



Presenting a model and new software in the root cause analysis (RCA) of workplace accidents (case study: RCA of mine bench collapse accident)

Hossein Jarrahi^{1*}, Afshin Khoddami², Abbasali Sadeghi³

¹ Assistant Professor, Department of Civil Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran.

² Department of Industrial Engineering, Semnan university, Semnan, iran.

³ Department of Civil Engineering, Bi.C., Islamic Azad University, Birjand, Iran.

ARTICLE INFO

Article Type:

Original Research

Received: 23.11.2024

Revised: 14.02.2025

Accepted: 13.04.2025

Keyword:

Root cause analysis (RCA)

Accident

Software

Tripod-Beta

*Corresponding Author:

Hossein Jarrahi

Email:

hossein.jarrahi@birjand.ac.ir

ABSTRACT

Accidents invariably result in personal, financial, environmental, and credit-related damages across various industries and organizations. Consequently, there is a pressing need for a systematic approach that identifies the root cause analysis (RCA) of incidents and recommends necessary corrective measures. A review of the research history in the field of RCA, along with an evaluation of existing methodologies, reveals significant shortcomings in the current practices of event investigation and analysis. Two primary deficiencies are the lack of a comprehensive and effective method and the absence of a systematic system that is accessible to average users. This paper proposes a hybrid approach that integrates the RCA method with the Tripod-Beta method to address the first deficiency. Initially, the RCA method is enhanced by incorporating additional elements, after which this refined RCA method is combined with the Tripod-Beta method, which also includes graphical and visual representations. These two methodologies complement each other, effectively addressing their respective weaknesses. To tackle the second deficiency, a user-friendly software solution has been developed, designed to facilitate root cause analysis in a step-by-step manner. This software enables users to explore various aspects of incidents, including those that may not be immediately apparent, thereby helping to prevent the recurrence of similar events. Furthermore, the software is tailored to meet the specific needs of ongoing projects within our country, making it entirely local, practical, and applicable for various organizations involved in the analysis of real incidents. The effectiveness of the developed software is demonstrated through a case study.



EXTENDED ABSTRACT

Introduction

In this research, to achieve a comprehensive and upgraded method, the combination of RCA (Root Cause Analysis) and tripod-beta approaches has been used. In this way, first, the RCA method is completed by adding many items, and then this upgraded RCA method is combined with the tripod-beta approach and it also finds a graphic and visual mode for occurred reasons. These two methods are completely complementary and cover each other's weaknesses. In the following, a comprehensive and upgraded software has been produced, which can be used by ordinary users with an easy design, and performs the act of RCA of incidents as a step-by-step process to detect the reasons and with the obtained outputs, it makes possible to reach different and hidden aspects of the incidents to prevent the occurrence of similar unfortunate events in near future.

Methodology

The validity of the selected research method significantly influences the verification of the results derived from this study. Given that the aim of this research is to develop a thorough model for RCA of incidents, it is deemed practical in its objectives. Furthermore, by employing both library and field studies, the methodology for data application is recognized as one of the more precise approaches. Also, as a descriptive-survey, one of the main parts of any research work is collecting information. If this task is performed consistently and accurately, the process of analyzing the data and deriving conclusions will be executed efficiently and with precision. In the current research, the required data collection tools are library studies, field studies, observation, and interviews with experts related to the subject of this research. In this study, the expert survey method is used for sampling. One of the steps that is very effective in the quality of the results is the correct selection of experienced and knowledgeable people in the field of the debated topic. First, the criteria for selecting people should be determined and these criteria should be fully compatible with the research topic and the model under investigation. The criteria applicable in this context include relevant academic disciplines, possessing valuable experiences, authoring and translating literature, and publishing scholarly articles pertinent to the research area, as well as professional engagement in fields associated with the research topic. In this study, appropriate samples have been chosen for case analyses, guided by the insights of experts in the relevant domain.

Results and discussion

To advance the RCA method, a total of 22 tables are developed, focusing on the analysis of preconditions and the identification of concealed issues. This is achieved through a combination of diverse references and expert brainstorming within the safety domain. Subsequently, software is created, which encompasses various components, including the supplementary incident report form, goal and risk registration, surface defect documentation, precondition and hidden defect registration, flowchart visualization, supplementary and immediate incident reports, lessons learned from incidents, social security accident notification forms, as well as reports detailing the causes of accidents, and surface defects.

Conclusion

Regarding the main question and purpose of this research, which was to provide a comprehensive model of the RCA of incidents, an upgraded software is prepared for this purpose (Figure 1). According to the mentioned research information and existing methods for the RCA of accidents and their advantages and disadvantages, it is clear that there are many defects in the current situation. The first defect is related to the lack of a comprehensive, and flawless method.

The second drawback is the lack of a systematic process, such as a software or template that can be used by ordinary users. This research seeks to eliminate these defects, and as it was said before, this research seeks a new method that uses the strengths of the previous methods, covers their weaknesses, being native, and being usable by ordinary users. It should not leave any aspects of the accident, it should be usable and facilitating for the administrative procedure of our country, it should be practical and effective, its results should be objective and tangible to prevent similar accidents and it would bring significant added value.

Since the human mind is limited, the existence of a series of items and questions, like a checklist, helps in identifying the causes and different aspects of accidents. Therefore, in this research, the combination of RCA and tripod-beta approaches has been used. In this way, first the RCA method is considered by adding many items, and then this upgraded RCA method is combined with the tripod-beta method and it also finds a graphic and visual mode. These two methods are completely complementary and cover each other's weaknesses. To solve the second defect, a comprehensive and complete software has been produced, which is easily designed and can be used by ordinary users, and performs the root analysis of incidents as a step-by-step process with multiple and diverse outputs make it possible to reach different and hidden aspects of incidents to prevent the occurrence of similar incidents. In addition, this software is designed based on the needs of existing projects in our beloved country and is completely native, practical and usable for different organizations in analyzing real incidents. The reason why the word "native" is used is that in the software design process, its usability for the users of our country as well as all kinds of outputs, results, forms, and other things that are needed in the investigation and follow-up of incidents and in the relevant administrative procedures are fully considered.

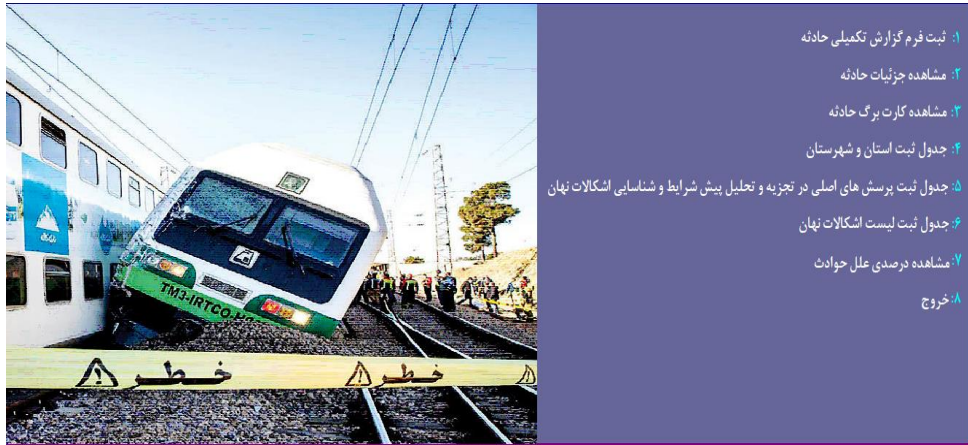


Figure 1: The illustration depicting the primary interface of the developed software.



کارافن

فصلنامه علمی دانشگاه ملی مهارت

پاییز ۱۴۰۴، دوره ۲۲، شماره ۳، ۲۶۶-۲۴۴

آدرس نشریه: <https://karafan.tvu.ac.ir>

doi: [10.48301/kssa.2025.488404.3045](https://doi.org/10.48301/kssa.2025.488404.3045)



ارائه الگو و نرم‌افزار نوین در تجزیه و تحلیل ریشه‌ای حوادث محیط کار (مطالعه موردی: تحلیل ریشه‌ای حادثه ریزش دیواره پله معدن)

حسین جراحی^{*۱}، افشین خدامی^۲، عباسعلی صادقی^۳

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۲- گروه مهندسی صنایع، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۳- گروه مهندسی عمران، واحد بیرجند دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران.

