سلامت کار ایران
دوره ۱۵، شماره ۶، بهمن و اسفند ۱۳۹۷
http://ioh.iums.ac.ir
مقاله پژوهشی

ساختار نوین در ارزیابی اقتصادی سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) با رویکـرد محاسـبه هزینه حوادث انسانی

جواد وطنی: (*نویسنده مسئول) استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی گیلان، رشت، ایران. jvatani@gmail.com
رقیه فرهادی حسن کیاده: دانشجوی دکتری آمار زیستی، گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه،کرمانشاه، ایران.
یوسف فقیه نیا ترشیزی: دکتری علوم کامپیوتر، مرکز تحقیقات بهداشت کار، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: در زمان حاضر با صنعتی شدن و افزایش رفاه جامعه با مخاطرات مختلفی از جمله آلودگی هوا، حـوادث ناشـی از کار و بیماری‌های شغلی مواجه هستیم که نیاز به پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE-MS را تبدیل به امری ضروری کرده اسـت. این در حالی است که پیاده‌سازی این سیستم نیازمند دانش، تخصص، صرف هزینه و زمان است کـه بعضـی از مـدیران بـه دلیـل تمایل به کاهش هزینه‌ها، از پیاده‌سازی این سیستم صرف‌نظر کرده و یا آن را به‌طور کامل به کار نمی‌بندند.
روش بررسی: بدین منظور در این مقاله مقادیر جریان فرآیند مالی سرمایه‌گـذاری در سیسـتم HSE-MS بـه صـورت اعـداد فازی، با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی (IRR)، اقتصادی بودن این سرمایه‌گذاری را تحت محیط فازی ارزیابی شـد. همچنین در این مقاله به تشریح نحوه محاسبه هزینه‌های حوادث، نحوه محاسبه میـزان سـرمایه‌گذاری در سیسـتم HSE-MS، معرفی روش IRR، معرفی تئوری مجموعه‌های فازی، نحوه محاسبه IRR فازی و سرانجام به تشـریح روش پیشـنهادی مقالـه پرداختیم. محاسبات با استفاده از نرم‌افزار RISK@ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.
یافته‌ها: همان‌طور که مشاهده می‌شود فرآیند مالی حاصل از پیاده‌سازی سیستم مدیریتHSE-MS هم مطابق روش FIRR و هم با استفاده از نرم‌افزار RISK@ اقتصادی بوده و بر ضرورت پیاده‌سازی سیستم مدیریت ایمنی از نقطه‌نظر اقتصادی دلالـت می‌کند. به عبارت دیگر متوسط نرخ بازگشت سرمایه داخلی فرآینـد مـالی حاصـل از پیاده‌سـازی سیسـتم مـدیریت HSE-MS مطابق روش IRR تقریباً برابر با ۲۲ درصد است که از متوسط نرخ بازار ۵ درصد بسیار بزرگتر بوده و به شدت بر اقتصادی بـودن این فرآیند مالی تأکید دارد.
نتیجه‌گیری: مطابق یافته‌های مطالعه اخیر میزان نرخ بازگشت سرمایه داخلی بین ۱۴ تا ۱۸ درصد بوده و از میزان نرخ بـازار (۷ درصد) بیشتر است پس نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در بخش یاد شده بسیار سودآور بوده و منجـر بـه بازگشـت سـرمایه طـی دوره‌های بعدی خواهد شد. به عبارتی سرمایه‌گذاری در بخش ایمنی، بهداشت کار و محیط زیسـت عـلاوه بـر کـاهش مخـاطرات محیط کار و در نتیجه کاهش حوادث شغلی و افزایش رضایت شغلی منجر به سودآوری پروژه‌ها نیز می‌گردد.

کلیدواژه‌ها
سیستم مدیریت HSE-MS،
ارزیابی اقتصادی،
نرخ بازگشت سرمایه داخلی،
تئوری فازی،
نرم‌افزار RISK@

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۲۱
تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۸

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

شیوه استناد به این مقاله:
Vatani J, Farhadi Hassankiadeh R, Faghihnia Torshizi Y. The new structure of economic evaluation Health, Safety and Environment - Management System (HSE-MS) approach to estimate the cost of accident human. Iran Occupational Health.2019 (Feb-Mar);15(6):48-59.

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 1.0 صورت گرفته است.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

Iran Occupational Health

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

Iran Occupational Health.2019 (Feb-Mar);15(6):48-59.

The new structure of economic evaluation Health, Safety and Environment - Management System (HSE-MS) approach to estimate the cost of accident human

Javad Vatani, (*Corresponding Author) Associate Professor, Department of Occupational Health, Health and Environmental Research Center, Health School, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran. jvatani@gmail.com
Roghaye Farhadi Hassankiadeh, PhD Candidate, Department of Biostatistics and Epidemiology , School of public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.
Yoosef Faghihnia Torshizi, PhD of Computer Sciences, Occupational Health Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Abstract

Background: : In the present time, with the industrialization and increasing the welfare of the society with a variety of risks air pollution, work-related accidents and occupational diseases which make it necessary to use a HSE-MS management system in different projects. However, the implementation of this system need to Requires knowledge, expertise, spend some money and time, so because of the reduced of cost trend in some managers, they regardless of do that or do it imperfect.
Methods: In this paper, the value of the flow of the investment process in the HSE-MS system in the form of fuzzy numbers, using the method of return on capital investment (IRR) method, evaluated the economics of this investment under fuzzy environments. Also, this paper describes how to calculate the cost of accidents, how to calculate the amount of investment in the HSE-MS system, introducing the IRR method, introducing the theory of fuzzy sets, how to calculate fuzzy IRR, and finally, we describe the proposed method. The calculations are analyzed using the @RISK software.
Results: As you can see, the financial process resulting from the implementation of the HSE-MS management system is both economic and financially based on the FIRR method and the use of the @RISK software and implies the need for the implementation of a safety management system from an economic point of view. In other words, the average return on capital employed in the financial process resulting from the implementation of the HSE-MS management system, according to the IRR method, is almost 22%, much higher than the average market rate of 5%, and strongly emphasizes the economic nature of this financial process.
Conclusion: According to the findings of the recent study, Internal Rate of Return is between 14% and 18%, and is more than the market rate (7%). So it's indicating that the investment in the aforementioned sector is very profitable and leads to returning capital over the next few years will be. In the other hand, investment in the safety, health and environmental sectors in addition to decreasing the risks of decreasing the job and thus reducing occupational accidents and job satisfaction leads to the profitability of projects.

