Archive of SID

Iran Occupational Health

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

Iran Occupational Health. 2020 (1 Aug);17:24.

Evaluation of safety performance indicators for construction projects: A review study

Hamideh Sabouri, MSc Student of Health, Safety and Environment, Health Faculty, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
Seyed Shamseddin Alizadeh, Department of Occupational Health Engineering, Health Faculty, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
Mohammad Mosaferi, Department of Environmental Health Engineering, Health Faculty, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
Abdolrasoul Safaiyan, (* Corresponding author) Department of Biostatistics and Epidemiology, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran. safaiyana@tbzmed.ac.ir

Abstract

Background and aims: Contractor's safety performance assessment provides an opportunity for managers and decision-makers to choose contractors based on safety principles as an effective factor. The construction industry creates a complex working environment due to the use of complex devices and equipment, modern construction methods, temporary organizational structures, and the multidisciplinary and multitasked aspects of the project workforce. Construction projects are performed by contractors in many countries, and the accident rate is very high in this industry. Therefore, the safety of the workplace in the construction industry needs considerable attention. In the construction industry, completing a high-quality project with the minimum time and cost is a priority, and safety is a secondary concern. The lack of motivation to promote a safety culture at the organization and project level has weakened the safety performance and made construction one of the most dangerous industries in the world. It is possible to improve the safety standards of contracting organizations with continuous monitoring and reviewing of their safety performance. To achieve this goal, safety performance measurement methods must be available. To achieve the safety objectives of the safety management system, organizations require a rational framework for assessing safety performance to measure the effectiveness of the organization in preventing accidents over time. The goal of measuring the safety performance is to provide a feedback mechanism to accelerate improvement. The effectiveness of the feedback mechanism is directly dependent on the use of appropriate information resources. Safety performance is one of the most important concerns of project managers, because poor safety increases project failures and affects other key performance indicators. For example, the unsafe work environment reduces the quality of work and causes extra time and costs. This study was conducted to evaluate the contractor's safety performance indicators.
Methods: In this study, the articles published in the Science Direct database from the beginning of 2005 to the end of 2017 on measuring the safety performance of construction projects were reviewed. Articles with the term "safety performance" and "construction" in the title, abstract, or keywords were selected. A total of 145 articles were found in the first search, and after a closer look at the title and abstracts of articles, 54 articles related to the purpose of the study were examined. These 54 selected articles were categorized based on various criteria such as the title of the article, year of publication, journal name, author's country, and methods. In general, the safety performance indicators were divided into three groups of methods, including lagging indicators, leading indicators, and other methods, and each of these groups includes subgroups.
Results: From the review of 54 articles, it was found that two indicators of incident rate (29 articles) and accident rate (19 articles) were studied in the majority of articles. These two were followed by studies on the near miss rates, safety culture, risk assessment, unsafe conditions, experience modification rating, and safety costs for safety performance measurement, respectively. Most articles in the field of safety performance of contractors were published in the Journal of Safety Science and originated from the USA and China. Below, each lagging and leading indicator is summarized.
Lagging indicators:
1. Accident rate: Accident rate is most commonly used in assessing safety performance, simply calculated by having the number of accident. It can be used to compare performance. The accident rate can be calculated for a month to several years with the following formula:
Accident rate = (number of accidents / number of employees) ×106
2. Incident rate: According to some authors, incidents include accidents, near misses, unsafe acts, and unsafe conditions. In fact, the word incident can refer to any situation where there is a lack of safety. The methods for calculating incident rate vary from country to country. Typically, the rate of incident is calculated as follows: Incident rate = (number of incidents / number of employees) ×106
Incident and accident rate have certain advantages for assessing the safety performance; for instance, information about them is relatively easy to collect and understand, they are suitable indicators for comparison, and they prove useful in the identification of trends over time.

Keywords
Safety performance,
Construction projects,
Contractors,
Safety performance indicator

Received: 12/11/2018
Published: 01/08/2020

www.SID.ir

Archive of SID

3. Near miss: Near miss is defined as an unplanned event that has the potential to cause damage, injury, or illness, but does not cause any specific damage and does not come with a direct cost. In fact, a near miss is a warning for the occurrence of accidents. By controlling and recording near misses, it is possible to measure the current safety performance, and by investigating near misses and their causes, organizations can prevent accidents and improve safety performance. It is not easy to identify near misses, and some of the factors preventing employees from reporting near misses include fear of being blamed, accepting a risk because such events are considered part of the work, lack of feedback on how the reported information has been used, and the perception that data collection is difficult and time-consuming.
4. Experience modification rate: Experience modification rating is a method used by companies in the United States to measure the safety performance of firms based on the company's injury and illness claims for over the past three years. The basic formula for experience modification rating is: EMR = actual claims / expected claims
This formula is adjusted according to company size and the frequency and severity of injuries. The actual losses of accidents and injuries result in workers' compensation claims, and the expected losses are based on the experience of claims for a particular work classification. Companies are ranked based on the experience modification rate. The average score for an experience modification rate is 1, with higher scores indicating the payment of more insurance premium, and lower rates indicating a lower premium.
The formula of experience modification rate is relatively complex and, in practice, different methods are used to calculate it. This formula is not a suitable method for calculating the safety performance of all types of companies. The experience modification rate is based on the performance of the past three years and is, therefore, not appropriate for measuring the current safety performance.
Leading indicators: Leading indicators provide early warning signals for potential failures and continuous control of safety in the work processes. These indicators primarily and often focus at the level and analysis of small units such as individual behavior, so that work processes and behaviors can be improved before an accident occurs. Leading indicators based on the type of selected criteria can predict future safety performance and prevent future accidents.
1. Risk assessment: Risk assessment is a fundamental principle in safety management. For the effective prevention of accidents, their causes should be identified with risk assessment. In construction projects, risk assessment can be the identification of hazards in the design phase of construction before they can lead to an accident. To do this, the first step is to identify the main stages of the construction process and then to identify the risks associated with each step. To determine the hazards, one can use the information on incidents and accidents occurring in similar projects.
2. Behavior-based safety: Behavior-based safety is a measure of performance evaluation that is measured by different methods, including the use of checklists. Checklists evaluate different behaviors such as the use of personal protection equipment, housekeeping, hot work, scaffolding, and access to heights. The four basic steps in behavior-based safety include identifying, observing, intervening, and review (or follow-up observation) and monitoring. After the interventions, behaviors are observed and grouped as safe and unsafe behaviors. Then, the raw data are converted into a score, so that the numbers of safe behaviors multiply 100 and divided by all observed behaviors. In most leading indicators, data collection is performed manually. The observation and control of construction sites are time-consuming for safety authorities. The inspectors' errors are also involved in the results and reports.
3. Safety culture: To assess the safety culture of an organization, there are a variety of qualitative methods such as observation, and quantitative methods such as surveys, each being useful for assessing culture. However, quantitative methods, in particular, surveys of individuals' responses, are often more practical in terms of time and cost-effectiveness. As a result, surveys and questionnaires are widely used in assessing the safety culture in various industries. Different studies use parameters, management commitment, supervisory environment, supportive environment, communication and feedback, work pressure, personal perception of risk, workers' involvement, training and competency, safety rules and procedures, and assessment of work hazards to evaluate the safety culture.
Conclusion: One cannot claim that a certain indicator of safety performance measurement is better than another; the choice of indicators depends on the objective of safety performance measurement and the available sources of information. The use of safety performance measurement methods depends on the time and location of their use. At the project level, the use of leading indicators causes the current safety performance of the project measurable, so that its results can be used to improve performance. For example, incidents and accidents can be prevented by improving the behavior and safety culture. Nevertheless, for companies that choose a contractor for their own projects, using indicators such as accident rate, incident rates, and experience modification rate will be very useful because these indicators show the outcomes of contractor safety performance. This paper can serve as a useful source of information for employers and managers of construction projects to evaluate the safety performance of contractors in this field.

Conflicts of interest: None
Funding: None

How to cite this article:

Sabouri H, Alizadeh SSh, Mosaferi M, Safaiyan A. Evaluation of safety performance indicators for construction projects: A review study. Iran Occupational Health. 2020 (1 Aug);17:24.