چکیده	اطلاعات مقاله
<p>وقوع حوادث همواره باعث ایجاد خسارت‌های مختلف می‌شود. بنابراین وجود یک روش سیستماتیک که حوادث را به‌طور ریشه‌ای علت‌یابی کرده و اقدامات اصلاحی را پیشنهاد دهد ضروری است. با توجه به روش‌های موجود برای تحلیل ریشه‌ای حوادث و مزایا و معایب آنها، مشخص است که نقایص زیادی در وضعیت فعلی بررسی حوادث موجود است. دو نقص عمده، مربوط به عدم وجود یک روش جامع و بی‌عیب و عدم وجود یک سیستم نظام‌مند است. در این پژوهش، برای رفع نقص اول، از ترکیب دو روش آنالیز علل ریشه‌ای و تریپود-بتا استفاده شده است. به‌این‌صورت که ابتدا روش آنالیز علل ریشه‌ای با اضافه کردن آیت‌های متعدد تکمیل می‌شود و سپس این روش ارتقا یافته با روش تریپود-بتا ترکیب می‌شود و حالت گرافیکی و بصری هم پیدا می‌کند. در واقع این دو روش مکمل هم هستند و نقاط ضعف یکدیگر را پوشش می‌دهند. برای رفع نقص دوم، یک نرم‌افزار جامع و کامل تولید شده است که با طراحی آسان، برای کاربران معمولی قابل استفاده است و عمل تجزیه و تحلیل ریشه‌ای حوادث را به‌صورت یک فرایند گام‌به‌گام انجام داده و با خروجی‌های متعدد و متنوع، دست‌یابی به جنبه‌های مختلف و پنهان حوادث را ممکن می‌کند تا بتوان از وقوع حوادث مشابه جلوگیری کرد. ضمناً این نرم‌افزار بر اساس نیازهای پروژه‌های موجود در کشورمان طراحی شده و کاملاً بومی، کاربردی و قابل استفاده برای ارگان‌های مختلف در تحلیل و واکاوی حوادث واقعی می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده از انجام مطالعات موردی که همان علل ریشه‌ای حوادث هستند نیز کارایی نرم‌افزار تولید شده را تأیید کرده است.</p>	<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۹/۰۳</p> <p>بازنگری مقاله: ۱۴۰۳/۱۱/۲۶</p> <p>پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۱/۲۴</p> <p>کلید واژگان: تجزیه و تحلیل ریشه‌ای حادثه نرم‌افزار تریپود بتا</p> <p>*نویسنده مسئول: حسین جراحی پست الکترونیکی: hossein.jarrahi@birjand.ac.ir</p>



مقدمه

وقوع حوادث و سوانح همواره باعث ایجاد خسارت‌های جانی، مالی، زیست محیطی و اعتباری به صنایع و ارگان‌های مختلف می‌شود. از طرف دیگر توسعه فناوری‌های پیچیده و پراهمیت در صنایع مختلف، به‌ویژه در صنایع مخاطره‌آمیز سبب شده است که فلسفه ایمنی، از رویکرد پس از وقوع به رویکرد پیش از وقوع تغییر یابد. اما جدا از بحث علل و نوع حوادث، بررسی و تجزیه و تحلیل ریشه‌ای این حوادث و سوانح بسیار حائز اهمیت بوده و یکی از منابع مهم جهت تدوین برنامه‌های ایمنی در راستای پیشگیری از سوانح مشابه می‌باشد. به‌طور کلی در اکثر حوادث بزرگ، نمی‌توان تنها یک علت یا یک دلیل مشخص را عامل حادثه دانست؛ بلکه کنار هم قرار گرفتن چندین عامل و دلیل مختلف و مرتبط، به‌صورت یک زنجیره باعث رخ دادن این حوادث مهم می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که هدف از تحلیل و تحقیق در حوادث، مشخص کردن ترتیب اتفاقات و رویدادها، چیرستی و چرایی و به‌طور کلی تحلیل همه عوامل و فاکتورهای موثر در روند شکل‌گیری یک حادثه می‌باشد. انجام این روند نیز بر پایه رسیدن به پیشنهادها و راهکارهای موثر برای کاهش ریسک و کاهش احتمال وقوع حوادث مشابه استوار است [۱] و [۲]. با توجه به مطالب فوق، وجود یک روش سیستماتیک که حوادث و رویدادها را به‌طور ریشه‌ای علت‌یابی کرده و اقدامات اصلاحی مورد نیاز را پیشنهاد دهد ضروری است. تجزیه و تحلیل ریشه‌ای حوادث (RCA)^۱ در واقع روشی است که مشخص می‌کند "چه، چرا و چگونه" یک حادثه رخ داده است. در این روش، به‌طور اصولی نقاط ضعف یک سیستم ایمنی شناسایی شده و نحوه ارتباط آن در ایجاد شرایط و اعمال نایمن که منجر به وقوع حادثه شده تشریح می‌شود.

با تحلیل و تجزیه حوادث، می‌توان سه سطح کلی علت را برای حوادث برشمرد:

- ۱- علل مستقیم: شرایطی که درست قبل از سانحه پیش آمده و به‌طور مستقیم در وقوع آن نقش دارد و در صورتی که حذف شود از وقوع حادثه جلوگیری می‌شود.
- ۲- علل غیرمستقیم: شرایط نایمن (که منشا حدود ۱۰ درصد حوادث است) و اعمال نایمن (که منشا حدود ۹۰ درصد حوادث است) را می‌توان به‌عنوان علل سطح دوم ذکر کرد [۳].
- ۳- علل اصلی (ریشه‌ای): منشا و ریشه علل سطح دوم، می‌تواند ضعف و نقص در سیستم‌های کلان مثل ضعف سیاست‌گذاری‌ها و ضعف در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و یا به سبب عوامل محیطی و شخصی باشد. به این عوامل، علل ریشه‌ای گفته می‌شود که سرچشمه علل سطح دوم و علل مستقیم بوده و متعاقباً در ایجاد یک حادثه نقش اصلی را دارد. معمولاً چند علت ریشه‌ای با هم در وقوع یک حادثه ناگوار و ناخواسته نقش دارند و با برطرف کردن و حل این عوامل، می‌توان از وقوع حوادث بسیاری پیشگیری کرد. برای روشن‌تر شدن بحث، از عواملی که ممکن است در حوادث مختلف به‌عنوان علت ریشه‌ای به حساب بیایند، می‌توان به فقدان خط مشی سازمان یا مجموعه، نبود استانداردهای لازم و درست، فقدان تعهد و تجرب در کار و مدیریت، فقدان اطلاعات و دانش و تخصص، سیاست‌های اشتباه، قوانین نادرست و ضعف در قانون‌گذاری، عدم استفاده از نخبگان در زمینه مربوطه، دلایل نرم‌افزاری و سخت‌افزاری، دلایل روان‌شناسی و روان‌شناختی و ... اشاره کرد [۴؛ ۵].

Root Cause Analysis



با بررسی تاریخچه پروژه‌های انجام‌شده در این حوزه، می‌توان دید که اکثر مطالعات در حوزه‌های پزشکی بوده و در علوم مهندسی، دفاعی و صنایع، مطالعات گسترده‌ای انجام نشده است. بلکه فقط چند تحقیق در زمینه‌های محدود (که در قسمت سابقه پژوهش ذکر خواهد شد) انجام پذیرفته است و بحث ارائه راهکارهای اصلاحی نیز تا حد زیادی مغفول مانده است. همچنین دو نقص عمده موجود در مطالعات پیشین، مربوط به عدم وجود یک روش جامع و بی‌عیب و عدم وجود یک سیستم نظام‌مند که قابل استفاده برای کاربران معمولی باشد است.

در این پژوهش، برای رسیدن به یک روش جامع و کامل، از ترکیب دو روش RCA و تریپود-بتا استفاده شده است. به این صورت که ابتدا روش RCA با اضافه کردن آیتم‌های متعدد تکمیل می‌شود و سپس این روش RCA که ارتقا یافته است با روش تریپود-بتا ترکیب می‌شود و حالت گرافیکی و بصری هم پیدا می‌کند. در واقع این دو روش کاملاً مکمل هم هستند و نقاط ضعف یکدیگر را پوشش می‌دهند. در ادامه یک نرم‌افزار جامع و کامل تولید شده است که با طراحی آسان، برای کاربران معمولی قابل استفاده است و عمل تجزیه و تحلیل ریشه‌ای حوادث را به صورت یک فرایند گام‌به‌گام انجام داده و با خروجی‌های متعدد و متنوع، دست‌یابی به جنبه‌های مختلف و پنهان حوادث را ممکن می‌کند تا بتوان از وقوع حوادث مشابه جلوگیری کرد. ضمناً این نرم‌افزار بر اساس نیازهای پروژه‌های موجود در کشور عزیزمان طراحی شده است و کاملاً بومی، کاربردی و قابل استفاده برای ارگان‌های مختلف در تحلیل حوادث واقعی می‌باشد.