Conflicts of interest: None
Funding: Tehran University of Medical Sciences

Keywords
HSE-MS Management System,
Economic Evaluation,
Internal Rate of Return,
Fuzzy Theory,
Software @RISK

Received: 12/09/2017
Accepted: 28/01/2019

How to cite this article:
Vatani J, Farhadi Hassankiadeh R, Faghihnia Torshizi Y. The new structure of economic evaluation Health, Safety and Environment - Management System (HSE-MS) approach to estimate the cost of accident human. Iran Occupational Health.2019 (Feb-Mar);15(6):48-59.

This work is published under CC BY-NC-SA 1.0 licence

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

Original Article
http://ioh.iums.ac.ir
Iran Occupational Health
Iran Occupational Health.2019 (Feb-Mar);15(6):48-59.

مقدمه

حوادث شغلی یکی از مهم‌ترین مشکلات کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه محسوب می‌شود. مهم‌ترین بخش هزینه‌های این حوادث، هزینه‌های انسانی آن‌ها می‌باشد. مرگ‌های ناشی از حوادث شغلی باعث ائتلاف عمر، سال‌های کاری و هزینه‌های مرتبط می‌گردد [۱و ۲]. هرساله میلیون‌ها حادثه شغلی در سراسر جهان رخ می‌دهد که برخی از این حوادث منجر به مرگ و برخی دیگر به ناتوانی موقت و دائم منتهی می‌شود[۳]. تاریخ معاصر بشر وقوع چندین حادثه بزرگ با خسارت‌های مالی چندین میلیارد دلاری و تلفات انسانی زیاد را ثبت کرده است ازجمله انفجار شاتل چلنجر (۱۹۸۶)، انفجار راکتور اتمی چرنوبیل (۱۹۸۶)، حادثه شهر مکزیکوسیتی (۱۹۸۵)، حادثه کارخانه بوپال هند (۱۹۸۱) می‌توان نام برد [۴]. سالانه حدود ۱۲۰ میلیون حادثه شغلی و بیشتر از ۲۰۰ هزار مرگ ناشی از حوادث در سراسر جهان رخ می‌دهد [۳]. کشور ایران نیز که در راه توسعه و صنعتی شدن گام برمی‌دارد از این قاعده مستثنی نیست. بر اساس آمارهای منتشره توسط سازمان تأمین اجتماعی در سال ۱۳۸۲ به دلیل بروز ۱۴۱۱۴ حادثه در کارگاه‌های تحت پوشش ۲۶۸ نفر فوت نموده‌اند [۱]. این حوادث برای جامعه، سازمان و همچنین شخص کارگر ضایعات فراوانی به بار آورده و هزینه‌های مربوطه ضمن تأثیر سوء بر شاخص‌های اقتصادی در سطح ملی و سطح خانوار، مانعی در راستای تحقق اهداف از پیش تعیین شده محسوب می‌شود. در حال حاضر ناگوارترین پیامد حوادث شغلی، مرگ زودرس نیروی کار است [۱و۵-۸]. سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE-MS) یک رویکرد منظم، سیستماتیک و صریح به همراه فرآیندهای جامع با هدف برنامه‌ریزی، مستندسازی و تغییر روش‌ها برای مدیریت عوامل زیان‌آور و مدیریت ایمن خطرات و ارزیابی ریسک می‌باشد. به مانند تمام سیستم‌های مدیریتی، سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE-MS) نیز برای دستیابی به محیط کار سالم با کمترین حوادث و مخاطرات شغلی ایجاد شده است [۹-۱۳]. نکته قابل توجه این است که پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE-MS نیازمند صرف هزینه و زمان است که بعضی از مدیران پروژه یا تصمیم‌گیرندگان به دلیل صرفه‌جویی در هزینه‌ها، از پیاده‌سازی سیستم حاضر صرف‌نظر کرده و یا آن را به‌طور کامل به کار نمی‌بندند. در واقع چالش موجود در موضوع این است که به این دسته از مدیران پروژه نشان دهیم که در مجموع، پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE-MS نه تنها هزینه اضافی برای آن‌ها در بر نخواهد داشت، بلکه عمدتاً به نوبه خود نیز پروژه‌ای سودآور است.

مطالعه زو و همکارانش از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹ در صنعت ساختمان‌سازی کشور استرالیا با هدف محاسبه بازگشت سرمایه در سیستم مدیریت ریسک این صنعت انجام شده است که نتایج مطالعه نشان می‌دهد بازگشت سرمایه ۴۶ درصد بوده و سرمایه‌گذاری حاضر باعث افزایش میزان فرهنگ ایمنی کارگران، کاهش حوادث و در نتیجه کاهش پرداخت غرامت‌های ناشی از حوادث و کاهش هزینه‌های تحمیلی بر صنعت مذکور شده و به علت افزایش رضایت کارکنان و کارگران میزان کیفیت کار افزایش یافته است [۱۴].

مطالعه زو و همکاران سال ۲۰۱۰ در صنایع ساختمان‌سازی استرالیا به‌صورت مطالعه موردی[1] با هدف مطالعه و محاسبه میزان سرمایه‌گذاری و بازگشت سرمایه در بخش مدیریت ایمنی انجام شد. این مطالعه نشان‌دهنده تأثیر بسیار مثبت سرمایه‌گذاری در بخش مدیریت ایمنی صنعت ساختمان‌سازی بر سودآوری پروژه‌ها ، کاهش هزینه‌های جانبی ازجمله غرامت و هزینه‌های پزشکی به علت حوادث و همچنین اختلال در کار می‌باشد [۱۵].

مطالعات تئو و فنگ در سال ۲۰۱۱ با هدف تعیین

[1]Case study

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

جدول ۱- تعریف حوادث بر مبنای شدت نتیجه حادثه

نوع حادثه	تراز شدت	تعریف
غیبت کوتاه مدت	کمتر از ۵ روز استراحت کاری	یک مصدومیت جزئی و یا بیماری مربوط به کار ، که شامل کمتر از ۵ روز کاری غیبت از وظائف طبیعی و عادی، که در آن کارگر بعد بهبود قادر به ادامه وظایف به صورت کامل باشد.
غیبت بلند مدت	پنج روز یا بیشتر استراحت کاری و بازگشت به کار بر روی وظایف کامل باشد.	یک مصدومیت جزئی و یا بیماری مربوط به کار ، که شامل ۵ یا بیشتر از ۵ روز کاری و کمتر از ۶ ماه از کار مرخصی بگیرید که در آن کارگر بعد از بهبودی قادر به ادامه وظایف کامل باشد.
ناتوانی بخشی	پنج روز یا بیشتر استراحت کاری و بازگشت به کار با وظایف کوتاه مدت و یا درآمد پایین	آسیب و یا بیماری مربوط به کار که منجر به بازگشت کارگر برای اولین بار پس از ترک کار با بیش از ۶ ماه غیبت از کار گردد
ناتوانی کامل	به طور دائم همراه با ناتوانی و بدون بازگشت به کار	آسیب یا بیماری های مربوط به کار، که منجر به ناتوانی دائمی کارگر گردد.
مرگ	مرگ	آسیب یا بیماری های مربوط به کار، که منجر به مرگ گردد.