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

www.SID.ir

Archive of SID

مقاله مروری
http://ioh.iums.ac.ir

سلامت کار ایران
دوره ۱۷ – ۲۴/۱۳۹۹

بررسی شاخص‌های سنجش عملکرد ایمنی پیمانکاران در پروژه‌های عمرانی: مطالعه مروری

حمیده صبوری: دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
سید شمس الدین علیزاده: استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
محمد مسافری: استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
عبدالرسول صفائیان: (* نویسنده مسئول) مربی، گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران. safaiyana@tbzmed.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: سنجش عملکرد ایمنی پیمانکاران فرصتی برای مدیران و تصمیم‌گیرندگان در زمینه انتخاب پیمانکار فراهم می‌کند تا بتوانند از اصول ایمنی به عنوان عاملی موثر در انتخاب پیمانکاران استفاده کنند. پروژه‌های عمرانی در بسیاری از کشورها به دست پیمانکاران انجام می‌شوند و میزان بروز حادثه در این صنعت بسیار بالاست. صنعت ساخت و ساز به علت استفاده از دستگاه‌ها و تجهیزات پیچیده، روش‌های مدرن ساخت و ساز، ساختار سازمانی موقت و استفاده چند رشته‌ای و چند منظوره (چند وظیفه) از نیروی کاری خود یک محیط کاری پیچیده را ایجاد می‌کند. بنابراین ایمنی محیط کار در صنعت ساخت و ساز نیاز به توجه بالایی دارد. بهبود استانداردهای ایمنی سازمان‌های قراردادی با نظارت مستمر و بازنگری عملکرد ایمنی آنها ممکن می‌باشد. سازمان‌ها جهت رسیدن به اهداف ایمنی و اهداف سیستم مدیریت ایمنی، نیازمند یک چارچوب منطقی برای سنجش عملکرد ایمنی می‌باشد تا میزان اثربخشی سازمان را در پیشگیری از حوادث در طول زمان بسنجد. این مطالعه با هدف بررسی شاخص‌های سنجش عملکرد ایمنی پیمانکاران انجام شده است.

روش بررسی: در این مطالعه مقالات چاپ شده در پایگاه داده Science Direct از ابتدای سال ۲۰۰۵ تا پایان سال ۲۰۱۷ در ارتباط با موضوع سنجش عملکرد ایمنی پیمانکاران پروژه‌های عمرانی بررسی شدند و مقالاتی که در عنوان، خلاصه و یا در کلید واژه‌ها دارای کلمات "عملکرد ایمنی" و "ساخت و ساز" بودند انتخاب گردیدند. در مجموع ۱۴۵ مقاله در جست و جوی اولیه یافت شدند و پس از بررسی دقیق‌تر در عنوان و خلاصه مقالات ۵۴ مقاله مرتبط با هدف مطالعه، مورد بررسی قرار گرفتند. مقالات انتخاب شده بر اساس معیارهای مختلف مانند: عنوان مقاله، سال انتشار، نام مجله، کشور نویسنده اصلی مقاله و روش استفاده شده برای ارزیابی عملکرد ایمنی پیمانکاران ساخت و ساز طبقه‌بندی شدند.

یافته‌ها: روش‌های سنجش عملکرد ایمنی به دو دسته روش‌ها یا شاخص‌های گذشته نگر یا متاخر و شاخص‌های پیشرو تقسیم‌بندی می‌شوند. روش‌های گذشته‌نگر شامل نرخ حوادث و نرخ رویدادها، هزینه حوادث و نرخ شبه حوادث می‌باشد. روش‌های پیشرو شامل ارزیابی ریسک، رفتار ایمنی و فرهنگ ایمنی می‌باشند. از بررسی ۵۴ مقاله نهایی انتخاب شده ، مشخص شد که در بیشتر مقالات به دو شاخص نرخ حوادث (۲۹ مقاله) و نرخ رویداد (۱۹ مقاله) پرداخته شده است و پس از این دو شاخص به ترتیب بیشترین مقالات به شاخص‌های رفتار ایمنی، نرخ شبه حوادث، فرهنگ ایمنی، ارزیابی ریسک، شرایط ناایمن، نرخ تعدیل تجربی و هزینه‌های ایمنی جهت سنجش عملکرد ایمنی پرداخته‌اند. با گذر زمان استفاده از شاخص‌های پیشرو در کنار شاخص‌های گذشته‌نگر در مطالعات این حوزه افزایش پیدا کرده است. بیشترین تعداد مقالات در حوزه عملکرد ایمنی پیمانکاران در مجله Safety Science چاپ شده و مربوط به کشورهای آمریکا و چین است.

نتیجه‌گیری: نمی‌توان گفت یکی از شاخص‌های سنجش عملکرد ایمنی نسبت به دیگری برتر است بلکه انتخاب یکی از این شاخص‌ها بستگی به هدف سنجش عملکرد ایمنی و منابع اطلاعاتی در دسترس دارد. این مقاله می‌تواند به عنوان یک منبع اطلاعاتی مفید برای کارفرمایان و مدیران پروژه‌های عمرانی جهت ارزیابی عملکرد ایمنی پیمانکاران این حوزه سودمند باشد.

کلیدواژه‌ها
عملکرد ایمنی،
پروژه‌های عمرانی،
پیمانکاران،
شاخص‌های عملکرد ایمنی

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۲۱
تاریخ چاپ: ۹۹/۰۵/۱۱

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

شیوه استناد به این مقاله:
Sabouri H, Alizadeh SSh, Mosaferi M, Safaiyan A. Evaluation of safety performance indicators for construction projects: A review study. Iran Occupational Health. 2020 (1 Aug);17:24.

***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

کارکنان صنعت ساخت و ساز نسبت به کارکنان در سایر شاخه‌های صنعت در معرض بیماری‌ها و حوادث شغلی بیشتری هستند. صنعت ساخت و ساز به علت تعداد زیاد حوادث و آسیب‌های کشنده و غیر کشنده برای کارهای تحقیقاتی و مداخله‌ای در اولویت می‌باشد (۱). در صنایع ساخت و ساز؛ تکمیل پروژه با کیفیت بالا در کمترین زمان و با کمترین هزینه در اولویت قرار می‌گیرد و مسئله ایمنی در درجه دوم اهمیت می‌باشد. فقدان انگیزه در ترویج فرهنگ ایمنی در سطح سازمان و پروژه باعث تضعیف عملکرد ایمنی شده و این صنعت را به یکی از خطرناکترین صنایع تبدیل می‌کند (۲). صنعت ساخت و ساز به علت استفاده از دستگاه‌ها و تجهیزات پیچیده، روش‌های مدرن ساخت و ساز، ساختار سازمانی موقت و استفاده چند رشته‌ای و چند منظوره (چند وظیفه) از نیروی کاری خود یک محیط کاری پیچیده را ایجاد می‌کند. علاوه بر این کارکنان ساخت و ساز معمولاً در سایت‌های جداگانه کار می‌کنند و در هنگام مواجهه با مشکلات خاص بایستی خود تصمیم‌گیری نمایند (۳-۶). بنابراین ایمنی در محیط کار در صنعت ساخت و ساز به توجه بالایی نیاز دارد (۷). در اسپانیا حدود ۳۰ درصد از کل حوادث منجر به مرگ در تمام صنایع بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ در صنعت ساخت و ساز رخ داده است که تقریباً ۳۵۰ نفر از کارکنان در سال کشته شده‌اند (۸). بر اساس گزارش سلامت و ایمنی شغلی اداره کار کشور هنگ کنگ طی سال ۲۰۰۹ بیش از ۲۰ درصد حوادث صنعتی مربوط به صنعت ساخت و ساز بوده است (۹). طبق آمار منتشر شده توسط اداره سلامت و ایمنی انگلستان میزان آسیب‌های کشنده در صنعت ساخت و ساز حداقل دو برابر بیشتر از صنایع تولیدی در بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۳ بوده است. در کشورهای در حال توسعه مانند ایران وضعیت حتی بدتر است. این شرایط، نتیجه عواملی مانند فقدان قوانین و مقررات، نظارت ناکافی دولت، استخدام کارگران غیر متخصص، فشار اقتصادی و فقدان سیستم جامع گزارش حادثه می‌باشد (۱۰).

