



ساختار نوین در ارزیابی اقتصادی سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) با رویکرد محاسبه 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

کلیدواژه‌ها

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

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۲۱

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۸

زمینه و هدف: در زمان حاضر با صنعتی شدن و افزایش رفاه جامعه با مخاطرات مختلفی از جمله آلودگی هوا، حوادث ناشی از کار و بیماری‌های شغلی مواجه هستیم که نیاز به پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE-MS را تبدیل به امری ضروری کرده است. این در حالی است که پیاده‌سازی این سیستم نیازمند دانش، تخصص، صرف هزینه و زمان است که بعضی از مدیران به دلیل 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 سرمایه‌گذاری در سیستم HSE-MS به صورت اعداد فازی، با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی (IRR)، اقتصادی بودن این سرمایه‌گذاری را تحت محیط فازی ارزیابی شد. همچنین در این مقاله 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 سرانجام به تشریح روش پیشنهادی مقاله پرداختیم. محاسبات با استفاده از نرم‌افزار @RISK مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: 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 ایمنی 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.

نتیجه‌گیری: 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.

تعارض منافع: گزارش نشده است.

منبع حمایت کننده: حامی مالی ندارد.

شیوه استناد به این مقاله:

Vatani J, Farhadi Hassankiadeh R, Faghinihnia 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 1.0 CC BY-NC-SA صورت گرفته است.



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
Roghayeh 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

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.

Keywords

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

Received: 12/09/2017

Accepted: 28/01/2019

This work is published under [CC BY-NC-SA 1.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) licence



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 اتلاف عمر، سال‌های کاری و هزینه‌های مرتبط می‌گردد [۱ و ۲]. هر ساله 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 از جمله 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 [۵-۸]. 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 صرف نظر 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 احتمالی 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 به صورت مطالعه موردی^۱ 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 از جمله غرامت و هزینه‌های پزشکی به علت حوادث و همچنین اختلال در کار می‌باشد [۱۵].

مطالعات تئو و فنگ در سال ۲۰۱۱ با هدف تعیین

^۱Case study

جدول ۱- تعریف حوادث بر مبنای شدت نتیجه حادثه

تعریف	تراز شدت	نوع حادثه
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.	کمتر از ۵ روز استراحت کاری	غیبت کوتاه مدت
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 بگیرد که در آن کارگر بعد از بهبودی قادر به ادامه وظایف کامل باشد.	پنج روز یا بیشتر استراحت کاری و بازگشت به کار بر روی وظایف کامل باشد.	غیبت بلند مدت
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.	پنج روز یا بیشتر استراحت کاری و بازگشت به کار با وظایف کوتاه مدت و یا درآمد پایین	ناتوانی بخشی
آسیب یا بیماری های مربوط به کار، که منجر به ناتوانی دائمی کارگر گردد.	به طور دائم همراه با ناتوانی و بدون بازگشت به کار	ناتوانی کامل
آسیب یا بیماری های مربوط به کار، که منجر به مرگ گردد.	مرگ	مرگ

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 بر حسب شدت نتیجه حادثه در ۶ گروه: ۱- غیبت کوتاه مدت، ۲- غیبت بلند مدت، ۳- ناتوانی بخشی، ۴- ناتوانی کامل، ۵- مرگ [۲۰-۲۸]. جهت محاسبه گروه هزینه‌های حوادث از تعریف زیر استفاده می‌گردد [۲۸-۲۰].

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

² Internal Rate of Return

ADMINC: Administrative) هزینه‌های اداری (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

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

HCC: Human Capital) هزینه‌های سرمایه انسانی (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.

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

گروه هزینه	موارد هزینه ای	بخش یا فردی متحمل هزینه ۱	هزینه مستقیم یا غیر مستقیم ۲	شدت نتیجه حادثه ۳
هزینه‌های اختلال در تولید	هزینه اضافه کاری	E	I	S6
	پرداخت‌های اضافی کارفرما	E	I	S6
هزینه‌های سرمایه انسانی	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 پزشکی	از دست دادن درآمد آینده	W	I	S3, S4, S5
	از دست دادن درآمد دولت	C	I	S3, S4, S5, S2,
هزینه‌های پزشکی	پرداخت‌های رفاهی اجتماعی برای ظرفیت درآمد ازدست‌رفته	C	D	-
	آستانه پرداخت‌های پزشکی	E	D	-
	هزینه‌های پزشکی و توان‌بخشی	W	I	S6
	توان‌بخشی	C	D	-
	هزینه‌های پزشکی و بهداشتی	C	D	-
	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 تشییع جنازه و ...)	W	D	-
هزینه‌های اداری	هزینه‌های بازرسی و بررسی	C	D	-
	امتیازات سفر برای کارگران با ناتوانی	C	D	-
	هزینه‌های رفاهی از پرداخت‌های رفاهی و زیان مالیاتی	C	D	-
	هزینه‌های مراقبین کمک و تغییرات	W	I	S4
هزینه‌های دیگر	W	I	S4	

