Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 6, Issue 3, Autumn 2019, Pages: 9-19

Original Article

doi: 10.52547/johe.6.3.9

# Analysis of the Amputation-leading Accidents during a Mechanical Excavator Repair Using the Tripod Beta and SCAT Combined Method in a Dam Construction Project

**Saeed Karimi[1], Hamidreza Jafari[2], Saeed Alizadeh Anbardan[3,*], Zahra Kashitarash Esfahani[4], Toraj Nasr Abadi[5]**

[1] *Assistant Professor, Faculty of Environment, Campus Faculties of Engineering, Tehran University, Tehran, Iran*
[2] *Professor, Faculty of Environment, Campus Faculties of Engineering, Tehran University, Tehran, Iran*
[3] *MSc Student in Health, Safety, and Environment, Faculty of Environment, Campus Faculties of Engineering, Tehran University, Tehran, Iran*
[4] *PhD in Environmental Engineering, Technical and Engineering Campus of Shahid Abbaspoor, Faculty of Civil, Water, and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran*
[5] *Associate Professor, Faculty of Environment, Campus Faculties of Engineering, Tehran University, Tehran, Iran*

**** Corresponding Author:*** *Saeed Alizadeh Anbardan, Faculty of Environment, Campus Faculties of Engineering, Tehran University, Tehran, Iran. Email: alizadeh.hse@gmail.com*

**Received:** 27/06/2019
**Accepted:** 02/09/2019

**How to Cite this Article:**
Karimi S, Jafari H, Alizadeh Anbardan S, Kashitarash Esfahani Z, Nasr Abadi T. Analysis of the Amputation-leading Accidents during a Mechanical Excavator Repair Using the Tripod Beta and SCAT Combined Method in a Dam Construction Project. *J Occup Hyg Eng*. 2019; 6(3): 9-19. DOI: 10.52547/johe.6.3.9

## Abstract

**Background and Objective:** It is of utmost importance to analyze the causes of accidents to control and prevent their recurrences.This study aimed at analyzing the causes of amputation-leading accidents in a dam construction project using a Tripod beta and SCAT Combined Method.

**Materials and Methods:** This study analyzed the data related to amputation-leading accidents using a Tripod beta and SCAT Combined Method. Initially, the interface and root causes were obtained by the Tripod beta Method and were subsequently placed in SCAT cause and effect table along with the suggested control provisions. In addition, the data were collected using questionnaires, and the effect of the causes of accidents and their ranks were evaluated using the Chi-Square and Friedman tests, respectively. Accordingly, appropriate control measures and necessary suggestions were provided in this study.

**Results:** According to the results, the underlying causes were classified into 6 categories. Maintenance management (25%) and training (20%) obtained the first and second ranks. On the other hand, the executive instructions (5%) obtained the lowest rank. Moreover, 13 preconditions were determined in this study. The most important indirect and root causes were "inappropriate machine lifting (rank: 2.69)" and "the erosion and excessive deterioration of the mechanical excavator (rank: 4.55)", respectively. Furthermore, the most important control measure was "the inspection and control of the operation (the mean rank: 5.05)". There was also a significant relationship between indirect and root causes. A P-value less than 0.001 was considered statistically significant.

**Conclusion:** The combined method presented in this study has met the needs of different organizations in many cases and is currently one of the most important methods to analyze the accident causes. Therefore, it is suggested to combine the SCAT with other methods to analyze the causes of accidents in dam and construction projects.

**Keywords:** Accident Causes; Combined Method; Dam Construction; SCAT; Tripod Beta

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOI: 10.52547/johe.6.3.9 ]

**Copyright** © 2019 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

مقاله پژوهشی

doi: 10.52547/johe.6.3.9

# بررسی و آنالیز حادثه منجر به نقص عضو حین تعمیر بیل مکانیکی به روش ترکیبی تریپود بتا (Tripod Beta) و SCAT در یک پروژه سدسازی

سعید کریمی[۱]، حمیدرضا جعفری[۲]، سعید علی‌زاده انباردان[۳،*]، زهرا کاشی تراش اصفهانی[۴]، تورج نصرآبادی[۵]

[۱] استادیار، دانشکده محیط زیست، پردیس فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

[۲] استاد، دانشکده محیط زیست، پردیس فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد HSE، دانشکده محیط زیست، پردیس فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

[۴] دکتری تخصصی مهندسی محیط زیست، پردیس فنی مهندسی شهید عباس‌پور، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

[۵] دانشیار، دانشکده محیط زیست، پردیس فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

* **نویسنده مسئول:** سعید علی‌زاده انباردان، دانشکده محیط زیست، پردیس فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. ایمیل: alizadeh.hse@gmail.com