بهبود استانداردهای ایمنی سازمان‌های قراردادی با نظارت مستمر و بازنگری عملکرد ایمنی آنها ممکن می‌باشد. برای رسیدن به این هدف باید روش‌های سنجش عملکرد ایمنی وجود داشته باشند. سازمان‌ها جهت رسیدن به اهداف ایمنی و اهداف سیستم مدیریت ایمنی، نیازمند یک چارچوب منطقی برای سنجش عملکرد ایمنی می‌باشد تا میزان اثربخشی سازمان را در پیشگیری از حوادث در طول زمان بسنجد (۲). کلین[1] شاخص‌های عملکرد ایمنی را به عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری توانایی شرکت‌ها در کنترل ریسک حوادث تعریف می‌کند. هارمس شاخص‌های ایمنی را به عنوان ابزارهایی تعریف می‌کند که بینشی را نسبت به مفهوم ایمنی فراهم می‌کند که به طور مستقیم قابل اندازه‌گیری نیست (۱۱). هدف اندازه‌گیری عملکرد ایمنی ارائه یک مکانیسم بازخوردی است تا بهبود را سرعت بخشد. اثربخشی مکانیسم بازخورد به طور مستقیم وابسته به بهره‌برداری از منابع مناسب اطلاعات است (۱۲). اندازه‌گیری منظم عملکرد ایمنی باعث تشخیص و حل مشکلات می‌شود و اطلاعات مورد نیاز برای تصمیم‌های ایمنی فعال و ارزیابی اثربخشی ابتکارات ایمنی فراهم می‌کند (۱۱). تجزیه و تحلیل عملکرد ایمنی و روش‌های ایمنی اجرا شده در محیط کار می‌تواند به طراحی راهبردهای مدیریت ایمنی در آینده کمک کند (۱۳). عملکرد ایمنی و بهبود آن یک مشکل مزمن است که توجه زیادی را از زمان‌های دور مانند اجرای ایمنی و بهداشت شغلی در سال ۱۹۷۰ به خود جلب کرده است. توانایی اندازه‌گیری عملکرد ایمنی یک عامل کلیدی برای بررسی قابلیت اعتماد و اثربخشی آموزش ایمنی، روش‌های مدیریت ایمنی و بهبود ایمنی می‌باشد (۱۴). عملکرد ایمنی همچنین مورد توجه مدیران پروژه می‌باشد زیرا ایمنی ضعیف موجب ایجاد خرابی‌هایی در پروژه می‌شود و بر سایر شاخص‌های کلیدی عملکرد تاثیر می‌گذارد. محیط کاری ناایمن کیفیت کاری را کاهش می‌دهد و باعث تحمیل زمان و هزینه‌های اضافی می‌شود (۱۵)، به عنوان مثال سرانه انسانی هر حادثه شغلی در ایران برابر با ۹۰۵۳۳۹۳ تومان است یعنی هر حادثه شغلی ۹۰۵۳۳۹۳ تومان به کارفرمایان و اقتصاد کشور هزینه و خسارت تحمیل می‌کند (۱۶).

[1] Kjellén

www.SID.ir

Archive of SID

در این مطالعه شاخص‌های مختلف استفاده شده برای سنجش عملکرد ایمنی پروژه‌های عمرانی در طول ۱۳ سال از پایگاه داده Science Direct گردآوری و بررسی شدند و مزایا و معایب هرکدام از این روش‌ها، همچنین جایگاه و موقعیت استفاده از آنها مطالعه و مورد بحث قرار گرفته است تا اطلاعات سودمندی برای علاقه‌مندان به این حوزه فراهم نماید.

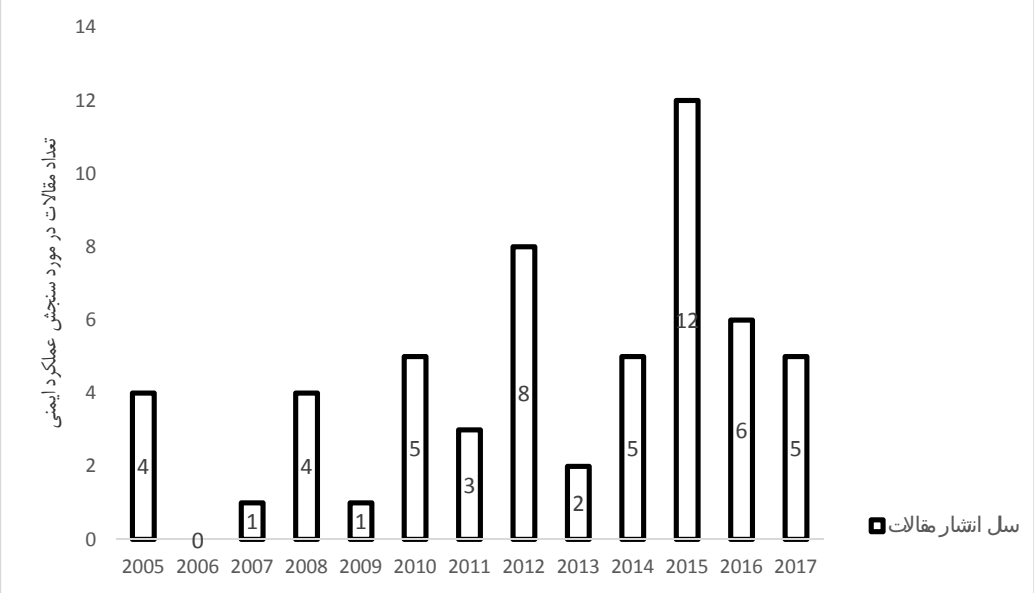
روش بررسی

این مطالعه با هدف گردآوری اطلاعات و دانشی در زمینه سنجش عملکرد ایمنی پیمانکاران پروژه‌های عمرانی انجام شده است. برای رسیدن به این هدف مقالات چاپ شده در پایگاه داده Science Direct مورد بررسی قرار گرفتند. مقالات منتشر شده در این پایگاه داده در بازه زمانی ۱۳ ساله از ابتدای سال ۲۰۰۵ تا پایان سال ۲۰۱۷ بررسی شدند. با استفاده از جست و جوی پیشرفته در این سایت مقالاتی که در عنوان، خلاصه و یا در کلید واژه‌ها دارای کلمات "عملکرد ایمنی" و "ساخت و ساز" بودند انتخاب شده و وارد نرم افزار End Note شدند که در مجموع تعداد ۱۴۵ مقاله در جست و جوی اولیه جمع‌آوری شدند. در مرحله دوم عنوان و خلاصه مقالات مورد بررسی دقیق‌تری قرار گرفتند که در نهایت ۵۴ مقاله مرتبط با هدف مطالعه انتخاب شدند. علاوه بر مقالات اصلی منتشر شده در مجلات، مقالات چاپ شده در پیوست مجلات و مقالات ارائه شده در کنفرانس‌ها نیز وارد بررسی شدند، رساله‌ها، پایان‌نامه‌ها و خلاصه کتب از جست و جو حذف شدند.

۵۴ مقاله انتخاب شده در این مطالعه بر اساس معیارهای مختلف مانند: عنوان مقاله، سال انتشار، نام مجله، کشور نویسنده اصلی مقاله و روش استفاده شده برای ارزیابی عملکرد ایمنی پیمانکاران ساخت و ساز طبقه‌بندی شدند. به صورت کلی شاخص‌های سنجش عملکرد ایمنی در این مطالعه به سه گروه روش‌ها یا شاخص‌های گذشته‌نگر، شاخص‌های پیشرو و سایر روش‌ها تقسیم‌بندی شدند که هر کدام از این گروه‌ها خود شامل زیرگروه‌هایی هستند. در ادامه هر یک به صورت جداگانه بررسی و مطالعه شده‌اند.

یافته‌ها

شکل ۱ پراکندگی مقالات چاپ شده در بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۷ را نشان می‌دهد. همانطور که در نمودار مشاهده می‌شود در سال ۲۰۰۶ هیچ مقاله‌ای در رابطه با این موضوع چاپ نشده است. در سال ۲۰۱۵ بیشترین تعداد مقاله (۱۲ مقاله) در این حوزه چاپ شده است.



شکل ۱- پراکندگی تعداد مقالات چاپ شده بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۷

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تعداد مقالات چاپ شده در رابطه با سنجش عملکرد ایمنی بین کشورهای مختلف

ردیف	کشور	تعداد مقالات	ردیف	کشور	تعداد مقالات
۱	ایالات متحده آمریکا	۱۱	۱۱	سوئد	۱
۲	چین	۱۱	۱۲	آلمان	۱
۳	هنگ کنگ	۷	۱۳	سنگاپور	۱
۴	استرالیا	۶	۱۴	نروژ	۱
۵	آفریقا جنوبی	۳	۱۵	انگلستان	۱
۶	برزیل	۲	۱۶	عربستان	۱
۷	اسپانیا	۲	۱۷	اندونزی	۱
۸	تایلند	۱	۱۸	ایران	۱
۹	کانادا	۱	۱۹	لبنان	۱
۱۰	ترکیه	۱		جمع کل مقالات	۵۴

جدول ۲- تعداد مقالات چاپ شده در رابطه با سنجش عملکرد ایمنی بین مجلات مختلف

نام مجله	تعداد مقالات	نام مجله	تعداد مقالات
Journal of Safety Research	۱۷	Safety Science	۳
Applied Ergonomics	۱۱	Accident Analysis and Prevention	۱
Building and Environment	۷	Automation in Construction	۱
Safety and Health at Work	۷	Procedia Engineering	۱
Procedia Manufacturing	۵	International Journal of Project Management	۱
جمع کل	۵۴		

در جدول ۱ تعداد مقالات چاپ شده در ارتباط با موضوع سنجش عملکرد ایمنی پیمانکاران ساخت و ساز در بین کشورهای مختلف نشان داده شده است که بیشترین مقالات در این حوزه مربوط به کشور آمریکا و چین می‌باشد که هرکدام ۱۱ مقاله در این زمینه منتشر کرده‌اند.