پیشینه پژوهش

اولین مدلی که برای ریشه‌یابی حوادث مطرح شده است، تئوری دومینو می‌باشد که در سال ۱۹۴۱ توسط هنریچ ارائه گشت [۴] و بر توسعه خطی رویدادهای منجر به حادثه تأکید می‌کرد. مدل‌های ارائه‌شده توسط هنریچ و برد به صورت تئوری علت حادثه مطرح شدند که یک توالی یک بعدی از رویدادها را شامل می‌شود. مدل چند علتی حوادث در سال ۱۹۹۰ به وسیله ريسن مطرح گردید [۵] و برای اجتناب از مداخله خطاهای پنهان و آشکار، مشارکت پیش‌گیرانه مدیریت ارشد سازمان را امری ضروری دانست. خطاها و علل آشکار، همان علت‌های قابل مشاهده و بلادرنگ یک حادثه هستند که به آسانی قابل شناسایی هستند. برخلاف آن، خطاهای پنهان ممکن است به راحتی قابل شناسایی نبوده و به صورت مخفی در سازمان‌ها وجود داشته باشد (برای مثال طراحی ضعیف، نظارت ضعیف، نبود آموزش و ...). در علم ایمنی، وابستگی موجود میان خطاهای انسانی منجر به حوادث، به صورت گسترده شناسایی شده است. راسموسن در سال ۱۹۸۷ چارچوب SRK را برای رفتار مهارت‌محور، قانون‌محور و دانش‌محور پیشنهاد می‌کند [۶] تا بدین منظور میان این سه سطح مختلف کنترلی انسانی تفکیکی صورت بگیرد. در امتداد پیشرفت‌های حاصل شده در دهه ۱۹۹۰، راسموسن در سال ۱۹۹۶ یک مدل چند سطحی را به همراه عوامل متغیر آن ارائه داد [۷]. این سیستم سطوح سازمانی را از همدیگر مجزا می‌نماید. علاوه بر این، توسعه بیشتر تعداد ابزارهای پیش‌بینی‌کننده که بر اساس منطق‌های ریاضی عمل می‌کنند نیز اتفاق افتاد که منجر به استفاده از منطق‌های سیستماتیک فنی - اجتماعی از قبیل متدهای درخت علت و تحلیل درخت خطا گردید. مدل‌های فنی - اجتماعی صرفاً روی علت حوادث تمرکز می‌کند و آن چنان که لازم است روی افراد تمرکزی ندارد؛ در حالی که عنصر انسانی در علت ریشه‌ای حوادث نقش اصلی را بازی می‌کند و این امر، لازمه وجود مدل‌های توسعه یافته‌تر برای سازمان‌های با تکنولوژی

پیشرفته را نشان می‌داد. تقسیم‌بندی‌های متفاوتی در خصوص مدل‌های حوادث وجود دارد. در تقسیم‌بندی اول، مدل‌های حوادث به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند. دسته اول مدل-های توالی حوادث که مدل دوم هم جزو این دسته بوده و اولین بار توسط هولناگل استفاده شد [۸]. دسته دوم، مدل‌های حوادث بر پایه اطلاعات انسانی می‌باشد که توسط سالوندی و لتو ارائه شد [۹] و حادثه را در چارچوب رفتار و اقدامات انسانی تشریح می‌کند که مدل راسموسن و مدل کریم جزو این دسته می‌باشد. دسته سوم مدل‌های این تقسیم‌بندی، مدل‌های سیستماتیک حوادث می‌باشد که توسط هولناگل استفاده گردید و مدل علت جزو این دسته می‌باشد. این تقسیم‌بندی الزامی و قطعی نبوده و مدل‌های حوادث می‌توانند در تقسیم‌بندی‌های مختلف جای بگیرند. همچنین سالوندی و لتو یک تقسیم‌بندی دیگر انجام داده‌اند که مدل‌های علت حوادث در سه گروه تقسیم شده است و شامل مدل‌های عمومی فرآیند حوادث، مدل‌های خطای انسانی و رفتار نایمن و مدل‌های مکانیکی صدمه انسانی می‌باشد. کلن نیز در سال ۲۰۰۰ مدل‌ها را در پنج گروه علت - توالی، فرآیندی، انرژی، درخت منطقی و مدیریت HSE تقسیم‌بندی کرده است [۱۰].

مدل تریپود^۱ در اواسط دهه ۱۹۹۰ در یک پروژه ترکیبی توسط دانشگاه لیدن هلند و دانشگاه منچستر انگلیس برای استفاده در صنعت نفت توسعه یافت و مدل علت‌یابی ریسن را دنبال کرد [۱۱] ایده پشتیبان تریپود عبارت است از این مسئله که خطاهای سازمانی اصلی‌ترین علت حوادث می‌باشند. هنگامی که یک حادثه اتفاق می‌افتد، یک یا چند مانع، شکست خورده است. اعمال نایمن یا خطای بلادرنگ موجب شکست موانع می‌شوند که آن هم به تنهایی اتفاق نیفتاده است؛ بلکه این اعمال در اثر اشکالات پنهان در سازمان‌ها صورت می‌گیرد. این روش برای ارائه یک راهکار کاربردی طراحی نشده است، بلکه مسائل و مشکلات را مشخص می‌کند. این روش در دو شکل وجود دارد. مدل واکنشی که در تحلیل حوادث صورت‌گرفته در سازمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و مدل پیش‌گیرانه که در بحث مدیریت ریسک و پیش‌بینی حوادث آینده بوده و بر پایه نشانه‌های فعلی موجود عمل می‌کند. در تحقیقی که کیم در سال ۲۰۱۶ انجام داد [۱۲] به این نتیجه رسید که تفاوت عمده بین تحقیقات حادثه و پیشگیری از وقوع حادثه این است که آیا آن را در گذشته می‌جویم و یا در پیش‌بینی آینده ماست. زمانی که به گذشته می‌نگریم نیاز به تجزیه و تحلیل تنها یک سناریوی حادثه داریم؛ در حالی که اگر پیش‌بینی آینده را داشته باشیم بسیاری از سناریوها برای پیشگیری از حوادث باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و اشاره می‌کند که هر روش تحلیل، چشم‌انداز و مزایای خود را دارد و ترکیب روش‌ها ممکن است کارآمدتر از تمرکز تنها بر یک دیدگاه باشد. در تحقیقی که دالک در سال ۲۰۱۵ با عنوان معیارهای ارگونومی در بررسی علل غیر مستقیم حوادث انجام داد [۱۳]، روش‌های متعددی را به عنوان روش‌های مهم و مرسوم تحلیل حادثه معرفی و بیان نمود که هر کدام از این روش‌ها و ابزار را می‌توان برای تحلیل حوادث مورد استفاده قرار داد؛ چرا که هر یک از آنها نیاز به تکامل دارد و رویکرد هر کدام با مزایا و معایب خاصی همراه است. در تحقیقی که وایس در سال ۲۰۱۲ انجام داد [۱۴]، مشخص گردید تنها ۱۰ درصد از سازمان‌ها یک روش تحقیق حادثه ملی یا بین‌المللی را انجام می‌دهند و اکثر سازمان‌ها ذکر کرده‌اند که روش تحقیق خاصی ندارند. در تحقیق جوناس در سال ۲۰۰۹ بیان می‌شود که دستورالعمل‌های تحلیل حوادث بر مدل‌های پیچیده خطی متمرکز شده‌اند [۱۵]، لذا در خصوص عوامل پیش‌روی حوادث، مشکل وجود دارد و در کل نیاز به استفاده از یک مدل سیستماتیک بیشتر می‌باشد و بهتر است تحلیل

^۱Reason^۲Tripod

حوادث با روش‌های بالا به پایین و نه پایین به بالا انجام شود و انجام این رویکرد ممکن است ارتباطات بین عوامل به وجود آورنده حادثه را آسانتر کند. محمدی و میرزایی در سال ۲۰۱۳ بیان داشتند که معمولاً روش‌های بررسی حادثه متنوع و بر مبنای مدل‌های مختلف برای علیت حادثه است. یعنی حوادث چرا رخ می‌دهند. دسته‌های اصلی مدل‌های حادثه از این قرارند: مدل‌های توالی علی، مدل‌های فرایند، مدل انرژی، مدل‌های درخت منطقی، مدل‌های پردازش انسانی، مدل‌های مدیریت HSE. در تحقیقی دیگر در سال ۲۰۱۴ توسط منگ و همکاران با عنوان بررسی مرگ و میر با کامیون در معادن که به مدل آنالیز درخت خطا انجام پذیرفت [۱۶]، مدل درخت خطا روشی موثر و مفید برای ریشه‌یابی حوادث معرفی شده و مدل گرافیکی مناسب برای شناسایی علل رویداد نهایی مشخص شده است. صاحبی در سال ۲۰۲۳ [۱۷]، به شناسایی و تعیین میزان تأثیر عوامل مؤثر بر پیشگیری از حوادث در کارگاه‌های ساختمانی شهرستان کرمانشاه پرداخته است. نتایج نشان داد که الگوی مفهومی پژوهش از برآزش مطلوبی برخوردار است. تمامی روابط بین زیرعوامل با عوامل معنی دار بوده و عامل مدیریتی با ضریب مسیر ۰/۷۲۴ بیشترین تأثیر و عامل محیطی با ضریب مسیر ۰/۳۰۹ کمترین تأثیر را بر پیشگیری از وقوع حوادث کارگاه‌های ساختمانی داشته‌اند.