تأثیر غیر مستقیم سرمایه‌گذاری ایمنی بر فعالیت‌های ایمنی در پروژه‌های ساختمان‌سازی که نشان‌دهنده تأثیر مثبت این سرمایه‌گذاری بر افزایش فرهنگ ایمنی و رفتارهای ایمن کارگران در این دست پروژه‌ها می‌باشد [۱۶].

مطالعات فنگ در سال ۲۰۱۳ با عنوان تأثیر سرمایه‌گذاری ایمنی بر اعمال ایمن در صنعت ساختمان‌سازی که نشان‌دهنده تأثیر زیاده سرمایه‌گذاری بر پایه‌های ایمنی و سرمایه‌گذاری داوطلبانه بر ایمنی از طریق افزایش فرهنگ ایمنی و کاهش مخاطرات در محیط کار می‌شود [۱۷].

در میان چندین روش موجود برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها، از روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی[۲] استفاده نمودیم که از متداول‌ترین روش‌ها است و عامل زمان را در محاسباتش در نظر می‌گیرد.

بدین منظور باید دادوستدهای مالی این پروژه را بر حسب یک جریان فرآیند مالی بر حسب دوره‌های زمانی مختلف نشان دهیم. در واقع یکی از مهم‌ترین مشکلاتی که امروزه در تعیین مطلوبیت طرح‌های اقتصادی در دنیای واقعی و در پروژه‌های عملی با آن روبرو هستیم، دشواری در تخمین و ابهام در پیش‌بینی مقادیر جریان فرآیند مالی است که صحت تصمیمات نهایی اتخاذی را در هاله‌ای از ابهام قرار می‌دهد. در مواقعی که با محیط عدم قطعیت مواجه هستیم، می‌توان از تئوری مجموعه‌های فازی استفاده نمود. لذا در این مقاله بر آن شدیم تا به منظور کاهش ریسک و افزایش اعتبار نتایج حاصله، به ارزیابی اقتصادی پیاده‌سازی سیستم HSE-MS با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی تحت محیط فازی بپردازیم[۱۸-۱۹].

روش بررسی

این مقاله درصدد است تا با تخمین مقادیر جریان فرآیند مالی سرمایه‌گذاری در سیستم HSE-MS به صورت اعداد فازی و با استفاده از روش IRR، اقتصادی بودن این سرمایه‌گذاری را تحت محیط فازی ارزیابی نماید. زیر بخش‌های بعدی به ترتیب به تشریح نحوه محاسبه هزینه‌های حوادث، نحوه محاسبه میزان سرمایه‌گذاری در سیستم HSE-MS، معرفی روش IRR، معرفی تئوری مجموعه‌های فازی، نحوه محاسبه IRR فازی و در نهایت به تشریح روش پیشنهادی مقاله خواهد پرداخت.

محاسبه هزینه‌های حوادث: در این مقاله جهت محاسبه هزینه‌های ناشی از حوادث با استفاده از استاندارد ASCC 2009، ابتدا کلیه حوادث در دو بخش حادثه‌های مستقیم (Direct= D) و غیر مستقیم (Indirect= I) تقسیم‌بندی گردید، سپس بر حسب اینکه هزینه بر روی کارفرما، کارگر یا جامعه تحمیل می‌شود مورد آنالیز قرار می‌گردید و در نهایت برحسب شدت نتیجه حادثه در ۶ گروه: ۱- غیبت کوتاه مدت، ۲- غیبت بلند مدت، ۳- ناتوانی بخشی، ۴- ناتوانی کامل، ۵- مرگ [۲۸-۲۰]. جهت محاسبه گروه هزینه‌ای حوادث از تعریف زیر استفاده می‌گردد [۲۸-۲۰].

[2] Internal Rate of Return

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

هزینه‌های اختلال در تولید (PDC: Production Disturbance Costs): هزینه‌های متحمل شده در کوتاه مدت تا زمانی که تولید به سطح قبل از حادثه برسد.

هزینه‌های سرمایه انسانی (HCC: Human Capital Costs): هزینه‌های دراز مدت، کاهش بالقوه تولید، پس از یک بازسازی از سطح تولید قبل از حادثه اتفاق می‌افتد.

هزینه‌های پزشکی (MEDC: Medical Costs): هزینه‌های متحمل شده توسط کارگران و جامعه در طول درمان‌های پزشکی کارگران مجروح در حوادث مربوط به کار می‌باشد.

هزینه‌های اداری (ADMINC: Administrative Costs): هزینه‌های متحمل شده در اجرای طرح‌های پرداخت غرامت، بررسی حوادث و هزینه‌های قانونی است.

هزینه‌های انتقال (TRANC: Transfer costs): زیان رفاهی مرتبط با دولت از پرداخت مالیات و رفاه می‌باشد.

هزینه‌های دیگر (OTC: Other Costs): شامل هزینه‌های طبقه‌بندی نشده در ناحیه‌های دیگر، مانند هزینه زندگی حرفه‌ای و کمک‌ها و تغییرات و بازسازی است.

خلاصه موارد اشاره شده در جدول ۲ ارائه گردیده

جدول ۲- خلاصه ای از طبقه بندی حوادث بر حسب نوع و شدت نتیجه حادثه

گروه هزینه	موارد هزینه ای	بخش یا فردی متحمل هزینه۱	هزینه مستقیم یا غیر مستقیم۲	شدت نتیجه حادثه۳
هزینه‌های اختلال در تولید	هزینه اضافه‌کاری	E	I	S6
	پرداخت‌های اضافی کارفرما	E	I	S6
	هزینه‌های گردش مالی کارکنان	E	D	-
	هزینه‌های آموزش کارکنان و بازآموزی	E	I	S3, S4, S5
	از دست دادن درآمد فعلی	W	I	-
	پرداخت غرامت	C	I	S3, S4, S5, S2,
هزینه‌های سرمایه انسانی	از دست دادن درآمد آینده	W	I	S3, S4, S5
	از دست دادن درآمد دولت	C	I	S3, S4, S5, S2,
	پرداخت‌های رفاهی اجتماعی برای ظرفیت درآمد ازدست‌رفته	C	D	-
هزینه‌های پزشکی	آستانه پرداخت‌های پزشکی	E	D	-
	هزینه‌های پزشکی و توان‌بخشی	W	I	S6
	توان‌بخشی	C	D	-
	هزینه‌های پزشکی و بهداشتی	C	D	-
هزینه‌های اداری	جریمه و مجازات حقوقی	E	D	-
	هزینه‌های بررسی	E	I	S6
	هزینه‌های سفر	W	I	S6
	هزینه‌های حقوقی	W	I	S4, S5
	هزینه‌های مرگ (مراسم تشیع جنازه و ...)	W	D	-
	هزینه‌های بازرسی و بررسی	C	D	-
	امتیازات سفر برای کارگران با ناتوانی	C	D	-
هزینه‌های حمل‌ونقل	هزینه‌های رفاهی از پرداخت‌های رفاهی و زیان مالیاتی	C	D	-
هزینه‌های دیگر	هزینه‌های مراقبین	W	I	S4
	کمک و تغییرات	W	I	S4