بیشترین مقالات در حوزه سنجش عملکرد ایمنی در مجله Safety Science چاپ شده است که تعداد آن ۱۷ مقاله می‌باشد. جدول ۲ تعداد مقالات منتشر شده در مجلات مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۳ شامل روش‌های مورد استفاده برای سنجش عملکرد ایمنی پیمانکاران پروژه‌های عمرانی و شاخص‌های مورد استفاده در اندازه‌گیری این روش‌ها در بین ۵۴ مقاله مورد بررسی می‌باشد. روش بررسی نرخ حوادث روشی است که بیشترین استفاده را داشته است و در ۲۹ مقاله به این روش برای سنجش عملکرد ایمنی اشاره شده است. بعد از نرخ حوادث، نرخ رویداد بیشترین کاربرد را در مطالعات داشته است. به علت اینکه در برخی مقالات از دو یا چند روش برای سنجش عملکرد ایمنی استفاده شده است مجموع تعداد مطالعات بیان شده بیشتر از تعداد مقالات بررسی شده یعنی ۵۴ می‌باشد.

روش‌های سنجش عملکرد ایمنی پیمانکاران

روش‌های سنجش عملکرد ایمنی به دو دسته روش‌ها یا شاخص‌های گذشته‌نگر یا متاخر و شاخص‌های پیشرو تقسیم‌بندی می‌شوند. روش‌های گذشته‌نگر شامل نرخ حوادث و نرخ رویدادها، هزینه حوادث و نرخ شبه حوادث می‌باشد. روش‌های پیشرو شامل ارزیابی ریسک، رفتار ایمنی و فرهنگ ایمنی می‌باشند. روش‌هایی مانند چارچوب ارزیابی عملکرد ایمنی SPE[2]، هزینه‌های ایمنی به عنوان سایر روش‌ها طبقه‌بندی شده‌اند و در روش محاسبه خود شامل هر دو گروه شاخص‌های گذشته‌نگر و پیشرو می‌باشند.

در زیر هر کدام از روش‌های سنجش عملکرد ایمنی به صورت جداگانه مورد مطالعه قرار گرفته است.

الف- روش بررسی نرخ حوادث[3]: نرخ حوادث در سنجش عملکرد ایمنی نسبت به روش‌های دیگر بیشترین استفاده را دارد و محاسبه آن با داشتن

[2] Safety Performance Evaluation
[3] Accident Rate

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- روش‌ها و شاخص‌های مورد استفاده برای سنجش عملکرد ایمنی پیمانکاران ساخت و ساز

روش‌های سنجش عملکرد ایمنی	شاخص‌های سنجش عملکرد ایمنی	روش محاسبه	تعداد مطالعات
روش بررسی نرخ حوادث	تعداد حوادث	۱۰^{۶}*(تعداد کارکنان /تعداد حوادث) = نرخ حوادث	۲۹
روش بررسی نرخ رویداد	تعداد رویداد	۱۰^{۶}*(تعداد کارکنان /تعداد رویداد) = نرخ رویداد	۱۹
روش بررسی تعداد شبه حوادث	کنترل و ثبت شبه حوادث	تعداد شبه حوادث	۷
روش بررسی هزینه حوادث	هزینه‌های پزشکی، هزینه تجهیزات آسیب‌دیده، هزینه غرامت آسیب‌ها و فوت‌ها	(غرامت یک فوت * تعداد فوت) = هزینه حوادث (هزینه متوسط یک حادثه * تعداد حادثه) +	۱
روش ارزیابی نرخ تعدیل تجربی	میزان غرامت‌های پرداخت شده	= نرخ تعدیل تجربی خسارت‌های مورد انتظار/ خسارت‌های واقعی	۱
روش ارزیابی ریسک	شرایط نا ایمن	شدت * احتمال = سطح ریسک	۳
روش ارزیابی رفتار ایمنی	رعایت ایمنی و مشارکت ایمنی	= نمره رفتار تعداد کل رفتارهای مشاهده شده/ تعداد رفتارهای ایمن	۸
روش ارزیابی فرهنگ ایمنی	سطح آموزش و صلاحیت، قوانین و روش-های ایمنی و ...	سطح فرهنگ (SC) =1/ N_i . $\sum A_i$	۵
روش چارچوب ارزیابی عملکرد ایمنی SPE	آموزش سلامت و ایمنی، انتخاب و کنترل پیمانکاران جز و ...	مجموع امتیازهای شاخص‌های مختلف پرسشنامه	۱
روش بررسی هزینه‌های ایمنی	هزینه‌های آموزش و انگیزش کارگران، هزینه تجهیزات ایمنی و دستمزد سرپرستان ایمنی	حاصل جمع هزینه‌های آموزش و انگیزش کارگران، هزینه تجهیزات ایمنی و دستمزد سرپرستان ایمنی	۱

شاخص تعداد حوادث به سادگی انجام می‌شود و از آن می‌توان برای مقایسه عملکرد استفاده کرد (۲). نرخ حوادث را می‌توان برای یک ماه تا چندین سال محاسبه کرد و فرمول آن به صورت زیر می‌باشد (۱۷، ۱۸):

۱۰^{۶}*(تعداد کارکنان /تعداد حوادث)= نرخ حوادث

دو شاخصی که به طور معمول در رابطه با حوادث محاسبه می‌شوند شامل نرخ تکرار حادثه (AFR[۴]) و نرخ شدت حادثه (ASR[۵]) می‌باشند که روش پیشنهادی موسسه ملی استاندارد آمریکا (ANSI[۶]) در مورد نحوه محاسبه آنها به صورت زیر می‌باشد (۱۹، ۲۰):

AFR=

۱۰^{۶}*(کل ساعات کاری کارکنان/تعداد کل حوادث)

ASR= ۱۰^{۶}*(کل ساعات کاری کارکنان/روزهای کاری تلف شده)

شاخص‌های دیگری که با بررسی و در دست داشتن تعداد حوادث و آسیب‌ها محاسبه می‌شود در زیر آمده است (۲۱، ۲۲):

LTIF[۷]= ۱۰^{۶}*(کل ساعات کاری کارکنان/تعداد آسیب منجر به اتلاف وقت)

FAR[۸]= ۱۰^{۶}*(کل ساعات کاری کارکنان/تعداد موارد فوت)

TRIR[۹]= ۱۰^{۶}*(کل ساعات کاری کارکنان/تعداد آسیب‌های قابل ثبت)

ب- روش بررسی نرخ رویداد[۱۰]: برخی از نویسندگان رویداد را مجموع حوادث، اعمال و شرایط ناایمن و شبه حادثه می‌دانند. در واقع واژه رویداد را برای هر وضعیتی که فقدان ایمنی وجود دارد می‌توان

[4] Accident Frequency Rate
[5] Accident Severity Rate
[6] American National Standards Institute

[7] Total recordable injury rate
[8] Fatal accident rate
[9] Total recordable injury rate
[10] Incident Rate

www.SID.ir

Archive of SID

در نظر گرفت (۲۳). روش‌های محاسبه نرخ رویداد در بین کشورهای مختلف متفاوت است. به طور معمول نرخ رویداد با فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

(تعداد کارکنان /تعداد رویداد) * $۱۰^{۶}$ = نرخ رویداد

ولی به عنوان مثال در کشور آمریکا نرخ رویداد تعداد آسیب‌ها تقسیم بر کل ساعات کاری کارکنان محاسبه می‌شود (۲۴).

مزایای روش‌های بررسی نرخ حوادث و نرخ رویداد برای سنجش عملکرد ایمنی این است که جمع‌آوری اطلاعات مربوط به آنها نسبتا آسان است، به راحتی قابل فهم هستند، شاخص‌های مناسبی برای مقایسه می‌باشند و برای شناسایی روند ایمنی در طول زمان مفید می‌باشند (۱۱).