**تاریخ دریافت مقاله:** ۱۳۹۸/۰۴/۰۶

**تاریخ پذیرش مقاله:** ۱۳۹۸/۰۶/۱۱

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

## چکیده

**سابقه و هدف:** آنالیز دلایل حوادث به‌منظور پیشگیری از رخداد مجدد آن‌ها امری ضروری می‌باشد. در این ارتباط، مطالعه حاضر با هدف آنالیز دلایل حادثه بحرانی پروژه سدسازی با استفاده از روش تریپود بتا- اسکات انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه داده‌های حادثه بحرانی به روش ترکیبی تریپود بتا- اسکات تجزیه و تحلیل شدند. بدین‌صورت که دلایل واسط و ریشه‌ای به‌دست‌آمده از تریپود بتا به همراه اقدامات کنترلی پیشنهادی در جدول علت و معلولی اسکات جای‌گذاری گردیدند. سپس نتایج حاصل از پرسشنامه گردآوری شدند و علل وقوع حوادث از طریق آزمون کای دو بررسی گردید. رتبه‌بندی آن‌ها نیز از طریق آزمون Friedman صورت گرفت و براساس دلایل وقوع حادثه، اقدامات کنترلی و پیشنهادات ارائه گردید.

**یافته‌ها:** در پژوهش حاضر اشکالات نهان در شش گروه جای گرفتند و از مجموع موارد شناسایی‌شده، مدیریت تعمیر و نگهداری با ۲۵ درصد و آموزش با ۲۰ درصد بالاترین رتبه را کسب نمودند و دستورالعمل‌های اجرایی با ۵ درصد کمترین رتبه را به خود اختصاص دادند. تعداد ۱۳ مورد پیش‌شرایط نیز شناسایی شدند. مهم‌ترین علت سطحی، بلندکردن نامناسب دستگاه (میانگین رتبه ۲/۶۹)؛ مهم‌ترین علت ریشه‌ای، فرسایش و استهلاک بالای بیل مکانیکی (میانگین رتبه ۴/۵۵)؛ مهم‌ترین اقدام کنترلی، نظارت، بازرسی و کنترل عملیات (میانگین رتبه ۵/۰۵) بود. شایان ذکر است که بین دلایل سطحی و ریشه‌ای ارتباط معناداری وجود داشت (P= ۰/۰۰۱ و ضریب همبستگی ۰/۶۰۸).

**نتیجه‌گیری:** روش ترکیبی در بسیاری از موارد نیاز سازمان‌ها را برآورده می‌کند و در حال حاضر یکی از مهم‌ترین روش‌های ریشه‌یابی حوادث می‌باشد؛ از این رو انجام مطالعات مشابه از قبیل ترکیب روش اسکات با سایر روش‌ها در آنالیز دلایل حوادث سدسازی پیشنهاد می‌گردد.

**واژگان کلیدی:** اسکات؛ تریپود بتا؛ دلایل حوادث؛ روش ترکیبی؛ سدسازی

## مقدمه

حادثه یک اتفاق یا واقعه ناخواسته می‌باشد که منجر به مرگ، بیماری، جراحت، صدمه و یا سایر خسارات می‌گردد [۱،۲]. در پروژه‌های ساختمان‌سازی در اروپا به ازای هر ۲۰ میلیون نفر ساعت کار، در کره جنوبی به ازای هر ۱۳ میلیون نفر ساعت کار و در ترکیه به ازای هر ۸ میلیون نفر ساعت کار، یک حادثه منجر به فوت رخ می‌دهد. این درحالی است که در کشور ما به ازای هر ۲ تا ۳ میلیون نفر ساعت کار، یک حادثه منجر به فوت اتفاق می‌افتد [۳]. این حوادث ضایعات فراوانی را برای جامعه، سازمان و کارکنان به همراه می‌آورند و می‌توانند منجر به ازدست‌رفتن وقت و سرمایه انسانی و مادی بسیاری گردند؛ از این رو فرایند بررسی و تجزیه و تحلیل یک حادثه که منجر به شناسایی و تعیین دلایل وقوع آن شده و در نهایت موجب پیشگیری از وقوع مجدد آن می‌گردد، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است و علاوه بر سود، بهره‌وری و کنترل ضرر و زیان



[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOI: 10.52547/johe.6.3.9 ]

موجب تأمین ایمنی و حفظ جان و سلامت نیروهای متخصص خواهد شد [۴،۵].

روش‌های مختلفی از قبیل Tripod beta، MTO (Man Technology Organization)، MORT (Management Oversight and Risk Tree)، Acci Map (Accident Map)، CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method)، SOL (Safety Through Organizational Learning)، HFACS (Human Factors Analysis and Classification System) و STAMP (Systems-Theoretic Accident Model and Process) برای تجزیه و تحلیل دلایل حوادث طراحی و توسعه داده شده‌اند؛ اما هریک از روش‌های موجود دارای نقاط قوت و ضعف می‌باشند و روشی که بتواند تمام معیارهای مورد نظر یک سازمان را پوشش دهد، وجود ندارد [۴،۵].