E1= هزینه تحمیل شده بر کارفرما، W= هزینه تحمیل شده بر کارگر، C= هزینه تحمیل شده بر جامعه، D۲= هزینه مستقیم، I= هزینه غیر مستقیم، S1۳= غیبت کوتاه مدت، S2= غیبت بلند مدت، S3= ناتوانی بخشی (پاره)، S4= ناتوانی کامل، S5= مرگ، S6= همه نوع شدت حوادث (از S1 تا S5)

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

جدول ۳- اجزاء سرمایه گذاری در سیستم مدیریت HSE-MS

	اجزاء اصلی سرمایه گذاری	اجزاء فرعی سرمایه گذاری
سرمایه گذاری در سیستم مدیریت HSE-MS	هزینه‌های اداری	در سایت
		در سازمان مرکزی
	هزینه‌های آموزش ها	دوره های آموزشی رسمی
		دوره های آموزشی داخلی
	هزینه امکانات و تجهیزات	وسایل حفاظت فردی
		امکانات (مصالح و ماشین آلات)
		امکانات (نیروی انسانی)
	هزینه‌های کمیته HSE-MS	بودجه برای کمیته ها
		زمان از دست رفته به علت فعالیت کمیته
	هزینه‌های ارتقاء و مشوق های	هزینه‌های ارتقاء
		هزینه‌های مشوق‌ها
	هزینه‌های تکنولوژی جدید، روش‌ها یا طراحی ابزارهای جدید	هزینه تکنولوژی جدید، روش‌ها یا طراحی ابزار های جدید در سیستم HSE-MS
	هزینه شناسایی، اندازه گیری و کنترل مخاطرات بهداشتی و محیط زیستی	هزینه شناسایی، اندازه گیری و کنترل مخاطرات بهداشتی
		هزینه شناسایی، اندازه گیری و کنترل مخاطرات محیط زیستی
		هزینه شناسایی،کنترل مخاطرات بهداشتی و محیط زیستی
	هزینه مستند سازی و صدور گواهی در سیستم مدیریت HSE-MS	بررسی و یکپارچه سازی مستندات سیستم مدیریت HSE-MS
		انجام پیش ممیزی توسط شرکت گواهی دهنده و برگزاری جلسه بازنگری مدیریت
		انجام ممیزی نهایی توسط شرکت گواهی دهنده و صدور گواهینامه

است.

نحوه محاسبه میزان سرمایه‌گذاری لازم در سیستم HSE-MS: سرمایه‌گذاری در سیستم HSE-MS شامل ۶ بخش اصلی ازجمله ۱- هزینه‌های اداری، ۲- هزینه‌های آموزش‌ها، ۳- هزینه امکانات و تجهیزات، ۴- هزینه‌های کمیته‌ها، ۵-هزینه‌های ارتقاء و مشوق‌ها، ۶-هزینه‌های تکنولوژی جدید، روش‌ها یا طراحی ابزارها، ۷- هزینه شناسایی، اندازه‌گیری و کنترل مخاطرات بهداشتی و محیط زیستی و ۸- هزینه بازرسی، مستندسازی و صدور گواهی در سیستم مدیریت HSE-MS می‌باشد [۲۸-۲۰].

جدول شماره ۳ به صورت جامع اجزاء (اصلی و فرعی) سرمایه‌گذاری در سیستم مدیریت HSE-MS را ارائه می‌دهد.

روش IRR: یکی از روش‌هایی که امروزه در تعیین اقتصادی بودن و انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه‌ها متداول می‌باشد روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی است.محاسبه نرخ بازگشت سرمایه داخلی معمولاً با استفاده از روش ارزش فعلی خالص انجام می‌پذیرد. یک پروژه یا جریان فرآیند مالی یک توالی به صورت زیر

$$X = (x_0, x_1, \ldots, x_T) \in R^{T+1}$$

از فرآیند مالی می‌باشد. ارزش فعلی خالص پروژه X عبارت است از:

$$PV(X|r) = \sum_{t=0}^{T} x_t \cdot (1+r)^{-t} \qquad (۱-۳):$$

به‌طوری‌که پارامتر r معرف نرخ بازار و r >-1 می‌باشد.

آنگاه پروژه X اقتصادی است، اگر و فقط اگر ارزش فعلی آن تحت نرخ بازار مثبت باشد ($PV(X|r) \geq 0$).

نرخ بازگشت سرمایه داخلی پروژه X، یک نرخ ثابت K≠-1می‌باشد که ارزش فعلی پروژه X تحت آن نرخ برابر با صفر است ($PV(X|K) = 0$). در واقع نرخ بازگشت سرمایه داخلی برابر با نرخ بهره‌ای (K) می‌باشد که معادله زیر تحت آن نرخ برابر با صفر باشد:

$$PV(X|K) = \sum_{t=0}^{T} x_t \cdot (1+K)^{-t} = 0 \qquad (۲-۳):$$

پارامتر T نشان‌دهنده تعداد دوره‌ها و Xt نمایانگر مقدار فرآیند مالی در انتهای دوره t ام است به عبارت دیگر مقدار پارامتر K نشان‌دهنده IRR فرآیند مالی

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

است.

نحوه محاسبه IRR فازی: با تعریف مقادیر جریان فرآیند مالی حاصل از پیاده‌سازی سیستم HSE-MS بر حسب اعداد فازی، به تبع نرخ بازگشت سرمایه داخلی فرآیند مالی نیز به صورت یک عدد فازی حاصل خواهد شد. این مقاله به منظور محاسبه FIRR گام‌های زیر را پیشنهاد می‌دهد:

۱) با استفاده از برش‌های دلخواه (حداقل سه برش)، مقادیر فازی جریان فرآیند مالی در هر دوره را بر حسب برش‌های مختلف به فواصل متمایز تبدیل نمایید. شایان‌ذکر است که مقادیر انتخابی برای برش حتماً باید شامل دو مقدار صفر و یک باشد.