پ- روش بررسی تعداد شبه حوادث[11]: شبه حادثه به عنوان اتفاقی برنامه‌ریزی نشده تعریف می‌شود که پتانسیل ایجاد آسیب، جراحت و بیماری را دارد ولی در آن هیچ آسیب خاصی ایجاد نشده و دارای هیچگونه هزینه مستقیمی نمی‌باشد. در واقع شبه حادثه به عنوان هشداری برای وقوع حوادث در نظر گرفته می‌شود (۲۵). این موضوع که حوادث تنها قله یک کوه یخ و طیف وسیع شبه حوادث قسمت زیر آب کوه یخ را تشکیل می‌دهد به صورت گسترده پذیرفته شده است. با کنترل و ثبت شبه حوادث می‌توان عملکرد ایمنی در زمان حال را سنجید و از بررسی شبه حوادث و علل آن برای پیشگیری از حوادث و بهبود عملکرد ایمنی استفاده کرد (۲۶). مشارکت کارکنان در ثبت و گزارش شبه حوادث منجر به ارتقا فرهنگ ایمنی نیز می‌شود همچنین مطالعات نشان می‌دهد که سیستم ثبت و بررسی شبه حوادث باعث کاهش وقوع حوادث می‌شود با این وجود شناسایی شبه حوادث کار آسانی نیست و برخی از عوامل مانع گزارش شبه حوادث توسط کارکنان می‌شود مانند: ترس از سرزنش کارکنان برای عدم رعایت ایمنی، پذیرش خطر چرا که چنین اتفاقاتی بخشی از کار تلقی می‌شود که نمی‌توان از آن جلوگیری کرد، فقدان دریافت بازخورد درمورد اینکه چگونه از اطلاعات گزارش شده استفاده می‌شود و پذیرفتن اینکه جمع‌آوری داده‌ها دشوار و وقت‌گیر می‌باشد (۲۳).

ج- روش بررسی هزینه‌های حوادث: هزینه‌های مربوط به حوادث نیز برای سنجش عملکرد محاسبه و استفاده می‌شود که این هزینه‌ها شامل هزینه‌های پزشکی، جرایم و هزینه‌های قانونی، خسارت‌های تجهیزات و کارگاه و غرامت‌های مربوط به آسیب‌ها و مرگ کارکنان می‌باشد. برای مثال؛ با توجه به میزان غرامت برای فوت یک کارگر و متوسط هزینه برای یک کارگر حادثه دیده میزان هزینه حوادث محاسبه می‌شود که این هزینه‌ها در کشورهای مختلف متفاوت می‌باشد. فرمول هزینه‌های حوادث به صورت زیر است (۲۷):

(غرامت یک فوت * تعداد فوت) = هزینه حوادث
(هزینه متوسط یک حادثه * تعداد حادثه) +

چ- روش ارزیابی نرخ تعدیل تجربی(EMR[12]): نرخ تعدیل تجربی روشی است که در کشور آمریکا برای سنجش عملکرد ایمنی شرکت‌ها استفاده می‌شود که بر اساس ادعاهای غرامت شرکت برای آسیب‌ها و بیماری‌ها در طول سه سال گذشته کاری آن شرکت محاسبه می‌شود. اساس فرمول نرخ تعدیل تجربی به صورت زیر می‌باشد:

EMR = خسارت‌های مورد انتظار/ خسارت‌های واقعی

این فرمول با توجه به اندازه شرکت، تعداد و شدت آسیب‌ها تنظیم می‌شود. خسارت‌های واقعی حوادث و آسیب‌هایی هستند که منجر به ادعای غرامت از سوی کارگر می‌شوند و خسارت های مورد انتظار بر اساس تجارب گذشته در مورد ادعای غرامت‌ها در گروه‌های شغلی مختلف می‌باشد. بر اساس نرخ تعدیل به دست‌آمده شرکت رتبه‌بندی می‌شود. نمره متوسط برای نرخ تعدیل تجربی یک می‌باشد نمرات بالاتر از یک حق بیمه بیشتر و نمرات پایین‌تر از یک حق بیمه کمتری پرداخت می‌کنند. در آمریکا از اطلاعات سازمان ایمنی و بهداشت شغلی به عنوان اولین منبع در محاسبه نرخ تعدیل تجربی استفاده می‌شود (۱).

فرمول نرخ تعدیل تجربی نسبتا پیچیده است و در عمل روش‌های مختلفی برای محاسبه آن استفاده

[11] Near Miss

[12] Experience Modification Rate

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود. این فرمول روش مناسبی برای محاسبه عملکرد ایمنی همه انواع شرکت‌ها نیست. نرخ تعدیل تجربی بر اساس عملکرد سه سال گذشته محاسبه می‌شود و برای سنجش عملکرد ایمنی در زمان حال مناسب نیست (۲).

شاخص‌های پیشرو

شاخص‌های پیشرو علامت‌های هشدار زودهنگامی را برای شکست‌های بالقوه فراهم می‌کنند (۱۱). این شاخص‌ها کنترل پیوسته ایمنی را در فرآیندهای کاری ایجاد می‌کنند. این شاخص‌ها بر آنالیز سطوح و واحدهای کوچک مانند رفتار افراد تمرکز می‌کنند از این‌رو اصلاح و بهبود در فرآیندهای کاری و رفتار می‌تواند قبل از وقوع حادثه انجام شود. شاخص‌های پیشرو بر اساس نوع معیارهای انتخابی می‌توانند عملکرد ایمنی در آینده را نیز پیش‌بینی کنند و از وقوع حادثه در آینده پیشگیری نمایند (۴، ۲۷). به عنوان مثال رفتار افراد عامل بسیاری از حوادث می‌باشد؛ بنابراین مطالعه روی رفتار می‌تواند از وقوع حوادث پیشگیری کند (۱۴).

الف- روش ارزیابی ریسک: ارزیابی ریسک یکی از روش‌هایی است که برای سنجش عملکرد ایمنی در نظر گرفته شده است. ارزیابی ریسک یکی از اصول پایه در مدیریت ایمنی می‌باشد. برای پیشگیری موثر از حوادث باید علت آنها با ارزیابی ریسک مشخص گردد (۱۸). در پروژه‌های عمرانی با انجام ارزیابی ریسک در مرحله طراحی ساخت و ساز می‌توان خطرات را پیش از آنکه منجر به حادثه شوند شناسایی کرد. برای این کار اولین مرحله شناسایی مراحل اصلی فرایند ساخت و ساز و سپس شناسایی خطرات مربوط به هر یک از مراحل می‌باشد. برای شناسایی خطرات می‌توان از اطلاعات رویدادها و حوادثی که در پروژه‌های مشابه رخ داده است استفاده کرد. پس از شناسایی خطرات احتمال و شدت آنها در آن پروژه محاسبه می‌شود به عنوان مثال برای تعیین احتمال برای ریسک‌های غیر محتمل نمره صفر، احتمال کم نمره یک، احتمال زیاد نمره دو و احتمال خیلی زیاد نمره سه تعلق می‌گیرد و برای نمره‌دهی شدت آسیب اگر هیچ آسیبی رخ ندهد نمره صفر، آسیب جزئی نمره یک، آسیب عمده نمره دو و آسیب فاجعه بار نمره سه می‌گیرد البته این نمره‌ها ممکن است در شرکت‌های مختلف متفاوت باشد. سپس با توجه به سطح ریسک کلی فرآیندهایی که خطرات آنها بالا باشد برای انجام اقدامات اصلاحی در اولویت قرار می‌گیرند و در نهایت برای پیشگیری از وقوع حوادث برنامه‌ریزی انجام شده و تغییرات لازم در طراحی پروژه اعمال می‌شود (۸).

امروزه از روش‌های تجسمی و مجازی برای شناسایی خطرات جهت انجام ارزیابی ریسک استفاده می‌شود. این روش با استفاده از فناوری‌های جدید از جمله مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM[13]) و واقعیت مجازی (VR[14]) انجام می‌شود. با استفاده از روش تجسم شاخص‌های مختلف سنجش عملکرد ایمنی از جمله شرایط ناایمن، رفتارهای ناایمن، روش‌های کاری ناایمن و در کل خطرات ایمنی و علل حوادث شناسایی شده و از اطلاعات آنها برای افزایش دانش و مهارت، همچنین برنامه‌ریزی‌های ایمنی و انجام ارزیابی ریسک استفاده می‌شود (۲۸).