E1 = هزینه تحمیل شده بر کارفرما، W = هزینه تحمیل شده بر کارگر، C = هزینه تحمیل شده بر جامعه، D2 = هزینه مستقیم، I = هزینه غیر مستقیم، S13 = 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)

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	در سایت در سازمان مرکزی دوره های آموزشی رسمی دوره های آموزشی داخلی وسایل حفاظت فردی امکانات (مصالح و ماشین آلات) امکانات (نیروی انسانی) بودجه برای کمیته ها زمان از دست رفته به علت فعالیت کمیته هزینه های ارتقاء هزینه های مشوق ها
هزینه های تکنولوژی جدید، روش ها یا طراحی ابزارهای جدید	هزینه های تکنولوژی جدید، روش ها یا طراحی ابزارهای جدید
هزینه شناسایی، اندازه گیری و کنترل مخاطرات بهداشتی	هزینه شناسایی، اندازه گیری و کنترل مخاطرات بهداشتی و محیط زیستی
هزینه شناسایی، اندازه گیری و کنترل مخاطرات بهداشتی و محیط زیستی	هزینه شناسایی، اندازه گیری و کنترل مخاطرات بهداشتی و محیط زیستی
بررسی و یکپارچه سازی مستندات 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 پیش ممیزی توسط شرکت گواهی دهنده و برگزاری جلسه بازنگری مدیریت
انجام ممیزی نهایی توسط شرکت گواهی دهنده و صدور گواهینامه	انجام ممیزی نهایی توسط شرکت گواهی دهنده و صدور گواهینامه

$$X = (x_0, x_1, \dots, x_T) \in R^{T+1} \quad \text{است.}$$

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

$$PV(X|r) = \sum_{t=0}^T x_t \cdot (1+r)^{-t} \quad (1-3)$$

به طوری که پارامتر r معرف نرخ بازار و $r > -1$ می باشد.

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 $K \neq -1$ می باشد 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 بهره ای (K) می باشد که معادله زیر تحت آن نرخ برابر با صفر باشد:

$$PV(X|K) = \sum_{t=0}^T x_t \cdot (1+K)^{-t} = 0 \quad (2-3)$$

پارامتر T نشان دهنده تعداد دوره ها و X_t نمایانگر مقدار فرآیند مالی در انتهای دوره t ام است به عبارت دیگر مقدار پارامتر K نشان دهنده IRR فرآیند مالی

نحوه محاسبه میزان سرمایه گذاری لازم در سیستم HSE-MS. سرمایه گذاری در سیستم HSE-MS شامل ۶ بخش اصلی از جمله ۱- هزینه های اداری، ۲- هزینه های آموزش ها، ۳- هزینه امکانات و تجهیزات، ۴- هزینه های کمیته ها، ۵- هزینه های ارتقاء و مشوق ها، ۶- هزینه های تکنولوژی جدید، روش ها یا طراحی ابزارها، ۷- هزینه شناسایی، اندازه گیری و کنترل مخاطرات بهداشتی و محیط زیستی و ۸- هزینه بازرسی، مستندسازی و صدور گواهی در سیستم مدیریت HSE-MS می باشد [۲۸-۲۰].

جدول شماره ۳ به صورت جامع اجزاء اصلی و فرعی سرمایه گذاری در سیستم مدیریت HSE-MS را ارائه می دهد.

روش IRR: یکی از روش هایی که امروزه در تعیین اقتصادی بودن و انتخاب اقتصادی ترین پروژه ها متداول می باشد روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی است. محاسبه نرخ بازگشت سرمایه داخلی معمولاً با استفاده از روش ارزش فعلی خالص انجام می پذیرد. یک پروژه یا جریان فرآیند مالی یک توالی به صورت زیر

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 کنیم. 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.

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. شایان ذکر 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 Excel محاسبه 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 ۱-۲ محاسبه نمایید.

شایان ذکر 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:

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 IRR را به یک صورت عدد فازی مثلثی تقریب بنزیم، آنگاه FIRR تقریبی برابر با عدد فازی مثلثی (۰/۲۹/۰۸) و (۰/۱۴/۳۳) 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 مدیریت HSE-MS برابر با عدد فازی مثلث (۰/۲۹/۰۸) و (۰/۱۴/۳۳) و نرخ بازار نیز برابر با (۰/۷) و (۰/۵) و (۰/۳) 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 (۰/۱۴/۳۳) حتی از مقدار حد بالای نرخ بازار (۰/۷) بزرگتر است، بنابراین می‌توان بیان نمود که این فرآیند مالی با درجه امکان ۱ (۱۰۰ درصد) اقتصادی خواهد بود.