روش تحقیق

در فرایند انجام این پژوهش، ابتدا تعاریف و مقدمات کلی مرتبط با بحث تجزیه و تحلیل ریشه‌ای حوادث بیان شد. سپس یکی از مهمترین مراحل یعنی گردآوری سابقه پژوهش انجام شد. این مرحله از این لحاظ حایز اهمیت است که پیوستگی و توالی پژوهش‌های مرتبط انجام شده، خلأ و گپ کار را مشخص می‌نماید و به‌نوعی نشانگر نوآوری مورد نیاز در پژوهش حاضر می‌باشد. با توجه به موضوع پژوهش، یکی دیگر از مراحل مهم در جمع‌آوری اطلاعات، روش‌های مختلف موجود برای تجزیه و تحلیل ریشه‌ای حوادث و مقایسه آنها و نقاط ضعف و قوت هر کدام بود که این کار به‌طور کامل انجام شد. در واقع این پژوهش به دنبال یک روش جدید است که از نقاط قوت روش‌های قبلی استفاده کند، نقاط ضعف آنها را پوشش دهد، بومی سازی شده باشد، برای کاربران عادی قابل استفاده باشد، هیچ جنبه‌ای از حادثه را جا نگذارد، برای روال اداری کشورمان قابل استفاده و تسهیل کننده باشد، کاربردی و موثر باشد، نتایج آن برای جلوگیری از حوادث مشابه، عینی و ملموس باشد و ارزش افزوده قابل توجهی به ارمغان آورد. این روش پس از طراحی، در قالب یک نرم‌افزار پیاده سازی شد که در قسمت‌های بعد در مورد آن توضیح داده خواهد شد.

واضح است که اعتبار روشی که برای تحقیق انتخاب می‌شود، میزان اعتبار نتایج حاصل شده از تحقیق را مشخص می‌کند. از آنجا که هدف این پژوهش ارائه الگوی جامع تجزیه و تحلیل ریشه‌ای حوادث است، پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و به دلیل اینکه در آن از مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی استفاده می‌شود، از نظر متدولوژی کاربرد داده‌ها جزء روش‌های توصیفی-پیمایشی است. همچنین یکی از اصلی‌ترین بخش‌های هر کار پژوهشی را جمع‌آوری اطلاعات تشکیل می‌دهد. چنانچه این کار به شکل منظم و صحیح صورت پذیرد، کار تجزیه و تحلیل و نتیجه‌گیری از داده‌ها با سرعت و دقت خوبی انجام می‌شود. در پژوهش حاضر، ابزار جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، مطالعات کتابخانه‌ای، مطالعات میدانی، مشاهده و مصاحبه با کارشناسان مرتبط با موضوع مورد پژوهش می‌باشد. در این پژوهش جهت نمونه‌گیری از روش خبره‌سنجی استفاده شده است. یکی از مراحل

که در کیفیت پاسخها بسیار موثر است، انتخاب صحیح افراد مجرب و آگاه در زمینه موضوع مورد مطالعه است. ابتدا باید معیارهای انتخاب افراد مشخص شود و این معیارها باید کاملا با موضوع پژوهش و الگوی مورد بررسی انطباق داشته باشد. ملاک‌هایی که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد عبارتند از زمینه تحصیلی مرتبط، برخورداری از تجارب مفید، تالیف و ترجمه کتاب و انتشار مقالات علمی در زمینه مورد پژوهش و اشتغال در حوزه ای که با موضوع پژوهش مرتبط است. در این پژوهش نیز بر اساس نظرات کارشناسان خبره در زمینه مورد مطالعه، نمونه‌های مناسب جهت انجام مطالعات موردی انتخاب شده‌اند.

نتایج و بحث

به‌منظور ارتقای روش RCA، با استفاده از مراجع مختلف و بارش فکری توسط متخصصین حوزه ایمنی، جداول ۲۲ گانه مربوط به تجزیه و تحلیل پیش‌شرایط و شناسایی اشکالات نهان تکمیل شد و آیتم‌های زیر به این جداول اضافه شد:

✓ تاسیسات، تجهیزات و ابزار (طراحی ارگونومی و چیدمان)

پیش‌شرایط:

- چیدمان و موقعیت نامناسب ابزار و تجهیزات، دسترسی به آنها را مشکل کرده است.
- دستورالعمل و راهنمای کار با ابزار و تجهیزات، جامع و کامل و واضح نیست.

اشکالات نهان:

- عدم استفاده از طراحان کارآمد و متخصص با علم روز.
- عدم تسلط و عدم آشنایی کامل طراح بر شرایط و مشکلات احتمالی موجود در هنگام استفاده از ابزار (کم بودن تجربه طراح).

✓ تاسیسات، تجهیزات و ابزار (شرایط، تناسب و قابلیت دسترسی)

پیش‌شرایط:

- ابزار یا تجهیزات با کار مورد نظر سازگار نیست (عدم هماهنگی با اهداف، تاریخ گذشته، مارک نامرغوب، کیفیت نامناسب، ویژگی‌های غلط).
- ابزارهای موجود قدیمی هستند و ابزارهای پیشرفته و به‌روز خریداری نشده است یا در دسترس نیست.

اشکالات نهان:

- از نیروهای متخصص و کارآموده برای ارزیابی دوره‌ای ابزار و تجهیزات استفاده نمی‌شود.
- گزارشات حاصل از بازرسی‌های انجام شده، مورد توجه قرار نمی‌گیرد و اقدامات اصلاحی انجام نمی‌شود یا دیر انجام می‌شود.

✓ روش اجرایی، ساختار و مجوزهای کاری

پیش‌شرایط:

- وجود واژه‌ها و اصطلاحات تعریف نشده و ناآشنا در روش اجرایی، باعث بی‌انگیزه‌شدن کاربران در استفاده از آن می‌شود.
- روش اجرایی به‌صورت کلی نوشته شده و جزئیات در آن یافت نمی‌شود.
- روش اجرایی واضح و صریح نیست، دارای ابهام و پیچیدگی است، معانی مختلفی می‌توان از آن برداشت کرد.

اشکالات نهان:

- فهرست گیرندگان روش اجرایی مشخص نیست.
- دوره‌های آموزشی جهت تفهیم و آموزش اصولی روش‌های اجرایی به کارکنان تدارک دیده نشده است.
- از مشاوره و تجربیات افراد متخصص در زمینه مورد نظر، جهت تکمیل، اصلاح، بهبود و به‌روزرسانی روش‌های اجرایی استفاده نمی‌شود.

✓ شرایط تحمیلی نامناسب

پیش‌شرایط:

- عواملی که باعث حواس‌پرتی می‌شود (گوشی همراه، فضای مجازی، تلویزیون، رادیو و ...)

اشکالات نهان:

- قوانین مشخصی جهت جلوگیری از حواس‌پرتی کارکنان وجود ندارد (منع استفاده از گوشی، اینترنت، تلویزیون و ...).
- برنامه‌های کاری کارکنان، اصولی و مناسب نیست (شیفت‌های طولانی، تحویل شیفت غیراصولی، برنامه غذایی و تغذیه نامنظم و ...)
- در تدوین برنامه‌های کاری و طراحی فضای کار، از مشورت کارکنان مربوطه و نیروهای متخصص استفاده نمی‌شود.
- با کارکنان خاطی، برخورد قاطع و اثربخشی صورت نمی‌گیرد (برای خود شخص و دیگران درس عبرت نمی‌شود).

✓ محیط کار

پیش‌شرایط:

- وسایل و تجهیزات اضافی و بلااستفاده در محیط کار وجود دارد.

اشکالات نهان:

- کارکنان نسبت به اهمیت تمیزی محیط کار و رعایت بهداشت توجه نشده‌اند و آن را امری کم‌اهمیت یا بی‌اهمیت می‌دانند.
- خستگی و بی‌حوصلگی در پایان شیفت‌های کاری باعث سهل‌انگاری در تمیز کردن محیط و تجهیزات می‌شود.
- مواد شوینده و ابزار مورد استفاده برای شستشو و تمیزکاری، با نوع آلودگی و کثیفی‌ها سازگار نیست و اثر و کارایی چندانی ندارد.

