۵	۰/۹۷۰	۰/۹۴۳	۴	۴
۵	۵۲/۰۴۰	۵۰/۰۱۰	۰/۹۹۳	۰/۹۶۸	۵	۵

کم، تفاوت سازمان‌ها از حیث اندازه، تأثیری در مقایسه عملکرد آن‌ها نخواهد گذاشت.

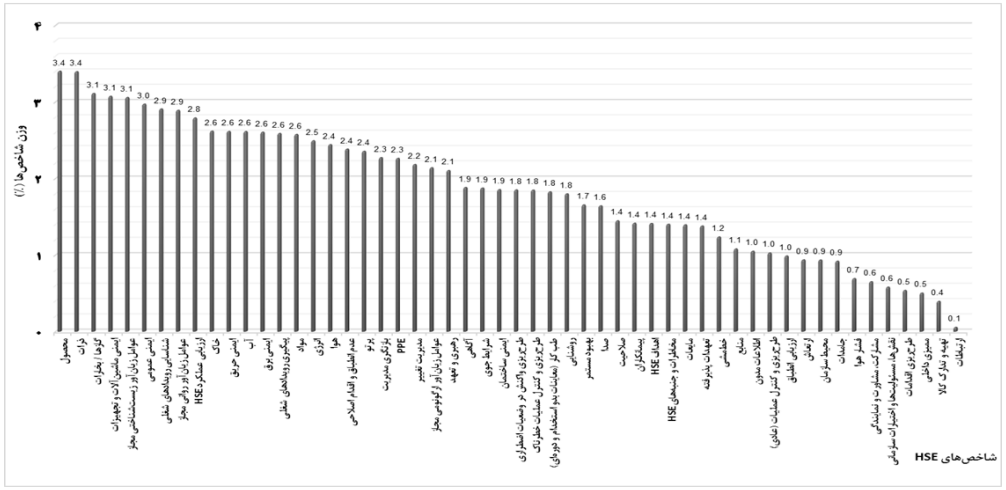
این پژوهش ضمن تأیید لازم و ملزوم بودن شاخص‌های مدیریتی و عملیاتی برای ارزیابی واقع‌بینانه عملکرد HSE سازمان‌های صنعتی، تأکید می‌کند بیشتر بودن وزن شاخص‌های عملیاتی نسبت به مدیریتی، - با وجود بیشتر بودن تعداد شاخص‌های مدیریتی – حاکی از آن است آنچه عملکرد HSE را بیش از هر چیز محک می‌زند، نتایج فعالیت‌های عملیاتی است هر چند که برخاسته از رویکردها و کارکردهای مدیریتی باشد. همچنین برای ارتقاء سطح عملکرد HSE سازمان‌های صنعتی، پیاده‌سازی و عملیاتی کردن مفاد استانداردهای مربوطه از جمله ISO 14001:2015 و ISO 45001:2018 باید به نحوی باشد که در نهایت به حذف، کاهش و یا مهار مخاطرات ایمنی، عوامل زیان‌آور بهداشتی و پیامدهای زیست محیطی محیط کار انجامد.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۲- اوزان معیارهای HSE



نمودار ۳- اوزان شاخص‌های HSE

References

1. Hämäläinen P. The effect of globalization on occupational accidents. Safe Sci. 2009;47(6):733-742.
2. Yarahmadi R, Shakouhi F, Taheri F, Moridi P. Prioritizing occupational safety and health indexes based on the multi criteria decision making in construction industries. Iran Occup Health. Feb-Mar 2016;12(6). [Persian]
3. Gholami PS, Nassiri P, Yarahmadi R, Hamidi A, Mirkazemi R. Assessment of Health Safety and Environment Management System function in contracting companies of one of the petro-chemistry industries in Iran, a case study. Safe Sci. 2015 Aug 31;77:42-7.
4. Takala J, Hämäläinen P, Saarela KL, Yun LY, Manickam K, Jin TW, et al. Global estimates of the burden of injury and illness at work in 2012. J Occup Environl Hyg. 2014;11(5):326-337.
5. Takala J, Urrutia M, Hämäläinen P, Saarela KL. Global and European work environment—Numbers, trends, and strategies. Scand J Work Environ Health. 2009;35(15).
6. Morrell S, Kerr C, Driscoll T, Taylor R, Salkeld G, Corbett S. Best estimate of the magnitude of mortality due to occupational exposure to hazardous substances. Occup Environ Med. 1998;55(9):634-641.
7. Hämäläinen P, Takala J, Saarela KL. Global estimates of occupational accidents. Safe Sci. 2006;44(2):137-156.
8. Golkar F, Farahmand AR. Environmental Pollution, Tehran: Mandegar, 2010. [Persian].
9. Iran Statistics Center. Thematic Statistics, Environment, 2012. http://www.amar.org.ir/Default.aspx?tabid=96&agentType=ViewType&PropertyTypeI=13 (Access on 2015.09.04). [Persian].
10. Peysepar S, Gholamnia R, Hossein Matin A. Developing a new model for assessing and ranking of organizations' HSE performance. Iran Occup Health. 2017-2018;14(5). [Persian].
11. Ahmadi Marzaleh M, Vosoughi S, Kavousi A, Jameh Bozorg H. Investigating the relation between