ب- روش ارزیابی رفتار ایمنی: هانریش (۱۹۵۹) تخمین زد که ۸۵ درصد از حوادث را می‌توان به اعمال ناایمن نسبت داد؛ بنابراین با کنترل و بهبود رفتار می‌توان به عملکرد ایمنی بهتری دست یافت (۲۹). رفتار عوامل اجرایی بیشترین تاثیر را در ایمنی دارد و بیشتر کارشناسان آموزش بهبود رفتار را در اولویت قرار می‌دهند (۳۰). ایمنی مبتنی بر رفتار یکی از معیارهای سنجش عملکرد می‌باشد که با روش‌های مختلف اندازه‌گیری می‌شود، یکی از روش‌های بررسی رفتار استفاده از چک لیست می‌باشد که این چک لیست‌ها رفتارهای مختلف مانند استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، نظم و ترتیب در محیط کار، کار گرم، داربست بندی و دسترسی به ارتفاع را بررسی می‌کنند (۲۹، ۳۱). چهار گام اساسی در ایمنی مبتنی بر رفتار شامل شناسایی، مشاهده، مداخله و پیگیری مداخلات و کنترل است (۳). پس از انجام مداخلات رفتارها را مشاهده و آنها را به صورت ایمن و ناایمن مشخص کرده و سپس داده‌های خام را به نمره تبدیل می‌کنند به این صورت که تعداد رفتارهای ایمن تقسیم بر کل رفتارهای مشاهده شده ضرب در ۱۰۰ می‌شود (۳۱). در بیشتر شاخص‌های پیشرو جمع‌آوری داده‌ها به صورت دستی

[13] Building Information Modelling
[14] Virtual Reality

www.SID.ir

Archive of SID

است که در سایت‌های ساخت و ساز مشاهده و کنترل فردی زمان زیادی از مسئولین ایمنی می‌گیرد؛ همچنین خطاهای بازرسان نیز در نتایج و گزارش‌ها دخیل می‌شود (۳، ۴).

رفتارهای ایمنی دارای دو بخش رعایت ایمنی و مشارکت ایمنی می‌باشند. رعایت ایمنی یعنی انجام فعالیت‌های اصلی ایمنی توسط افراد برای ایجاد و حفظ محیط کار ایمن، مانند استفاده از تجهیزات حفاظت فردی. مشارکت ایمنی به عنوان رفتارهایی تعریف می‌شود که ممکن است به طور مستقیم به ایمنی در محل کار کمک نکرده، اما به ایجاد محیطی برای ارتقا ایمنی کمک می‌کند؛ مانند شرکت داوطلبانه در جلسات آموزش ایمنی. در واقع رعایت ایمنی به رفتارهای مورد نیاز و مشارکت ایمنی به رفتارهای داوطلبانه گفته می‌شود (۳۲).

پ- روش ارزیابی فرهنگ ایمنی: فاکتور دیگری که در سنجش عملکرد ایمنی مورد توجه و استفاده قرار گرفته است فرهنگ ایمنی می‌باشد. فرهنگ ایمنی و رفتار ایمنی ارتباط مستقیمی با هم دارند و از رفتارهایی مانند مشارکت کارکنان در سنجش فرهنگ ایمنی استفاده می‌شود (۱۴). فرهنگ ایمنی محصول ارزش‌های فردی، گروهی، ادراکات، نگرش‌ها، صلاحیت‌ها و الگوهای رفتاری است که تعهد مدیریت بهداشت و ایمنی سازمان را تعیین می‌کند. ایمنی به عنوان یک ارزش اصلی همراه با تمرکز بر سلامت افراد، آگاهی مستمر و مدیریت ریسک‌های عملیاتی محسوب می‌شود (۱۹, ۳۳). در سازمان با فرهنگ ایمنی ضعیف، ایمنی برای مدیریت سازمان در اولویت قرار ندارد و آنها مقررات را به عنوان روش پایه برای اجرای ایمنی می‌دانند و از صرف هزینه و زمان اضافی برای ایمنی خودداری می‌کنند (۳۴).

برای ارزیابی فرهنگ ایمنی یک سازمان انواع روش‌های کیفی مانند مشاهده و روش‌های کمی مانند نظرسنجی‌ها وجود دارد و هر کدام از این روش‌ها برای ارزیابی فرهنگ مفید هستند ولی روش‌های کمی، به خصوص نظرسنجی از افراد از نظر زمان و هزینه به صرفه هستند. در نتیجه نظرسنجی‌ها و پرسشنامه‌ها به طور گسترده‌ای در ارزیابی فرهنگ ایمنی در صنایع مختلف استفاده می‌شوند. در مطالعات مختلف پارامترهای؛ تعهد مدیریت، محیط نظارتی، محیط حمایتی، ارتباطات و بازخورد، فشار کاری، درک شخصی از خطر، مشارکت کارکنان، سطح آموزش و صلاحیت، قوانین و روش‌های ایمنی و ارزیابی خطرات کاری برای ارزیابی فرهنگ ایمنی استفاده می‌شود. مطالعه‌ای در مورد وزن پارامترهای مربوط به فرهنگ ایمنی انجام نشده است به طور معمول از روش وزن‌دهی برابر برای محاسبه سطح فرهنگ استفاده می‌شود. سطح فرهنگ با فرمول زیر سنجیده می‌شود (۱۹):

$$\text{سطح فرهنگ (SC)} = 1/N_i \cdot \sum A_i$$

N_i تعداد پارامترهای فرهنگ ایمنی

A_i نمره هر کدام از پارامترهای فرهنگ ایمنی

سایر روش‌ها

الف- روش چارچوب ارزیابی عملکرد ایمنی SPE[15]: این روش توسط توماس و همکارانش در سال ۲۰۰۴ در مقاله‌ای مطرح و اجرا شده است. با استفاده از روش پرسشنامه در دو سطح سازمان و پروژه فاکتورهای موثر بر عملکرد ایمنی جمع‌آوری و نمره‌دهی شده‌اند. این فاکتورها در سطح سازمان شامل: تعهد مدیریت، آموزش سلامت و ایمنی، انتخاب و کنترل پیمانکاران جز، ممیزی ایمنی، ثبت حوادث و قوانین و استانداردها می‌باشد. در سطح پروژه عوامل موثر بر عملکرد ایمنی شامل: تعهد مدیریت پروژه، مدیریت خطرات، آموزش کارکنان و ارتقا ایمنی، ثبت و بررسی حوادث، نظارت و بازرسی ایمنی، تعمیر و نگهداری تجهیزات، برنامه‌های شرایط اضطراری و ممیزی ایمنی از طرف مدیریت می‌باشد. بر اساس امتیازی که پیمانکاران مختلف با این روش دریافت می‌کنند تصمیم‌گیران می‌توانند پیمانکار مناسب را انتخاب کنند (۲).

ب- روش بررسی هزینه‌های ایمنی: هزینه‌های ایمنی شامل مجموع هزینه‌های خرید تجهیزات ایمنی، آموزش و انگیزش کارکنان و دستمزد سرپرستان ایمنی می‌باشد. هزینه ایمنی را می‌توان برای یک ماه یا یک سال محاسبه کرد (۲۷).

(حقوق یک سرپرست ایمنی * تعداد سرپرستان) *۱۲ = هزینه دستمزد سرپرستان ایمنی

[15] Safety Performance Evaluation

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مزایا و معایب روش‌های مورد استفاده برای سنجش عملکرد ایمنی پیمانکاران ساخت و ساز