✓ آموزش، آگاهی و صلاحیت

پیش‌شرایط:

- مهارت، هوش و استعداد کارکنان در مورد وظیفه محول شده به آنها کافی نیست.
- کارکنان در شرایط و موقعیت‌های خاص، از قدرت تصمیم‌گیری کافی و توانایی واکنش درست و سریع برخوردار نیستند.

اشکالات نهان:

- رشته تحصیلی (دانشگاه، دبیرستان) کارکنان با وظایف آنها همخوانی و ارتباط ندارد.
- نظام آموزشی، افراد را برای تصدی شغل‌ها و کارهای مختلف آماده نمی‌کند و مطالب غیرضروری زیادی در سرفصل دروس قرار دارد.
- تقریباً تمامی دوران تحصیل فقط صرف آموزش مطالب تئوری می‌شود و ارتباط بین دانشگاه و بازار کار ناچیز است.

✓ فعالیت و اهداف ناسازگار

پیش‌شرایط:

- کارکنان از انجام کارهای تکراری خسته‌اند و هیچ انگیزه و میل و رغبتی نسبت به انجام وظایف محوله خود ندارند.
- کارکنان نسبت به وظایف خود، احساس مسئولیت ندارند (زیرا مثلاً می‌توانند از قبول تقصیر حادثه، شانه خالی کنند).
- کارکنان با سهل‌انگاری و بدون دقت و دلسوزی کار می‌کنند، زیرا از شرایط ناراضی‌اند (میزان حقوق و مزایا، سختی کار، شیفت‌های طولانی و ...)

اشکالات نهان:

- دستورالعمل و قوانین مشخصی در مورد حدود اختیارات کارکنان در شرایط خاص وجود ندارد.
- فرایند انتخاب مدیر و یا هیات مدیره به درستی و توسط اشخاص مجرب انجام نشده است (مدیریت، فاقد صلاحیت، تجربه، دانش، مهارت و یا تخصص است).

✓ اطلاعات و ارتباطات

پیش‌شرایط:

- اهمیتی به پیغام‌های دریافت شده داده نمی‌شود و یا خیلی دیر خوانده می‌شود.
- در صورت نیاز به چند مرحله رفت و برگشت پیغام‌ها، این کار در هر مرحله با تاخیر زمانی زیاد انجام می‌شود و یا توسط یکی از طرفین، این زنجیره ارتباط قطع می‌شود و به سرانجام نمی‌رسد.

اشکالات نهان:

- سامانه الکترونیکی و اینترنتی مورد استفاده جهت انتقال پیام‌ها با مشکل همراه است (قطع و وصلی زیاد دارد، کار کردن با آن سخت است، به‌روز رسانی نشده است، محدودیت دارد، به خوبی طراحی نشده است).

- کارکنان به اهمیت بالای ارسال به‌موقع و دقیق پیغام‌ها واقف نیستند و سهل‌انگاری می‌کنند (چون با حوزه کاری و شرح وظایف دریافت‌کننده پیام آشنایی ندارند، آموزش ندیده‌اند، احساس مسئولیت نمی‌کنند).
- پیام‌ها به طرز نوشته و رد و بدل می‌شوند که فها و نکته اصلی مطلب انتقال داده نمی‌شود (چون دو طرف با حوزه کاری، مسئولیت‌ها و با ادبیات کاری همدیگر آشنا نیستند).
- ✓ مسئولیت‌پذیری و سازماندهی

پیش‌شرایط:

- میزان کار مفید و بهره‌وری در سازمان پایین و نامناسب است (کارکنان در وقت اداری، کارهای متفرقه انجام می‌دهند).
- تعامل کارکنان با یکدیگر مناسب نیست (مشخص نبودن دقیق مرزهای وظایف، مشکلات و کدورت‌ها و لجبازی‌ها، رقابت ناسالم برای ارتقای رتبه).
- کارکنان تمایل و رغبتی جهت تغییر و بهبود شرایط نشان نمی‌دهند و یا حاضر به همکاری و قبول زحمت در راستای بهبود اوضاع نیستند.

اشکالات نهان:

- از مشاورین خبره و باتجربه جهت تعیین درست اولویت‌ها و اهداف استفاده نشده است.
- مدیر و هیئت مدیره، صلاحیت تصدی این منصب را نداشته‌اند (ضعف در تجربه، دانش، قدرت مدیریت، روانشناسی و سایر مهارت‌های لازم)
- سازماندهی و قوانین سازمان سال‌هاست ثابت مانده و هیچ تلاشی در جهت بهبود آن بر اساس وضعیت موجود و تجارب به‌دست‌آمده نمی‌شود.
- سازماندهی و ساختار ارتباطی سازمان، بیشتر بر پایه نسخ فیزیکی و کاغذبازی است و بر اساس عصر دیجیتال و الکترونیک به‌روزرسانی نشده است.
- ✓ تعمیر و نگهداری، بازرسی و یکپارچگی فنی

پیش‌شرایط:

- تجهیزات، قدیمی هستند و از تجهیزات با تکنولوژی روز استفاده نمی‌شود.
- ابزار و تجهیزات، به‌طور مناسب و مرتب سرویس نمی‌شوند و در نتیجه بازدهی کامل ندارند.

اشکالات نهان:

- کارکنان بخش تعمیر و نگهداری، قادر به عیب‌یابی و در نتیجه تعمیر دستگاه‌ها نیستند (آموزش کافی و موثر ندیده‌اند، با عملکرد دستگاه‌های پیچیده آشنا نیستند).
- اهمیت بالای بحث نگهداری و سرویس‌های دوره‌ای برای کارکنان جا نیفتاده است (نگهداری بهتر از تعمیر است (پیشگیری بهتر از درمان است)).

✓ اقدامات بهبود و نجات (تجهیزات، تسهیلات و خدمات)

پیش‌شرایط:

- تجهیزات ایمنی و حفاظتی، نامرغوب است یا کیفیت پایینی دارد.
- تجهیزات ایمنی و حفاظتی در مواقع اضطراری به اندازه کافی وجود ندارد (مقدار یا تعداد آنها برای شرایط بحرانی محاسبه و تهیه نشده است).

اشکالات نهان:

- مانورهای آموزشی مناسب جهت آمادگی برای شرایط اضطراری انجام نشده است (نیروهای کم‌تجربه درک و ذهنیتی از شرایط بحرانی ندارند).
- وظایف افراد مختلف در شرایط اضطراری واضح نیست و یا به‌خوبی تفهیم نشده است، یا تداخل و هم‌پوشانی دارد.

در این بخش به معرفی قسمت‌های مختلف برنامه تولید شده جهت تجزیه و تحلیل ریشه‌ای حوادث پرداخته می‌شود. در شکل ۱ صفحه اولیه و اصلی نرم‌افزار مشاهده می‌شود. در این صفحه، امکان دستیابی به بخش‌های مختلف برنامه در قالب ۸ گزینه فراهم شده است. با کلیک بر روی گزینه اول که ثبت فرم گزارش تکمیلی حادثه است، پنجره‌ای مطابق شکل ۲ باز می‌شود. در این صفحه می‌توان اطلاعات کلی حادثه از قبیل مشخصات حادثه، وضعیت روابط کارفرمایی و مشخصات مسئولین، موقعیت جغرافیایی محل حادثه، مشخصات حادثه‌دیدگان و شرح حادثه را وارد کرد. سپس با کلیک بر روی گزینه ثبت اهداف و مخاطرات در شکل فوق، پنجره‌ای مطابق شکل ۳ باز می‌شود. در این صفحه می‌توان همه اهداف و مخاطرات را وارد کرد و برای هر هدف و مخاطره نظیر هم نیز اشکالات سطحی مربوط به آن‌ها را وارد کرد.

با کلیک بر روی گزینه ثبت اشکالات سطحی، پنجره شکل ۴ باز می‌شود. در این صفحه، شرح اشکال سطحی مربوطه نوشته می‌شود و مشخص می‌شود که این اشکال سطحی به شاخه هدف مربوط است یا به شاخه مخاطره. در این قسمت، درجه اهمیت اشکال سطحی نیز مشخص می‌شود. مثلاً درجه اهمیت ۱ نشان می‌دهد این اشکال سطحی و در نتیجه پیش‌شرایط و اشکالات نهان متصل به این اشکال سطحی نیز در درجه اول اهمیت قرار دارند و باید زودتر از سایر اشکالات به رفع آنها پرداخته شود.