۲) تحت هر برش دو جریان فرآیند مالی مختلف از ترکیب مقادیر ابتدایی و انتهایی فواصل به دست آمده تشکیل داده و مقدار IRR آن‌ها را محاسبه نمایید.در واقع با این کار، تحت هر برش یک فاصله (کران پایین و بال) برای مقدار IRR به دست می‌آید.

۳) تحت برش‌های مختلف، فواصل به دست آمده برای مقدار IRR را به یکدیگر وصل نمایید تا شکل FIRR به دست آید.

۴) معادله بال چپ و راست FIRR را با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه مانند Excelمحاسبه نمایید.

روش پیشنهادی مقاله: این مقاله به منظور ارزیابی اقتصادی فرآیند مالی حاصل از پیاده‌سازی سیستم HSE-MS گام‌های زیر را پیشنهاد می‌دهد:

۱) هزینه‌های حوادث را بر حسب اعداد فازی قبل و بعد از پیاده‌سازی سیستم HSE-MS مطابق زیر بخش ۲-۱ محاسبه نمایید.

شایان‌ذکر است که در این راه از نظرات خبرگان (خبرگان دارای تحصیلات حداقل لیسانس مرتبط با امر ایمنی و بهداشت کار و دارای بیش از ۵ سال سابقه فعالیت در این رشته بودند و تعداد آن‌ها ۲۰ نفر بود)، داده‌های تاریخی و اطلاعات موجود در پروژه‌های مشابه می‌توان استفاده نمود. در واقع در این مرحله در ابتدا جریان فرآیند مالی هزینه‌های ناشی از حوادث را وقتی سیستم مدیریت HSE-MS به کار گرفته نشده است، تخمین می‌زنیم. فرض کنید به جریان فرآیند مالی زیر برسیم:

دوره زمانی	۰	۱	۲	....	T
مقدار فرآیند مالی هزینه های ناشی از حوادث بعد از پیاده سازی سیستم مدیریت HSE-MS	B0	B1	B2	....	BT

دوره زمانی	۰	۱	۲	....	T
مقدار فرآیند مالی هزینه های ناشی از حوادث قبل از پیاده سازی سیستم مدیریت HSE-MS	A0	A1	A2	....	AT

سپس می‌بایستی جریان فرآیند مالی هزینه‌های ناشی از حوادث را وقتی سیستم مدیریت HSE-MS به کار گرفته شود، تخمین زنیم. فرض کنید به جریان فرآیند مالی زیر برسیم:

۲) میزان عایدی حاصل از پیاده‌سازی سیستم HSE-MS را محاسبه نمایید.

تفاضل مقادیر دو فرآیند مالی هزینه‌های ناشی از حوادث قبل و بعد از پیاده‌سازی سیستم مدیریت ایمنی، بیانگر عایدی حاصل می‌باشد. بنابراین جریان فرآیند مالی عایدی را به صورت زیر محاسبه می‌نماییم:

دوره زمانی	۰	۱	۲	....	T
مقدار فرآیند مالی عایدی حاصل از پیاده سازی در سیستم HSE-MS	(B0-A0)	(B1-A1)	(B2-A2)	....	(BT-AT)

۳) میزان سرمایه‌گذاری لازم به منظور پیاده‌سازی سیستم HSE-MS را محاسبه نمایید.

فرض کنید جریان فرآیند مالی زیر نشان‌دهنده‌ی میزان سرمایه‌گذاری لازم در دوره‌های مختلف زمانی باشد:

دوره زمانی	۰	۱	۲	....	T
مقدار فرآیند مالی سرمایه گذاری لازم جهت پیاده سازی سیستم مدیریت HSE-MS	C0	C1	C2	....	CT

۴) جریان فرآیند مالی نهایی حاصل از پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE-MS را تشکیل دهید.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

بدین منظور مقادیر فرآیند مالی عایدی و سرمایه‌گذاری را با هم جمع می‌نماییم. بنابراین به فرآیند مالی زیر می‌رسیم:

دوره زمانی	۰	۱	۲	....	T
مقدار فرآیند مالی نهایی حاصل از پیاده سازی سیستم HSE-MS	C0+(B0-A0)	C1+(B1-A1)	C2+(B2-A2)	...	CT+ (BT-AT)

۵) مقدار نرخ بازگشت سرمایه داخلی فازی فرآیند مالی نهایی را با استفاده از روش IRR و ورتکس محاسبه نمایید.

۶) میزان اقتصادی بودن فرآیند مالی نهایی حاصل از پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE-MS را با استفاده از روش امکان بزرگتر بودن دقیق محاسبه نمایید.

۷) اعتبار نتایج حاصله را با استفاده از نرم‌افزار @RISK آزمون نمایید.

یافته‌ها

مطالعه موردی در صنعت نفت است. در جداول ذیل مقدار فرآیند مالی هزینه‌های ناشی از حوادث قبل و بعد از پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE-MS به صورت اعداد فازی تخمین زده شده‌اند.

جدول ۵ خلاصه فواصل به دست آمده از جدول فوق را در کنار یکدیگر نشان می‌دهد.

اگر بخواهیم FIRR به دست آمده مطابق روش IRRرا به یک صورت عدد فازی مثلثی تقریب بزنیم، آنگاه FIRR تقریبی برابر با عدد فازی مثلثی (۲۹/۰۸٪ و ۲۲/۷۵٪ و ۱۴/۳۳٪) با میانگین ۲۲/۲۳ درصد خواهد بود، تخمین نسبتاً دقیقی برای FIRR مطابق روش IRR خواهد بود.

سپس برای تعیین اقتصادی بودن جریان فرآیند مالی، از روش امکان بزرگتر بودن دقیق استفاده می‌نماییم. FIRR تقریبی فرآیند مالی حاصل از پیاده‌سازی سیستم مدیریتHSE-MS برابر با عدد فازی مثلث (۲۹/۰۸٪ و ۲۲/۷۵٪ و ۱۴/۳۳٪) و نرخ بازار نیز برابر با (۷٪ و ۵٪ و ۳٪) می‌باشد. چون جریان فرآیند مالی یک جریان سرمایه‌گذاری است، آنگاه با استفاده از رابطه درجه امکان بزرگتر بودن FIRR تقریبی را از نرخ بازار، به دست می‌آوریم. چون کمترین مقدار عدد فازی مثلثی نرخ بازگشت سرمایه (۱۴/۳۳٪) حتی از مقدار حد بالای نرخ بازار (۷ ٪) بزرگتر است، بنابراین می‌توان بیان نمود که این فرآیند مالی با درجه امکان ۱ (۱۰۰ درصد) اقتصادی خواهد بود.