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	$C_0+(B_0-A_0)$	$C_1+(B_1-A_1)$	$C_2+(B_2-A_2)$	...	$C_T+(B_T-A_T)$
HSE-MS					

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

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

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

یافته‌ها

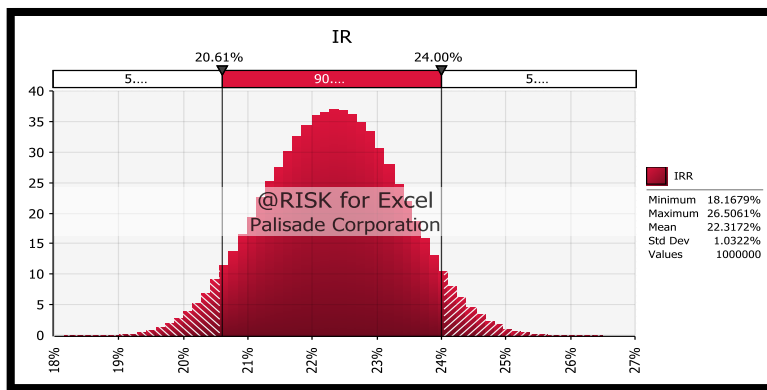
مطالعه موردی در صنعت نفت است. در جداول ذیل مقدار فرآیند مالی هزینه‌های ناشی از حوادث قبل و بعد از پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE-MS به

جدول ۴- مقدار IRR فرآیند مالی حاصل از پیاده سازی سیستم مدیریت HSE-MS تحت برش های مختلف

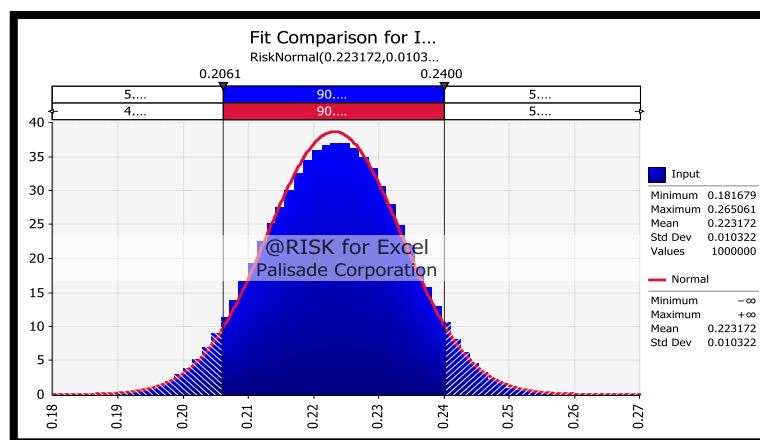
برش	دوره	IRR (بر حسب درصد)	برش	دوره	IRR (بر حسب درصد)
$\alpha = 0$	نقاط ابتدایی	۱۴/۳۳	$\alpha = 0/2$	نقاط ابتدایی	۱۶/۱۷
	نقاط انتهایی	۲۹/۰۸		نقاط انتهایی	۲۷/۸۲
	نقاط ابتدایی	۱۷/۹۱		نقاط ابتدایی	۱۹/۵۷
	نقاط انتهایی	۲۶/۵۷		نقاط انتهایی	۲۵/۳۰
$\alpha = 0/4$	نقاط ابتدایی	۲۱/۱۷	$\alpha = 0/6$	نقاط ابتدایی	۲۱/۱۷
	نقاط انتهایی	۲۴/۰۳		نقاط انتهایی	۲۲/۷۵
	نقاط ابتدایی	۲۱/۱۷		نقاط ابتدایی	۱۹/۵۷
	نقاط انتهایی	۲۴/۰۳		نقاط انتهایی	۲۵/۳۰
$\alpha = 0/8$	نقاط ابتدایی	۲۱/۱۷	$\alpha = 1$	نقاط ابتدایی	۲۲/۷۵
	نقاط انتهایی	۲۴/۰۳		نقاط انتهایی	۲۲/۷۵
	نقاط ابتدایی	۲۱/۱۷		نقاط ابتدایی	۱۹/۵۷
	نقاط انتهایی	۲۴/۰۳		نقاط انتهایی	۲۵/۳۰