در گام بعدی، برای هر اشکال سطحی، بر روی گزینه ثبت پیش‌شرایط و اشکالات نهان کلیک می‌شود و در نتیجه پنجره‌ای مطابق شکل ۵ باز می‌شود. در این پنجره در قسمت پایین ۱۱ صفحه قابل انتخاب است که هر صفحه مربوط به یکی از یازده سوال فصل قبل است. هر کدام از ۱۱ سوال نیز یک جدول پیش‌شرایط و یک جدول اشکالات نهان داشت که در این پنجره قابل دسترسی است. کافی است ابتدا مشخص شود که هر کدام از این ۱۱ سوال برای این حادثه کاربرد دارد یا ندارد. اگر کاربرد دارد پس پیش‌شرایط مرتبط از جدول موجود انتخاب می‌شود و سپس برای هر پیش‌شرط، اشکالات نهان مرتبط با آن انتخاب می‌شود. بدین صورت با طی کردن این روند که مشابه یک چک‌لیست است، می‌توان مطمئن بود که هیچ علتی از علل حادثه، مغفول نمانده است. ضمناً در هر لحظه با کلیک بر روی گزینه مشاهده فلوجارت، می‌توان فلوجارت روش تریپود-بتا را تا آن لحظه مشاهده کرد.

ضمناً در شکل ۲ با کلیک بر روی گزینه مشاهده فلوچارت، می‌توان فلوچارت روش تریپ‌وود- بتا را برای حادثه مشاهده نمود. گزینه مشاهده در صدی علل حادثه نیز نشان می‌دهد که برای پیش‌شرایط و اشکالات نهان، چند درصد از علل مربوط به شرایط نایمن و چند درصد مربوط به اعمال نایمن بوده است. گزینه چاپ همان صفحه را پرینت می‌کند و گزینه حذف حادثه نیز کل اطلاعات واردشده برای آن حادثه را حذف می‌کند. گزینه ثبت حادثه جدید نیز قابلیت ثبت اطلاعات مربوط به یک حادثه جدید را در اختیار کاربر قرار می‌دهد. در ادامه مجدداً گزینه‌های موجود در شکل ۱ بررسی می‌شود.

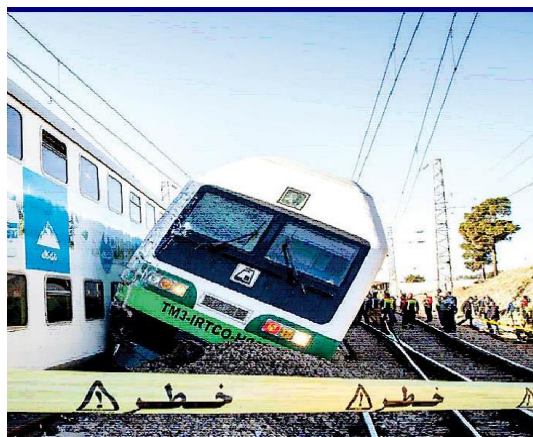
گزینه مشاهده جزئیات حادثه، همه اطلاعات ثبت‌شده برای حادثه را به‌صورت یکجا و متمرکز در قالب یک صفحه نمایش می‌دهد.

گزینه مشاهده کارت‌برگ حادثه، برای هر علت سطحی، در یک صفحه مجزا پیش‌شرایط و اشکالات نهان مربوط به آن را همراه با برخی اطلاعات دیگر نمایش می‌دهد.

گزینه ثبت جدول استان و شهرستان برای وارد کردن استان‌ها و شهرهای هر استان است. تمامی استان‌ها و شهرهای ایران وارد شده است. اما به‌رحال در صورت نیاز می‌توان استان جدید و یا شهرهای جدید را به برنامه اضافه کرد. نمایی از این پنجره در شکل ۶ مشاهده می‌شود.

گزینه جدول ثبت پرسش‌های اصلی در تجزیه و تحلیل پیش‌شرایط و شناسایی اشکالات نهان، در واقع همان جدول ۲۲ است که وارد نرم‌افزار شده‌اند. در صورتی که نیاز به ویرایش یا تکمیل این جداول باشد، از این گزینه می‌توان استفاده کرد. نمایی از این پنجره در شکل ۷ مشاهده می‌شود.

گزینه جدول ثبت لیست اشکالات نهان را نیز در صورت نیاز می‌توان ویرایش و یا تکمیل نمود. نمایی از این پنجره در شکل ۸ نشان داده شده است.



۱. ثبت فرم گزارش تکمیلی حادثه
۲. مشاهده جزئیات حادثه
۳. مشاهده کارت برگ حادثه
۴. جدول ثبت استان و شهرستان
۵. جدول ثبت پرسش‌های اصلی در تجزیه و تحلیل پیش‌شرایط و شناسایی اشکالات نهان
۶. جدول ثبت لیست اشکالات نهان
۷. مشاهده درصدی علل حوادث
۸. خروج

شکل ۱. تصویر صفحه اصلی نرم‌افزار تولیدشده

سیستم یکپارچه نظامات و دستورالعمل ها				
تجزیه و تحلیل ریشه ای حوادث				
ویرایش	شمارنده	نوع مدرک	حوزه فرایندی	تهیه کننده
گزارش تکمیلی بررسی حادثه				
مشخصات حادثه				
سطح حادثه:	پیامد حادثه	انسانی:		
تاریخ حادثه:		تجهیزات و اموال:		
روز:حادثه:		محیط زیست:		
ساعت:حادثه:		اعتبار سازمانی:		
وضعیت روابط کارفرمایی و مشخصات مسئولین				
تخصصی	عنوان هلدینگ تخصصی:	مدیر عامل:		
	معاون HSSE:	سایر افراد درگیر در حادثه:		
موسسه	عنوان مؤسسه:	مدیر عامل:		
	مدیر HSSE:	سایر افراد درگیر در حادثه:		
پروژه	عنوان پروژه:	مدیر پروژه:		
	مدیر HSE:	سرپرست کارگاه:		
	مدیر اجرایی:	مدیر پشتیبانی:		
	مدیر فنی:	سایر افراد درگیر در حادثه:		
	سایر افراد درگیر در حادثه:	سایر افراد درگیر در حادثه:		
موقعیت جغرافیایی محل حادثه				
استان:	اصفهان			
شهر:	اردستان			
پروژه:				
کارگاه:				
جبهه کاری:				
مشخصات حادثه دیده				
ثابت مشخصات سایر حادثه دیده‌گان				
نام و نام خانوادگی:	سن:			
شغل:	نوع عضویت:			
کل سابقه کاری:	سابقه کار در کارگاه:			
وضعیت تاهل:	تعداد فرزندان:			
شرح حادثه				

شکل ۲. تصویر صفحه ثبت فرم گزارش تکمیلی حادثه

فرم ثبت هدف و مخاطره حادثه ۰۱			
نام هدف	نام مخاطره	ثبت اشکالات سطحی	حذف رکورد جاری و وابسته
		ثبت اشکالات سطحی	حذف رکورد جاری و وابسته
		ثبت اشکالات سطحی	حذف رکورد جاری و وابسته

Record: ۱ of 2 | No Filter | Search

شکل ۳. تصویر صفحه ثبت اهداف و مخاطرات

ثبت اشکالات سطحی حادثه ۰۱			
شرح اشکال سطحی	درجه اهمیت	هدف / مخاطره	ثبت اشکالات سطحی
		حذف رکورد جاری و وابسته	ثبت پیش‌شرایط و اشکالات نهان
		حذف رکورد جاری و وابسته	ثبت پیش‌شرایط و اشکالات نهان

Record: 1 of 1 | No Filter | Search

شکل ۴. تصویر صفحه ثبت اشکالات سطحی

ثبت پیش‌شرایط و اشکالات نهان حادثه ۰۱	
سوال ۱,۳,۴: تناسب، تجهیزات و ابزار (طراحی ارگونومی و جیدمان)	تعریف طراحی ضعیف ارگونومی ابزار یا تجهیزات (نقاسب برای استفاده کاربر)
ثبت پیش‌شرایط و اشکالات نهان	مشاهده فلوجارت

Record: 1 of 11 | No Filter | Search

شکل ۵. تصویر صفحه اول از صفحات ثبت پیش‌شرایط و اشکالات نهان

فرم ثبت استان و شهرستان

کد استان

نام استان

ثبت شهرهای استان

کد شهر	نام شهر
1	اراک
2	آشتیان
3	تفرش
4	خمین
5	دلیجان
6	ساوه
7	شازند
9	محمیات
10	زرنجدیه
11	کمیجان
12	خنداب
13	فراهان