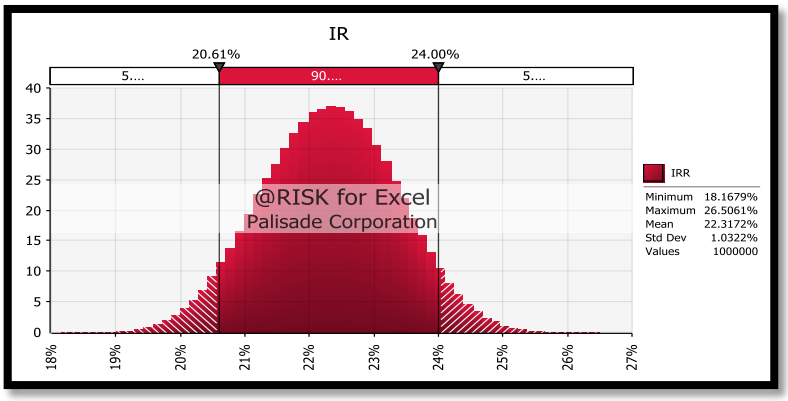
جدول ٤- مقدار IRR فرآیند مالی حاصل از پیاده سازی سیستم مدیریتHSE-MSتحت برش های مختلف

IRR (بر حسب درصد)	دوره	برش	IRR (بر حسب درصد)	دوره	برش
۱۶/۱۷	نقاط ابتدایی	α =۰/۲	۱۴/۳۳	نقاط ابتدایی	α = ۰
۱۶/۱۷	نقاط ابتدایی		۱۴/۳۳	نقاط ابتدایی	
۲۷/۸۲	نقاط انتهایی		۲۹/۰۸	نقاط انتهایی	
۲۷/۸۲	نقاط انتهایی		۲۹/۰۸	نقاط انتهایی	
۱۹/۵۷	نقاط ابتدایی	α = ۰/۶	۱۷/۹۱	نقاط ابتدایی	α = ۰/۴
۱۹/۵۷	نقاط ابتدایی		۱۷/۹۱	نقاط ابتدایی	
۲۵/۳۰	نقاط انتهایی		۲۶/۵۷	نقاط انتهایی	
۲۵/۳۰	نقاط انتهایی		۲۶/۵۷	نقاط انتهایی	
۲۲/۷۵	نقاط ابتدایی	α = ۱	۲۱/۱۷	نقاط ابتدایی	α = ۰/۸
۲۲/۷۵	نقاط انتهایی		۲۱/۱۷	نقاط ابتدایی	
			۲۴/۰۳	نقاط انتهایی	
			۲۴/۰۳	نقاط انتهایی	

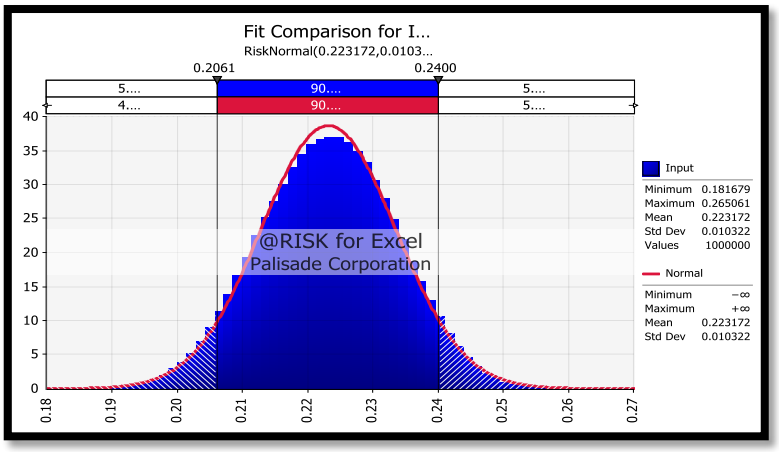
جدول ۵- خلاصه فواصل به دست آمده برای مقدار IRRحاصل از پیاده سازی سیستم مدیریتHSE-MS

IRR0.6 = [%۱۹/۵۷ , %۲۵/۳۰]	برش α = ۰/۶	IRR0 = [%۱۴/۳۳ , %۲۹/۰۸]	برش α = ۰
IRR0.8 = [%۲۱/۱۷ , %۲۴/۰۳]	برش α = ۰/۸	IRR0.2 = [%۱۶/۱۷ , %۲۷/۸۲]	برش α = ۰/۲
IRR1 = [%۲۲/۷۵ , ۲۲/۷۵]	برش α = 1	IRR0.4 = [%۱۷/۹۱ , %۲۶/۵۷]	برش α = ۰/۴

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]



شکل ۱- نمودار IRR فرآیند مالی حاصل از پیاده سازی سیستم مدیریت HSE-MS



شکل ۲- نمودار تقریب IRR فرآیند مالی حاصل از پیاده سازی سیستم مدیریت HSE-MS

در نهایت این مقاله به منظور اعتبارسنجی نتایج به دست آمده از نرم‌افزار RISK@ استفاده می‌نماید. بدین منظور در ابتدا مقادیر جریان فرآیند مالی حاصل از پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE-MS و مقدار نرخ بازار را به صورت اعداد فازی وارد نرم‌افزار RISK@ کردیم و بعد از یک میلیون بار تکرار شبیه‌سازی به نتایج زیر رسیدیم. شکل زیر نمودار حاصل برای IRRرا نشان می‌دهد.

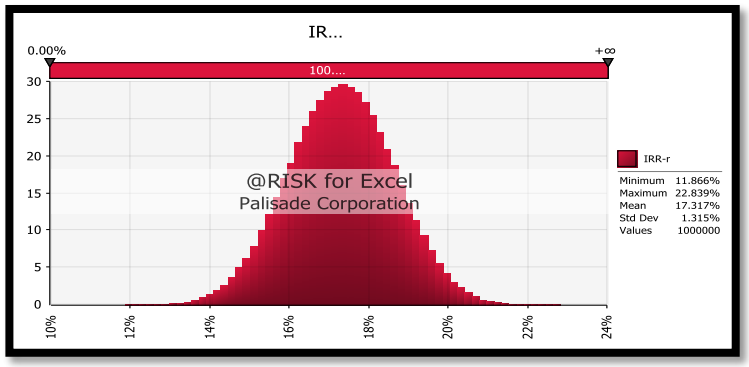
همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌کنیم، مقدار IRRبه صورت یک عدد تقریباً نرمال به دست آمد. اطلاعات مربوط به این عدد نرمال به صورت زیر است:

کشیدگی	چولگی	انحراف معیار	میانه	مد	میانگین	حداکثر	حداقل
۲/۷۴	-۰/۰۳	۱/۰۳درصد	۲۲/۳۲درصد	۲۲/۳۹درصد	۲۲/۳۳درصد	۲۶/۵۱درصد	۱۸/۱۷درصد

مطابق اطلاعات به دست آمده مقادیر میانگین، مد و میانه با یکدیگر تقریباً برابر می‌باشد که این یکی از ویژگی‌های توزیع نرمال است. در ضمن میزان چولگی و کشیدگی مقدار IRR نیز برابر با ۰/۰۳- و ۲/۷۴ است که نشان از نزدیک بودن توزیع IRR به توزیع نرمال است. در واقع می‌توان بیان نمود که IRR از توزیع تقریباً نرمال با میانگین ۲۲/۳۲ و انحراف معیار ۱/۰۳ درصد پیروی می‌کند. کمترین و بیشترین مقدار IRR به دست آمده نیز به ترتیب برابر با ۱۸/۱۷و ۲۶/۵۱درصد است.