جدول ۵- خلاصه فواصل به دست آمده برای مقدار IRR حاصل از پیاده سازی سیستم مدیریت HSE-MS

برش $\alpha = 0$	IRR0 = [% ۱۴/۳۳ , % ۲۹/۰۸]	برش $\alpha = 0/6$	IRR0.6 = [% ۱۹/۵۷ , % ۲۵/۳۰]
برش $\alpha = 0/2$	IRR0.2 = [% ۱۶/۱۷ , % ۲۷/۸۲]	برش $\alpha = 0/8$	IRR0.8 = [% ۲۱/۱۷ , % ۲۴/۰۳]
برش $\alpha = 0/4$	IRR0.4 = [% ۱۷/۹۱ , % ۲۶/۵۷]	برش $\alpha = 1$	IRR1 = [% ۲۲/۷۵ , % ۲۲/۷۵]



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

۸۱/۱۴۳۳	۱۵۱/۱۴۳۳	۳۸/۱۴۳۳	۳۸/۱۴۳۳	۳۸/۱۴۳۳	۳۸/۱۴۳۳	۳۸/۱۴۳۳	۳۸/۱۴۳۳	۳۸/۱۴۳۳
---------	----------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

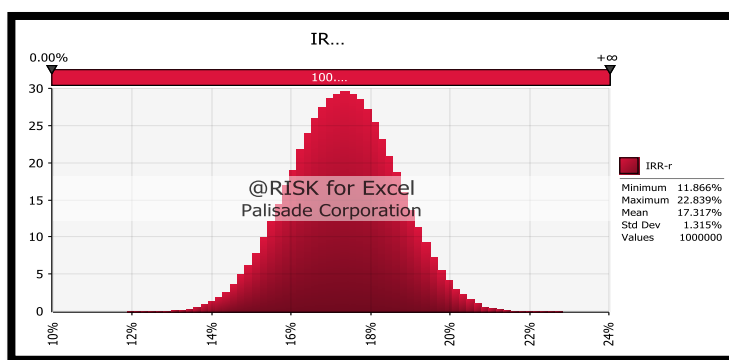
مطابق اطلاعات به دست آمده مقادیر میانگین، مد و میانه با یکدیگر تقریباً برابر می‌باشد که این یکی از ویژگی‌های توزیع نرمال است. در ضمن میزان چولگی و کشیدگی مقدار IRR نیز برابر با -0.03 و $2/74$ است که نشان از نزدیک بودن توزیع IRR به توزیع نرمال است. در واقع می‌توان بیان نمود که IRR از توزیع تقریباً نرمال با میانگین $22/32$ و انحراف معیار $1/03$ درصد پیروی می‌کند. کمترین و بیشترین مقدار IRR به دست آمده نیز به ترتیب برابر با $18/17$ و $26/51$ درصد است.

در ادامه به منظور اعتبارسنجی نتایج به دست آمده

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 IRR را نشان می‌دهد.

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

کشیدگی	چولگی	انحراف معیار	مد	میانگین	حداکثر	حداقل
--------	-------	--------------	----	---------	--------	-------



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

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 نتیجه گیری

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 نشان‌دهنده 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

از شبیه‌سازی و در واقع از نرم‌افزار @RISK استفاده می‌کنیم. اما چون در هر بار شبیه‌سازی به جای نرخ بازار عددی تصادفی و مثالی 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 IRR و 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	نرخ بازگشت سرمایه	حداکثر	نرخ اقتصادی بودن
روش FIRR	۱۴/۳۳ درصد	۲۲/۲۳ درصد	۲۹/۰۸ درصد	۱۰۰ درصد
نرم افزار @RISK	۱۸/۱۷ درصد	۲۲/۳۲ درصد	۲۶/۵۱ درصد	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 نقطه نظر اقتصادی دلالت می‌کند. به عبارت دیگر متوسط نرخ بازگشت سرمایه داخلی فرآیند مالی حاصل از پیاده‌سازی سیستم مدیریت

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 مطالعه‌های در زمینه تاثیر اقتصادی آلودگی هوا [۲۹] بر هزینه‌های صنایع همچنین مدل سازی نتایج رخ داد حوادث جهت ارائه الگوهای هزینه/منفعت و ارائه روشهای پیوسته ارزیابی اقتصادی سیستم‌های HSE با رویکرد حفظ محیط زیست را دارند.

تقدیر و تشکر

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

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.* 2016;18(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.

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.

6. Yarahmadi R, Shahkahi F, Taheri F, Moridi P. Priority of Occupational Safety and Health indexes Based on the Multi Criteria Decision Making in Construction Industries. *Iran Occup 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. Bahrapour 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, Bahrapour 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: A new 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.