* Record: 1 of 12 No Filter Search

شکل ۶. تصویر صفحه ثبت استان و شهرستان

پرسش های اصلی در تجزیه و تحلیل پیش شرایط و شناسایی اشکالات نهان

کد	شرح
۱A	نظارت نامناسب (قبیلت سرپرستان یا مشغله زیاد آنها، کامل کردن نامناسب پروانه کار (Permit To Work)، ترکیب خطرناک مشاغل توسط سرپرستان شخصی داده شده است).
۱B	درک کاملی از تمام فعالیت‌های داخل شرکت وجود ندارد (فعالیت‌ها و موقعیت‌ها کنترل نمی‌شوند).
۱C	با کارکنان ناکارا یا نامرتب برخورد نمی‌شود و با آموزش نمی‌گردند (بدون هیچ ارزیابی عملکرد و پیگیری).
۱D	تصمیمات نادرست یا بی‌مسئولیت گرفته می‌شود (بر پایه‌های غلط، زمان کوتاه، بدون مجوز و توسط شخص نامرتب).
۱E	برنامه‌ریزی فعالیت‌ها نامناسب است (خطا در تعیین و هماهنگی، ایجاد تاخیر و یا هم‌زمان شدن چند فرآیند باهم).
۱F	وسایل برای وظایفی که بایستی انجام شوند کافی نیستند (اختصاص نامناسب سرمایه، مواد، زمان و افراد مرتبط به آن وظیفه).
۱G	فرهنگ رایج در شرکت نامناسب است (کارکنان علاقه قلی به کار ندارند، از سر اجبار کار می‌کنند).
۱H	میزان کار مفید و بهره‌وری در سازمان پایین و نامناسب است (کارکنان در وقت اداری، کارهای متفرقه انجام می‌دهند).
۱I	تعامل کارکنان با یکدیگر مناسب نیست (مشخص نبودن دقیق مرزهای وظایف، مشکلات و کدورت‌ها و اجباری‌ها، قابلیت نامناسب برای ارتقای رتبه).
۱J	کارکنان تمایل و رغبتی جهت تغییر و بهبود شرایط نشان نمی‌دهند و یا حاضر به همکاری و قبول زحمت در راستای بهبود اوضاع نیستند.

* Record: 9 of 11 No Filter Search

شکل ۷. تصویر صفحه ثبت پرسش‌های اصلی در تجزیه و تحلیل پیش شرایط و شناسایی اشکالات نهان

عنوان فارسی	معادل لاتین	علامت اختصاری
ارتباطات	Communication	CO
طراحی	Design	DE
سیستم‌های دفاعی	Defenses	DF
شرایط تحمیلی نامناسب	Error Enforcing Condition	EC
ضبط و ربط	Housekeeping	HK
سخت-افزار	Hardware	HW
اهداف ناسازگار	Incompatible Goals	IG
مدیریت تعمیر و نگهداری	Maintenance Management	MM
سازماندهی	Organization	OR
دستورالعمل‌های اجرایی	Procedures	PR
آموزش	Training	TR

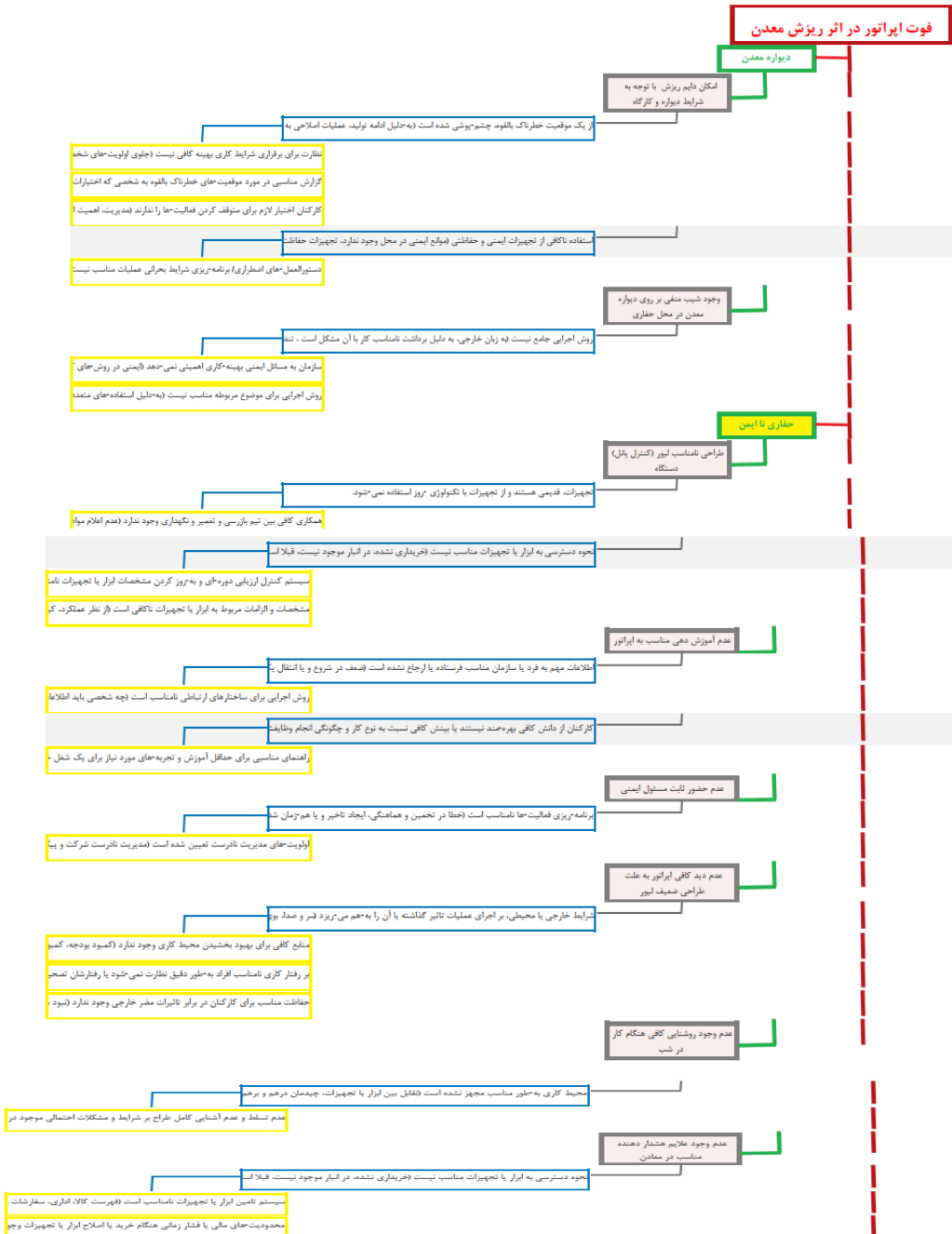
شکل ۸. تصویر صفحه ثبت لیست اشکالات نهان

مطالعه موردی: حادثه ریزش دیواره پله معدن

در ساعت ۲۴ شب، قربانی به منظور تعریض محوطه پله جبهه کار شرقی معدن، با دستگاه دریل واگن تام‌راک در حال حفاری چال انفجار بوده است. هنگام حفر آخرین چال، دیواره کنار پله ریزش کرده و اپراتور زیر آوار گرفتار و متاسفانه فوت می‌نماید. شواهد و یافته‌های بررسی سانحه به صورت زیر است:

- ۱- کارگر مذکور از حدود ۶ ماه پیش در کارگاه به عنوان اپراتور دریل واگن مشغول فعالیت بوده است.
- ۲- بنا بر اظهارات مسئول ایمنی کارگاه، با توجه به عدم وجود نیروی ایمنی کافی، مسئولیت ایمنی معادن این کارگاه در روز به مسئول معادن محول شده و در شیفت شب هم مسئول ایمنی ناظر بر فعالیت معادن می‌باشد.
- ۳- با توجه به وجود شیفت شب در محل سانحه و عدم استفاده از پروژکتور در سایت، نور کافی در هنگام کار در شب وجود نداشته و فقط به نور چراغ‌های دریل واگن اکتفا شده است.
- ۴- در محل حفاری، دیواره معدن دارای شیب منفی بوده و به وسیله کوچکترین تنش ایجاد شده، احتمال ریزش دیواره وجود دارد.
- ۵- بنا بر اظهارات مسئولین مربوطه، طراحی صفحه اپراتوری دریل واگن تام‌راک مدل CHA550 به گونه ای است که اپراتور مجبور است پشت به محل حفاری، دستگاه را هدایت نماید و در واقع محل حفاری را مشاهده نمی‌کند و این می‌تواند بسیار خطرناک و سانحه ساز باشد.
- ۶- در مسیرهای تردد کارگاه، علائم ایمنی و هشدار مشاهده نمی‌شود.