روش‌های سنجش عملکرد ایمنی	مزایا	معایب
روش بررسی نرخ حوادث	جمع‌آوری اطلاعات مربوط به آن نسبتا آسان است، روش محاسبه آن آسان است، روش مناسبی برای بررسی و انتخاب پیمانکاران در مناقصه‌ها می‌باشد.	برای سنجش عملکرد ایمنی در زمان حال مناسب نیست، میزان صحت و دقت این روش به صداقت گزارش‌دهندگان آن بستگی دارد.
روش بررسی نرخ رویداد	جمع‌آوری اطلاعات مربوط به آن نسبتا آسان است، روش محاسبه آن آسان است.	برای سنجش عملکرد ایمنی در زمان حال مناسب نیست، میزان صحت و دقت این روش به صداقت گزارش‌دهندگان آن بستگی دارد.
روش بررسی تعداد شبه حوادث	باعث کاهش وقوع حوادث می‌شود، همکاری کارکنان در گزارش شبه حوادث موجب ارتقا فرهنگ ایمنی می‌شود.	شناسایی شبه حوادث کار آسانی نیست.
روش بررسی هزینه حوادث	جمع‌آوری اطلاعات مربوط به آن نسبتا آسان است روش محاسبه آن آسان است.	برای سنجش عملکرد ایمنی در زمان حال مناسب نیست.
روش بررسی نرخ تعدیل تجربی	روش مناسبی برای بررسی و انتخاب پیمانکاران در مناقصه‌ها می‌باشد، روش مناسبی برای تعیین حق بیمه شرکت‌ها می‌باشد، روش مناسبی برای تشویق پیمانکاران برای توجه به ایمنی می‌باشد.	فرمول نرخ تعدیل تجربی نسبتا پیچیده است، برای سنجش عملکرد ایمنی در زمان حال مناسب نیست.
روش ارزیابی ریسک	برای سنجش عملکرد ایمنی در زمان حال مناسب است، با اجرای این روش می‌توان از وقوع حوادث پیشگیری کرد.	اجرای این روش نیازمند افراد متخصص می‌باشد.
رفتار ایمنی	باعث کاهش وقوع حوادث می‌شود برای سنجش عملکرد ایمنی در زمان حال مناسب می‌باشد	اندازه‌گیری آن دشوار است.
فرهنگ ایمنی	بالاترین سطح سنجش عملکرد ایمنی می‌باشد، باعث کاهش وقوع حوادث می‌شود، برای سنجش عملکرد ایمنی در زمان حال مناسب می‌باشد.	اندازه‌گیری آن دشوار است.
چارچوب ارزیابی عملکرد ایمنی SPE	شامل ترکیبی از شاخص‌های گذشته‌نگر و پیشرو در سنجش عملکرد ایمنی می‌باشد.	اندازه‌گیری آن دشوار است.
هزینه‌های ایمنی	روش محاسبه آن آسان است، روش مناسبی برای بررسی و انتخاب پیمانکاران در مناقصه‌ها می‌باشد.	روش مناسبی برای پیشگیری از وقوع حوادث نیست.

هزینه تجهیزات ایمنی یک نفر * تعداد کارکنان = هزینه تجهیزات ایمنی

هزینه آموزش و انگیزش یک نفر * تعداد کارکنان = هزینه آموزش و انگیزش کارکنان

جدول ۴ مزایا و معایب روش‌های مورد استفاده برای سنجش عملکرد ایمنی پیمانکاران ساخت و ساز را نشان می‌دهد.

بحث

حوادث از ترکیب تصادفی عوامل متعددی ناشی می‌شوند که به طور سنتی آنها را به دو دسته اعمال ناایمن و شرایط ناایمن تقسیم‌بندی می‌کنند و این حوادث منجر به ایجاد آسیب‌ها و جراحات متعدد و به دنبال آن هزینه‌های زیاد می‌شوند (۶). در گذشته استفاده از نرخ حوادث و رویدادها، همچنین آسیب‌ها، بیماری‌ها و هزینه‌های ناشی از آنها برای سنجش عملکرد ایمنی بیشترین کاربرد را داشته و هم اکنون نیز از این روش‌ها در مطالعات زیادی استفاده می‌شوند (۱۴).

یکی از ایرادهایی که بر نرخ رویداد و نرخ حوادث به عنوان روش‌های سنجش عملکرد ایمنی مطرح می‌باشد این است که تعریف‌های مختلفی برای آنها استفاده می‌شود و دقت و صحت این روش‌ها بستگی به میزان

www.SID.ir

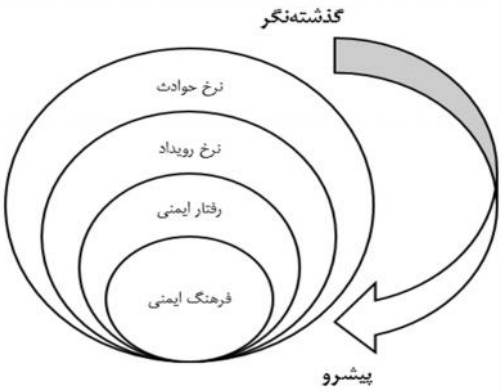
Archive of SID

صداقت کارفرمایان و پیمانکاران در گزارش حوادث، مرگ و میر، آسیب‌ها و بیماری‌ها دارد. همچنین برخی از کارگران از حقوق خود در رابطه با ایمنی و بهداشت آگاهی ندارند و ممکن است ادعای غرامتی در رابطه با رویدادها نداشته باشند (۲). اشتباه شایع مدیران در استفاده از منابع اطلاعاتی وابستگی به نرخ حوادث به عنوان تنها شاخص سنجش عملکرد ایمنی می‌باشد زیرا حادثه یک واقعه‌ی گسسته می‌باشد ولی عملکرد ایمنی یک فرایند پیوسته و مداوم است (۱۲). ضعف دیگر در رابطه با شاخص‌هایی که عملکرد گذشته پروژه‌ها را بیان می‌کنند این است که ابتدا باید حادثه‌ای به وقوع بپیوندد تا محاسبه عملکرد صورت بگیرد بنابراین از این داده‌ها نمی‌توان برای پیشگیری از حادثه در آن زمان استفاده کرد (۴). همچنین در پروژه‌های کوچک رویدادها و حوادث قابل ثبت با احتمال و فرکانس کم رخ می‌دهند و برای محاسبه این شاخص‌ها معتبر نیستند حتی در پروژه‌های بزرگ فراوانی رویدادها برای محاسبه نرخ معنی‌داری کافی نیست، در یک سازمان با سیستم ایمنی پایدار نیز ممکن است تعدادی حادثه و آسیب رخ دهد و فقدان این آسیب‌ها در یک محیط کار به این معنی نیست که آن محیط نسبت به محیط کاری که در آن آسیب رخ داده ایمن‌تر باشد و در آینده هیچ آسیب و حادثه‌ای در آن رخ ندهد (۱۱). بنابراین روش‌های دیگری برای سنجش عملکرد ایمنی در مطالعات مطرح شده است. با وجود ایرادهایی که به این دو روش وارد شده است، نرخ رویداد و حوادث در سنجش عملکرد ایمنی در پایان کار یک پیمانکار و بررسی صلاحیت پیمانکار از دیدگاه ایمنی مفید می‌باشد. همچنین این شاخص‌ها به مدیران و کارفرمایان در تصمیم‌گیری برای انتخاب پیمانکار در پروژه‌های خود کمک می‌کند.

در کشور آمریکا از فرمول نرخ تعدیل تجربی که خود ترکیبی از آمار حوادث و ادعاهای غرامت مربوط به حوادث می‌باشد برای رتبه‌بندی پیمانکاران استفاده می‌کنند و شرکت‌های بیمه نیز این فرمول را در تعیین حق بیمه پیمانکاران به کار می‌برند بنابراین نرخ تعدیل تجربی به عنوان ابزاری برای تنبیه و تشویق پیمانکاران نیز استفاده می‌شود. فرمول و روش محاسبه پیچیده نرخ تعدیل تجربی استفاده از آن را دشوار کرده است. این فرمول جز روش‌های گذشته‌نگر در سنجش عملکرد ایمنی می‌باشد بنابراین ایرادها و معایب روش‌های گذشته‌نگر بر آن وارد می‌باشد.

در سال‌های اخیر روند مثبتی در جهت در نظر گرفتن عوامل سازمانی مثبت مانند اعتماد، انعطاف‌پذیری و خرد وجود داشته است. بر این اساس روش‌های اندازه‌گیری سلامت و ایمنی تاکید بیشتری بر پتانسیل انسانی مثبت به جای خطاها و اشتباهات دارد (۱۴). همچنین در کشورهای در حال توسعه اطلاعات مربوط به حوادث و رویدادها ثبت نشده یا قابل اعتماد برای اندازه‌گیری عملکرد ایمنی نیستند از این رو فضای استفاده از شاخص‌های پیشرو مانند جو ایمنی که یک پیش‌بینی کننده قوی ایمنی هستند ایجاد می‌شود (۳۵).

شکل ۲ روندی در استفاده از شاخص‌های سنجش عملکرد ایمنی در طول زمان را نشان می‌دهد. در ابتدا شاخص‌های گذشته نگر بیشترین کاربرد را داشتند. این شاخص‌ها نتایج عملکرد ایمنی را نشان می‌دهند و در بهبود عملکرد در زمان حال نقشی ندارند در نتیجه فرصت پیشگیری و اصلاح به موقع را از ما می‌گیرند. بنابراین توجه پژوهشگران در زمینه ایمنی به شاخص‌های پیشرو بیشتر شد. در واقع مانند نظریه دومینو که حوادث را معادل یک دنباله خطی از دومینو بیان می‌کند به دنبال استفاده از دومینوهای قبل از رخداد حادثه برای سنجش عملکرد ایمنی بودند. در مدل دومینو علت حوادث اعمال ناایمن و شرایط ناایمن بیان شده است (۳۶) که کاربرد آنها را به عنوان



شکل ۲- مراتب استفاده از روش‌های سنجش عملکرد ایمنی

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص‌های سنجش عملکرد ایمنی در روش‌های ارزیابی ریسک، ارزیابی رفتار ایمن و ارزیابی فرهنگ ایمنی مشاهده می‌کنیم.