در ادامه به منظور اعتبارسنجی نتایج به دست آمده

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]



شکل ۳- نمودار تفاوت IRR از نرخ بازار فرآیند مالی حاصل از پیاده سازی سیستم مدیریت HSE-MS

از شبیه‌سازی و در واقع از نرم‌افزار RISK@ استفاده می‌کنیم. اما چون در هر بار شبیه‌سازی به جای نرخ بازار عددی تصادفی و مثلثی تولید می‌شود، متغیر تفاوت نرخ بازگشت سرمایه و نرخ بازار (IRR-r) مورد تحلیل قرار گرفت. بعد از صد هزار بار انجام شبیه‌سازی به نتایج زیر رسیدیم:

مطابق شکل ۳ می‌توان بیان نمود که بر اساس روش IRRو با استفاده از نرم‌افزار RISK@، چون حداقل مقدار به دست آمده برای تفاوت مقدار IRR با نرخ بازار از صفر بزرگتر می‌باشد، بنابراین فرآیند مالی فوق با احتمال ۱۰۰ درصد اقتصادی است. سپس به تحلیل نتایج به دست آمده می‌پردازیم:

نام روش	حداقل	میانگین	حداکثر	درجه اقتصادی بودن
روش FIRR	۱۴/۳۳درصد	۲۲/۲۳درصد	۲۹/۰۸درصد	۱۰۰ درصد
نرم افزار @RISK	۱۸/۱۷درصد	۲۲/۳۲درصد	۲۶/۵۱درصد	۱۰۰ درصد

همان‌طور که مشاهده می‌شود فرآیند مالی حاصل از پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE-MS هم مطابق روش FIRR و هم با استفاده از نرم‌افزار @RISK اقتصادی بوده و بر ضرورت پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE-MS از نقطه‌نظر اقتصادی دلالت می‌کند. به عبارت دیگر متوسط نرخ بازگشت سرمایه داخلی فرآیند مالی حاصل از پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE-MS مطابق روش IRR تقریباً برابر با ۲۲ درصد است که از متوسط نرخ بازار ۵ درصد بسیار بزرگتر بوده و به شدت بر اقتصادی بودن این فرآیند مالی تأکید دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

این مقاله با معرفی یک روش جدید نشان داد که عمدتاً استفاده از سیستم HSE-MS نه تنها هزینه بر نبوده بلکه بر سودآوری پروژه‌ها با کاهش هزینه‌های حوادث خواهد افزود، در واقع پروژه پیاده‌سازی سیستم HSE-MS به نوبه خود یک پروژه سودده می‌باشد. روش پیشنهادی مقاله به این صورت است که در ابتدا مدلی را به منظور محاسبه هزینه‌های حوادث قبل و بعد از پیاده‌سازی سیستم HSE-MS ارائه می‌کند. تفاوت این دو فرآیند مالی نشان‌دهنده‌ی فرآیند مالی عایدی حاصل از پیاده‌سازی سیستم HSE-MS است. در ادامه فرآیند مالی نهایی از ترکیب فرآیند مالی عایدی و فرآیند مالی میزان سرمایه‌گذاری لازم برای پیاده‌سازی سیستم HSE-MS حاصل می‌شود. در ادامه این مقاله به منظور ارزیابی اقتصادی فرآیند مالی حاصل از پیاده‌سازی HSE-MS از روش IRR استفاده کرد که از جذاب‌ترین روش‌های ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها است. این روش با تعریف مقادیر فرآیند مالی بر حسب دوره‌های زمانی مختلف و با در نظرگیری ارزش زمانی پول میزان جذابیت فرآیندهای مالی را می‌سنجد. سپس با توجه به عدم قطعیت موجود در پیش‌بینی مقادیر فرآیندهای مالی و به منظور کاهش ریسک جواب نهایی، مقادیر تمامی فرآیندهای مالی بر

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

حسب اعداد فازی تعریف شد تا اطلاعات بیشتری نسبت به حالت قطعی وجود داشته باشد و با درجه اطمینان بالاتری میزان سودآوری پروژه پیاده‌سازی سیستم HSE-MS اندازه‌گیری شود. شایان‌ذکر است که وقتی مقادیر فرآیند مالی به صورت اعداد فازی تعریف شده باشند، آنگاه IRR نیز به صورت یک عدد فازی به دست می‌آید. این مقاله با استفاده از تکنیک‌های موجود در تئوری مجموعه‌های فازی، روشی را معرفی نمود که با استفاده از آن بتوان با درجه اطمینان بالایی مقدار FIRR را محاسبه نمود. در ادامه با استفاده از شاخص امکان بزرگتر بودن دقیق، میزان اقتصادی بودن پروژه پیاده‌سازی سیستم HSE-MS را تعیین نمود. بدین منظور یک پروژه در صنعت نفت به عنوان مطالعه موردی تحت بررسی قرار گرفت که نتایج حاصله به شدت بر اقتصادی بودن و مطلوبیت پروژه HSE-MS تاکید داشت. در نهایت با استفاده از نرم‌افزار RISK@ صحت نتایج به دست آمده مورد بررسی قرار گرفت که بر درستی نتایج حاصله از روش FIRR صحت گذاشت. مقدار میانگین IRR با استفاده از هر دو روش FIRR و نرم‌افزار تقریباً برابر با ۲۲ درصد به دست آمد که این نکته نشان از کیفیت روش پیشنهادی مقاله در محاسبه FIRR دارد. در ضمن با توجه به اینکه کمترین مقدار به دست آمده برای IRR مطابق روش FIRR و نرم‌افزار RISK@ به ترتیب برابر با ۱۴ و ۱۸ درصد است و هر دوی این مقادیر از بیشترین مقدار نرخ بازار که برابر با ۷ درصد است بزرگتر هستند، پروژه پیاده‌سازی سیستم HSE-MS قطعاً اقتصادی بوده و بر ضرورت پیاده‌سازی این پروژه تأکید دارد.