خروجی‌های نرم‌افزار بسیار متعدد است. در اینجا تصویر فلوجارت رسم شده توسط برنامه نشان داده شده است (شکل ۹). ضمناً به دلیل طولانی بودن متن آیتم‌ها، همه متن در باکس مربوطه ممکن است قابل مشاهده نباشد. اما در نرم‌افزار با دابل کلیک روی باکس، متن باکس به صورت کامل نمایش داده می‌شود.



شکل ۹. فلوجارت حادثه ریزش دیواره پله معدن

نتیجه‌ای که از بررسی حادثه در نرم‌افزار حاصل می‌شود، همان علت‌های ریشه‌ای حادثه هستند که در قسمت‌های مختلف نرم‌افزار از جمله فلوجارت نهایی می‌توان آنها را مشاهده کرد. در بحث مدیریت ایمنی، هدف همان یافتن علل ریشه‌ای هر حادثه است تا با برطرف کردن آنها از وقوع حوادث مشابه جلوگیری شود. این علل ریشه‌ای دقیقاً همان خروجی اصلی نرم‌افزار و نتیجه‌ی مطالعه هستند. مطالعه موردی حادثه ریزش دیواره پله معدن نیز به یافتن علل ریشه‌ای این حادثه انجامید. با بررسی و انجام مطالعات موردی، عملکرد صحیح، مطلوب و بدون باگ نرم‌افزار به تایید رسید.

نتیجه‌گیری

در مورد سوال و هدف اصلی این پژوهش که ارائه الگوی جامع تجزیه و تحلیل ریشه‌ای حوادث بود، یک نرم‌افزار جامع به این منظور تهیه شد. با توجه به سوابق پژوهش ذکر شده و روش‌های موجود برای تجزیه و تحلیل ریشه‌ای حوادث و مزایا و معایب آنها، مشخص است که نقایص زیادی در وضعیت فعلی موجود است. نقص اول مربوط به عدم وجود یک روش جامع و کامل و بدون عیب است و نقص دوم عدم وجود یک سیستم نظام‌مند، مثل یک نرم‌افزار یا الگو، که قابل استفاده برای کاربران معمولی باشد است. این پژوهش به دنبال برطرف کردن این نقایص است و در واقع همان‌طور که قبلاً گفته شد، این پژوهش به دنبال یک روش جدید است که از نقاط قوت روش‌های قبلی استفاده کند، نقاط ضعف آنها را پوشش دهد، بومی سازی شده باشد، برای کاربران عادی قابل استفاده باشد، هیچ جنبه‌ای از حادثه را جا نگذارد، برای روال اداری کشورمان قابل استفاده و تسهیل‌کننده باشد، کاربردی و موثر باشد، نتایج آن برای جلوگیری از حوادث مشابه، عینی و ملموس باشد و ارزش افزوده قابل توجهی به ارمغان آورد.

از آنجایی که ذهن انسان محدود است، وجود یک سری آیتم و پرسش به‌مانند یک چک‌لیست، در تشخیص علل و جنبه‌های مختلف حوادث کمک شایان توجهی می‌کند. بنابراین در این پژوهش، از ترکیب دو روش RCA و تریپود-بتا استفاده شده است. به این صورت که ابتدا روش RCA با اضافه کردن آیتم‌های متعدد تکمیل می‌شود و سپس این روش RCA که ارتقا یافته است با روش تریپود-بتا ترکیب می‌شود و حالت گرافیکی و بصری هم پیدا می‌کند. در واقع این دو روش کاملاً مکمل هم هستند و نقاط ضعف یکدیگر را پوشش می‌دهند. برای رفع نقص دوم، یک نرم‌افزار جامع و کامل تولید شده است که با طراحی آسان، برای کاربران معمولی قابل استفاده است و عمل تجزیه و تحلیل ریشه‌ای حوادث را به صورت یک فرایند گام‌به‌گام انجام داده و با خروجی‌های متعدد و متنوع، دست‌یابی به جنبه‌های مختلف و پنهان حوادث را ممکن می‌کند تا بتوان از وقوع حوادث مشابه جلوگیری کرد. ضمناً این نرم‌افزار بر اساس نیازهای پروژه‌های موجود در کشور عزیزمان طراحی شده است و کاملاً بومی، کاربردی و قابل استفاده برای ارگان‌های مختلف در تحلیل حوادث واقعی می‌باشد. علت اینکه از کلمه بومی استفاده می‌شود این است که در فرایند طراحی نرم‌افزار، قابل استفاده بودن آن برای کاربران کشورمان کاملاً در نظر گرفته شده است و همچنین انواع و اقسام خروجی‌ها، نتایج، فرم‌ها و موارد دیگری که در بررسی و پیگیری حوادث و در روال اداری مربوطه مورد نیاز است طراحی شده است.

References

- [1] Dadashi, M., & Mohammadi, F. (2019). Determining the right contractor for construction projects using the Analysis Hierarchical Process (AHP). *Karafan Journal*, 16(1), 93-106. (In Persian). https://karafan.nus.ac.ir/article_100534.html?lang=fa
- [2] Mansoorzadeh, S., & Nezami Pakdeh, M. (2019). A Comprehensive and Practical Model to Implement Risk Management in Construction Projects based on PMBOK Standard. *Karafan Journal*, 16(1), 35-52. (In Persian). https://karafan.nus.ac.ir/article_100530.html?lang=fa
- [3] Jarrahi, H., Khoddami, A. (2022). Presentation of Root Cause Analysis Pattern of Accidents, Case Study: Spalling, Falling and car accidents, Khatam-al Anbiya Construction Headquarters. (In Persian).
- [4] Heinrich, H. W. (1941). *Industrial accident prevention: A scientific approach*. (2nd ed.). New York and London: *McGraw-Hill Book Company, Inc.* <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19432701767>
- [5] Reason, J.T. (1997). The Contribution of Latent Human Failures to the Breakdown of Complex Systems. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 327, 475-84. <https://doi.org/10.1098/rstb.1990.0090>
- [6] Rasmussen, J. (1988). Human Error Mechanisms in Complex Work Environments. *Reliability Engineering & System Safety*, 22(1-4), 155-167. [https://doi.org/10.1016/0951-8320\(88\)90072-5](https://doi.org/10.1016/0951-8320(88)90072-5)
- [7] Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society: A modelling problem. *Safety Science*, 27, (2-3), 183-213. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(97\)00052-0](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(97)00052-0)
- [8] Hollnagel, E. (2002). Understanding accidents-from root causes to performance variability. *Proceedings of the IEEE 7th Conference on Human Factors and Power Plants*, <https://doi.org/10.1109/HFPP.2002.1042821>
- [9] Lehto, M.R. (1991). Salvendy, G. Models of accident causation and their application: Review and reappraisal. *Journal of Engineering and Technology Management*, 8(2), 173-205. [https://doi.org/10.1016/0923-4748\(91\)90028-P](https://doi.org/10.1016/0923-4748(91)90028-P)
- [10] Kjellén, U. (2000). *Prevention of Accidents through Experience Feedback*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b17206>
- [11] F Wagenaar, W.A., Groeneweg, J., Hudson, P.W., & Reason, J.T. (1997). Promoting safety in the oil industry, *Ergonomics* 37, 1999-2013. <https://doi.org/10.1080/00140139408964963>
- [12] Kim, H., Haugen, S., & Utne, I. (2016). Assessment of accident theories for major accidents focusing on the MV SEWOL disaster: Similarities, differences, and discussion for a combined approach. *Safety Science*, 82, 410-420. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.10.009>
- [13] Dahlke, G. (2015). Ergonomic Criteria in the Investigation of Indirect Causes of Accidents. *Procedia Manufacturing*, 3, 4868-4875. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.614>
- [14] S Dien, Y., Dechy, N., & Guillaume, E. (2012). Accident investigation: From searching direct causes to finding in-depth causes – Problem of analysis or/and of analyst? *Safety Science*, 50(6), 1398-1407. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.12.010>
- [15] Lundberg, J., Rollenhagen, C., & Hollnagel, E. (2009). What-You-Look-For-Is-What-You-Find – The consequences of underlying accident models in eight accident investigation manuals. *Safety Science*, 47(10), 1297-1311. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.01.004>

- [16] Meng, Z., Vladislav, K., & Dragan, K. (2014). Investigation of haul truck-related fatal accidents in surface mining using fault tree analysis. *Safety Science*, 65, 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.01.005>
- [17] Sahebi, M. (2023). Modeling of Factors Affecting the Prevention of Accidents in Construction Sites Using Structural Equation. *Karafan Journal*, 20(3), 595-616. (In Persian). <https://doi.org/10.48301/kssa.2024.406374.2631>