روش‌های متنوعی برای سنجش عملکرد ایمنی وجود دارد که آنها را به دو دسته روش‌های واکنشی (پس از رویداد، گذشته‌نگر) و روش‌های پیشگیرانه (شاخص‌های پیشرو، پیش از رویداد) تقسیم‌بندی می‌کنند. نمیتوان گفت یکی از شاخص‌های سنجش عملکرد ایمنی نسبت به دیگری برتر است، انتخاب یکی از این شاخص‌ها بستگی به هدف سنجش عملکرد ایمنی و منابع اطلاعاتی در دسترس دارد (۱۹).

نتیجه‌گیری

کاربرد روش‌های سنجش عملکرد ایمنی به زمان و مکان استفاده از آنها بستگی دارد. در سطح پروژه استفاده از شاخص‌های پیشرو موجب می‌شود عملکرد ایمنی کنونی پروژه اندازه‌گیری شود تا بتوان از نتایج آن برای بهبود عملکرد استفاده کرد. به عنوان مثال با بهبود رفتار و فرهنگ ایمنی می‌توان از وقوع حوادث و رویدادها پیشگیری کرد. ولی برای کسانی که خارج از سطح پروژه عملکرد ایمنی پیمانکاران را بررسی می‌کنند مانند شرکت‌های بیمه یا شرکت‌هایی که برای پروژه‌های خود پیمانکار انتخاب می‌کنند، استفاده از شاخص‌های نرخ حوادث، نرخ رویداد و نرخ تعدیل تجربی برای آنها بسیار مفید خواهد بود زیرا این شاخص‌ها خروجی‌ها و نتایج کلی عملکرد ایمنی پیمانکاران را نشان می‌دهند.

References

1. Hoonakker P, Loushine T, Carayon P, Kallman J, Kapp A, Smith MJ. The effect of safety initiatives on safety performance: A longitudinal study. Appl Ergonom. 2005;36(4):461-9.
2. Thomas NgS, Pong Cheng K, Martin Skitmore R. A framework for evaluating the safety performance of construction contractors. Build Environ. 2005;40(10):1347-55.
3. Li H, Lu M, Hsu SC, Gray M, Huang T. Proactive behavior-based safety management for construction safety improvement. Saf Sci. 2015;75:107-17.
4. Teizer J, Cheng T. Proximity hazard indicator for workers-on-foot near miss interactions with construction equipment and geo-referenced hazard areas. Autom Construct. 2015;60:58-73.
5. Teo EAL, Ling FYY, Chong AFW. Framework for project managers to manage construction safety. Int J Project Manag. 2005;23(4):329-41.
6. Choudhry RM, Fang D. Why operatives engage in unsafe work behavior: Investigating factors on construction sites. Saf Sci. 2008;46(4):566-84.
7. Endroyo B, Yuwono BE, Mardapi D, Soenarto. Model of Learning/Training of Occupational Safety & Health (OSH) Based on Industry in the Construction Industry. Procedia Engin. 2015;125:83-8.
8. Gangolells M, Casals M, Forcada N, Roca X, Fuertes A. Mitigating construction safety risks using prevention through design. J Saf Res. 2010;41(2):107-22.
9. Choi TNY, Chan DWM, Chan APC. Potential difficulties in applying the Pay for Safety Scheme (PFSS) in construction projects. Accid Analys Prev. 2012;48:145-55.
10. Ghasemi F, Mohammadfam I, Soltanian AR, Mahmoudi S, Zarei E. Surprising Incentive: An Instrument for Promoting Safety Performance of Construction Employees. Saf Health Work. 2015;6(3):227-32.
11. Lingard H, Hallowell M, Salas R, Pirzadeh P. Leading or lagging? Temporal analysis of safety indicators on a large infrastructure construction project. Saf Sci. 2017;91:206-20.
12. Choi TNY, Chan DWM, Chan APC. Perceived benefits of applying Pay for Safety Scheme (PFSS) in construction – A factor analysis approach. Saf Sci. 2011;49(6):813-23.
13. Alarcón LF, Acuña D, Diethelm S, Pellicer E. Strategies for improving safety performance in construction firms. Accid Analys Prev. 2016;94:107-18.
14. Shuang D, Qin Y, Heng L. Positive Safety Participation and Assessment by Integrating Sharing Technology with Virtual Reality. Procedia Engin. 2015;123:125-34.
15. Wehbe F, Hattab MA, Hamzeh F. Exploring associations between resilience and construction safety performance in safety networks. Saf Sci. 2016;82:338-51.
16. Atrkar roushan S, Alizadeh SS. Estimation of economic costs of accidents at work in Iran: A case study of occupational accidents in 2012. Iran Occup Health J. 2015;12(1):9-12. (Persian).
17. Aksorn T, Hadikusumo BHW. Critical success factors influencing safety program performance in Thai construction projects. Saf Sci. 2008;46(4):709-27.
18. Fung IWH, Lo TY, Tung KCF. Towards a better reliability of risk assessment :Development of

www.SID.ir

Archive of SID

a qualitative & quantitative risk evaluation model (Q2REM) for different trades of construction works in Hong Kong. Accid Analys Prev. 2012;48:167-84.

19. Feng Y, Teo EAL, Ling FYY, Low SP. Exploring the interactive effects of safety investments, safety culture and project hazard on safety performance: An empirical analysis. Int J Project Manag. 2014;32(6):932-43.

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

21. Farshad AA, Khosravi Y, Alizadeh S. The Role of HSE management System in Improving health, safety and environment performance in an Oil Organization. Iran Occup Health J. 2006;3(2):2-0 (Persian).

22. Cressler TE, Moore JR .Tracking safety performance in construction: A focused approach to the measurement of fatal and non-fatal injuries, 2003–2012. Saf Sci. 2016;88:44-53.

23. Cambraia FB, Saurin TA, Formoso CT. Identification, analysis and dissemination of information on near misses: A case study in the construction industry. Saf Sci. 2010;48(1):91-9.

24. Müngen U, Gürcanli GE. Fatal traffic accidents in the Turkish construction industry. Saf Sci. 2005;43(5):299-322.

25. Golovina O, Teizer J, Pradhananga N. Heat map generation for predictive safety planning: Preventing struck-by and near miss interactions between workers-on-foot and construction equipment. Autom Construct. 2016;71:99-115.

26. Wu W, Yang H, Chew DAS, Yang S-h, Gibb AGF, Li Q .Towards an autonomous real-time tracking system of near-miss accidents on construction sites. Autom Construct. 2010;19(2):134-41.

27. Lu M, Cheung CM, Li H, Hsu SC. Understanding the relationship between safety investment and safety performance of construction projects through agent-based modeling. Accid Analys Prev. 2016;94:8-17.

28. Li H, Chan G, Skitmore M. Visualizing safety assessment by integrating the use of game technology. Autom Construct. 2012;22:498-505.

29. Choudhry RM. Behavior-based safety on construction sites: A case study. Accid Analys Prev. 2014;70:14-23.

30. Ardeshir A, Alipouri Y, Besmel P. A Survey of Factors Influencing Safety Performance of workers in Construction Sites Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Case Study: Khuzestan province). Iran Occup Health J. 2014;11(6):64-74 (Persian).

31. Zhang M, Fang D. A continuous Behavior-Based Safety strategy for persistent safety improvement in construction industry. Autom Construct. 2013;34:101-7.

32. DeArmond S, Smith AE, Wilson CL, Chen PY, Cigularov KP. Individual safety performance in the construction industry: Development and validation of two short scales. Accid Analys Prev. 2011;43(3):948-54.

33. Love PED, Teo P, Carey B, Sing C-P, Ackermann F. The symbiotic nature of safety and quality in construction: Incidents and rework non-conformances. Saf Sci. 2015;79:55-62.

34. Sunindijo RY. Improving Safety Among Small Organisations in the Construction Industry: Key Barriers and Improvement Strategies. Procedia Engin. 2015;125:109-16.

35. Zahoor H, Chan APC, Utama WP, Gao R. A Research Framework for Investigating the Relationship between Safety Climate and Safety Performance in the Construction of Multi-storey Buildings in Pakistan. Procedia Engin. 2015;118:581-9.

36. Fonseca ED, Lima FPA, Duarte F. From construction site to design: The different accident prevention levels in the building industry. Saf Sci. 2014;70:406-18.

www.SID.ir