استفاده از روش‌ها و چارچوب‌های اقتصادی برای ارزیابی هزینه‌ها در بخش ایمنی، بهداشت کار و محیط زیست مهم بوده و به ما نشان می‌دهد که میزان سرمایه‌گذاری در این بخش‌ها چقدر به سودآوری و بازگشت سرمایه کمک نموده است و همین امر مدیران را جهت هزینه در بخش یاد شده کمک و تشویق می‌نماید. مطالعه اخیر نیز یک رویکرد نوین جهت طراحی ساختاری اقتصادی برای ارزیابی سرمایه‌گذاری در بخش‌های ایمنی، بهداشت کار و محیط زیست ارائه می‌دهد.

مطابق یافته‌های مطالعه اخیر میزان نرخ بازگشت سرمایه داخلی بین ۱۴ تا ۱۸ درصد بوده و از میزان نرخ بازار (۷ درصد) بیشتر است پس نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در بخش یاد شده بسیار سودآور بوده و منجر به بازگشت سرمایه طی دوره‌های بعدی خواهد شد. به عبارتی سرمایه‌گذاری در بخش ایمنی، بهداشت کار و محیط زیست علاوه بر کاهش مخاطرات محیط کار و در نتیجه کاهش حوادث شغلی و افزایش رضایت شغلی منجر به سودآوری پروژه‌ها نیز می‌گردد.

محققین پیشنهاد انجام مطالعه های در زمینه تاثیر اقتصادی آلودگی هوا [۲۹] بر هزینه های صنایع همچنین مدل سازی نتایج رخ داد حوادث جهت ارائه الگوهای هزینه/منفت و ارائه روشهای پیوسته ارزیابی اقتصادی سیستم های HSE با رویکرد حفظ محیط زیست را دارند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله مراتب تقدیر و تشکر خویش را از کارشناسان HSE صنعت اعلام می نمایند.

References

1. Vatani J, saraji GN, Pourreza AB, Salesi M, MohammadFam I. A Framework for the Calculation of Direct and Indirect Costs of Accidents and Its Application in the Accidents of Construction Industry at Iran in 2013. Trauma Month J. 2014: 22(1).

2. Vatani J, Saraji GN, Pourreza AB, Salesi M, MohammadFam I. The Relation of Costs Accidents by Establishment of Health, safety and Environment Management System (HSE-MS) of Construction Industry in Tehran city. Iran Red Crescent Med J. 201618(12).

3. Antonio López Arquillos, VitaeJuan Carlos Rubio Romero, VitaeAlistair Gibb., Analysis of construction accidents in Spain, 2003-2008. J Safe Res. 2012;43:381–388 .

4. Cox S, Tait R. Safety, Reliability and Risk Management: an integrated approach, Second edition, Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, 1998.

5. 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;77:42-7.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

6. Yarahmadi R, Shahkohi F, Taheri F, Moridi P. Priority of Occupational Safety and Health indexes Based on the Multi Criteria Decision Making in Construction Industries. Iran Ocupp Health J. 2016;12(6):39-47

7. Nenonen S. Fatal workplace accidents in outsourced operations in the manufacturing industry. Safe Sci. 2011;49:1394–1403.

8. Ikpe E, Hammond F, Proverbs D. Cost-Benefit Analysis (CBA) of construction health and safety management: a theoretical discussion. In: Dainty, A (Ed) Procs 24th Annual ARCOM Conference, 1-3 September 2008, Cardiff, UK, Association of Researchers in Construction Management. 2008: 1035-1043.

9. Camino López MA, Ritzel DO, Fontaneda I, González Alcantara OJ. Construction industry accidents in Spain. J Safe Res. 2008;39: 497–507.

10. Rasouli M, Nouri M, Zarei MR, Saadat S, Rahimi-Movaghar V. Comparison of road traffic fatalities and injuries in Iran with other countries. Chinese J Traumatol. 2008;11(3):131-134.

11. Bakhtiyari M, Delpisheh A, Riahi SM, Latifi A, Zayeri F, Salehi M, et al. Epidemiology of occupational accidents among Iranian insured workers. Safe Sci. 2012;50:1480–1484.

12. Bahrampor A, Jafarei R, Vatani J. Five-Year Epidemiological Study and Estimation of Accidents Distribution in Construction Industry Workers in Yazd City by the Year 2011 by Applying Time Series Model. J Kerman Uni Med Sci. 2009;16(2): 156-164.

13. Vatani J, Salasi M, Bahrampour A. An Epidemiological Study of Accidents among Construction Workers in Kerman. Know Health. 2011;5(4):32-36.

14. Zou PX, Zhang G. Managing risks in construction projects: life cycle and stakeholder perspectives. Int J Construct Manag. 2009;9(1):61-77.

15. Zou P, Willson Y, Sun A. An investigation of the viability of assessment of safety risks at design of building facilities in Australia. Proceedings of the CIB W099 Conference 2009, 21-23 October, Melbourne, Australia, CD-ROM, CIB W099, Paper No 12.

16. Ai-Lin Teo E, Feng Y. The indirect effect of safety investment on safety performance for building projects. Architect Sci Rev. 2011;54:65-80.

17. Feng Y. Effect of safety investments on safety performance of building projects. Safe Sci. 2013;59: 28-45.

18. Carlsson C, Fullér R. Capital budgeting problems with fuzzy cash flows. Math Soft Comput. 1999;6(1):81-9.

19. Yarahmadi R, Sadoughi S. Evaluating and prioritizing of performance indices of environment using fuzzy TOPSIS. Indian J Sci Technol. 2012;5(5):2713-9.

20. Jallon R, Imbeau D, de Marcellis-Warin N. Development of an indirect-cost calculation model suitable for workplace use. Journal of Safety Research: 2011;42:149–164.

21. Hajdasinski MM. Technical note-the internal rate of return (IRR) as a financial indicator. Engineer Econom. 2004;49:185-197.

22. Hazen GB. A new perspective on multiple internal rates of return. Engineer Econom. 2003;48(1):31-51.

23. Hazen GB. An extension of the internal rate of return to stochastic cash flows. Manag Sci. 2009;55(6):1030-1034.

24. Magni CA. Average Internal Rate of Return and investment decisions: Anew perspective. Engineer Econom. 2010;55(2):150-18.

25. Osborne M. **A** resolution to the NPV-IRR debate?. Quart Rev Econom Fin. 2010;50(2):234-239.

26. WangYM, Luo Y. Area ranking of fuzzy numbers based on positive and negative ideal points. Comput Math Appl. 2009;58:1769-1779.

27. Asady B, Zendehnam A. Ranking fuzzy numbers by distance minimization. Appl Math Model. 2007:2589-2598.

28. Kuchta PH. Fuzzy rate of return analysis and application. Fuzzy Engineer Econom Appl. 2008;233:97-104.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]