www.SID.ir

Archive of SID

level of awareness in health, safety and environment management system and its effects on employee safety climate in Kermanshah oil refinery in 2015. Iran OccupHealth. 2017;14(3). [Persian]
12. Podgórski D. Measuring operational performance of OSH management system–A demonstration of AHP-based selection of leading key performance indicators. Saf Sci. 2015;73:146-166.
13. Robson LS, Clarke JA, Cullen K, Bielecky A, Severin C, Bigelow PL, et al. The effectiveness of occupational health and safety management system interventions: a systematic review. Safe Sci. 2007;45(3):329-353.
14. ISO (International Organization for Standardization), Environmental Management - Environmental Performance Evaluation - Guidelines (ISO 14031:2013). ISO, Geneva, Switzerland, 2013.
15. Reiman T, Pietikäinen E. Indicators of safety culture–selection and utilization of leading safety performance indicators. Finland: VTT, 2010.
16. Reiman T, Pietikäinen E. Leading indicators of system safety–monitoring and driving the organizational safety potential. Safe Sci. 2012;50(10):1993-2000.
17. Cambon J, Guarnieri F, Groeneweg J. Towards a new tool for measuring safety management systems performance. In: Rigaud, E., Hollnagel, E. (Eds). Proceedings of the Second Resilience Engineering Symposium, 8-10 November. 2006. Antibes-Juan-les-Pins, France, Mines Paris, Les presses, Paris, 2005:53-62.
18. HSE (Health and Safety Executive), A Guide to Measuring Health & Safety Performance. Health and Safety Executive, UK, 2001. <http://www.hse.gov.uk/opsunit/perfmeas.pdf> (June 14, 2015).
19. McNeeney, A. Selecting the Right Key Performance Indicators, Meridium, 2005. <http://www.mt-online.com/april2005/selecting-the-right-key-performanceindicators?Itemid=90> (June 20, 2015).
20. Shahin A, Mahbod MA. Prioritization of key performance indicators: An integration of analytical hierarchy process and goal setting. Int J Prod Perform Manag. 2007;56(3):226-240.
21. Zwetsloot GIJM. Key performance indicators. OSHwiki, European Agency for Safety and Health at Work, 2013. <http://oshwiki.eu/wiki/Key_performance_indicators> (November 12, 2015).
22. Kjellén U. The safety measurement problem revisited. Safe Sci. 2009;47(4):486-489.
23. Rockwell TH. Measuring safety performance. J Ind Eng. 1959;10(1):12-16.
24. Carlucci D. Evaluating and selecting key performance indicators: an ANP-based model. Measur Bus Excell. 2010;14(2):66-76.
25. Rodriguez RR, Saiz JJA, Bas AO. Quantitative relationships between key performance indicators for supporting decision-making processes. Comput Indust. 2009;60(2):104-113.
26. Kaplan RS, Norton DP. The balanced scorecard: measures that drive performance. Harvard Bus Rev. 1992;70(1):71-9.
27. Sgourou E, Katsakiori P, Goutsos S, Manatakis E. Assessment of selected safety performance evaluation methods in regards to their conceptual, methodological and practical characteristics. Safe Sci. 2010;48(8):1019-1025.
28. Irannezhad Parizi M. Principles of dissertation writing (from selection to final defense), Tehran: Modiran, 2013. [Persian].
29. Yousefi A, Hadi-Vencheh A. An integrated group decision making model and its evaluation by DEA for automobile industry. Expert Syst Appl. 2010 Dec 1;37(12):8543-56.
30. Azar A, Rajabzadeh A. Applied Decision Making, MADM Approach, Tehran: Neghah Danesh, 2012. [Persian].
Shamaii A, Omidvari M, Hossein zadeh F. Presenting of pattern of HSE unit performance assessment in the steel industries. Iran Occup Health. 2017;14(3). [Persian]

www.SID.ir