در این راستا در مطالعه‌ای که Strömgren و همکاران انجام دادند، نه روش تجزیه و تحلیل حادثه را براساس معیارهایی مانند فرمت خروجی، اعتبار روش، میزان آموزش مورد نیاز برای کار با روش و میزان راهنمایی‌هایی که یک روش برای فازهای مختلف پژوهش حادثه ارائه می‌دهد، مورد مقایسه قرار دادند [۶]. Dien و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مطالعه خود به وضعیت و محدودیت برخی از روش‌های تجزیه و تحلیل حادثه شامل: TRIPOD، MTO، MORT، Acci map، CREAM و SOL اشاره کردند [۷]. علاوه‌براین، نصرآبادی و نعمت‌اللهی (۱۳۹۴) با استفاده از روش ترکیبی Ishikawa و SCAT (Systematic Cause Analysis Technique) اصلی‌ترین علت واسط بروز حوادث منجر به قطع عضو در کار با دستگاه‌های پرس در یک شرکت خودروسازی را مورد بررسی قرار دادند و بیان نمودند که عجله و شتاب در کار از اصلی‌ترین دلایل واسط در بروز حوادث می‌باشند [۸]. رضایی مهنی و همکاران (۱۳۹۴) نیز در پژوهشی با ترکیب دو روش آنالیز درخت خطا و تریپود بتا، دلایل وقوع حادثه برخورد دو قطار شهری را مورد بررسی قرار دادند [۹]. همچنین در مطالعه محمدفام و همکاران اشاره شده است که رعایت اصول ایمنی و اعمال روش‌های مدیریتی می‌تواند نقش مهمی در کاهش حوادث داشته باشد [۱۰]. همت‌جو و همکاران نیز با بررسی دلایل ریشه‌ای حوادث شغلی به روش اسکات در کارخانجات ریخته‌گری آذربایجان شرقی بیان نمودند که نگرش سطحی به مسائل ایمنی، سیستم حفاظتی نامناسب، بی‌احتیاطی و سرپرستی نامناسب عمده‌ترین دلایل ریشه‌ای حوادث می‌باشند [۱۱].

در کشور ما مطالعات گوناگونی در زمینه بررسی دلایل بروز حوادث شغلی در صنایع مختلف از قبیل خودروسازی، نفت، گاز و غیره انجام شده است؛ اما با توجه به بررسی‌های انجام شده، تاکنون هیچ پژوهش مدونی در ارتباط با پیشنهاد روش بهینه تجزیه و تحلیل دلایل حوادث در پروژه‌های احداث و سدسازی صورت نگرفته است و متأسفانه سیستم مدیریتی به‌منظور ریشه‌یابی حوادث به‌ویژه در صنایع احداث و سدسازی وجود ندارد. در این ارتباط، Asikoglu در مطالعه خود در سال ۲۰۱۷ بیان نموده است که تقریباً هیچ مطالعه‌ای در مورد سلامت و ایمنی شغلی در سازه‌های سد وجود ندارد [۱۲]؛ از این رو با توجه به حساسیت بالای ایمنی در صنایع سدسازی و با درنظرگرفتن گستره وسیع پیامدهای ناگوار، نیاز به پایش مستمر، تقویت شناسایی، ارزیابی، کاهش و در صورت امکان حذف مخاطرات در این زمینه احساس می‌گردد و مشخص می‌باشد که با تحلیل صحیح و شناسایی عوامل و دلایل بروز حوادث شغلی در صنعت سد سازی می‌توان در راستای بهبود وضعیت ایمنی در این محیط‌های کاری گام برداشت. در این ارتباط، پژوهش حاضر با هدف استفاده از ترکیب دو روش تریپود بتا و اسکات به‌منظور شناسایی و ریشه‌یابی دلایل یک حادثه منجر به قطع عضو در حین تعمیر بیل مکانیکی در یک پروژه بزرگ سدسازی و پرداختن به جزئیات جهت ردیابی‌کردن ریشه‌های حادثه در عمق لایه‌های سازمانی برای جلوگیری از وقوع حوادث تکراری مشابه و ارائه اقدامات اصلاحی و راه‌کارهایی به‌منظور کاهش حوادث در آینده و پیشگیری از وقوع مجدد حوادث انجام شد.

## مواد و روش‌ها

پژوهش تحلیلی حاضر در ارتباط با یکی از پروژه‌های سدسازی کشور با استفاده از ترکیب دو روش تریپود بتا و اسکات به‌منظور تجزیه و تحلیل یکی از حوادث منجر به قطع عضو انجام شد.

**گام اول:** در این مرحله جمع‌آوری اطلاعات حوادث بحرانی از طریق مطالعه مستندات مربوط به حوادث سال‌های اخیر صورت گرفت و پس از آن یک حادثه بحرانی به‌منظور تجزیه و تحلیل انتخاب شد. این حادثه مربوط به قطع مچ پای یک تعمیرکار که درحال تعمیر شنی یک دستگاه بیل مکانیکی بوده است، می‌باشد. اطلاعات مربوط به حادثه رخداده با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته از پرونده حادثه، تحلیل گزارش آن و استفاده از نظر خبرگان و متخصصان در مورد عوامل و شاخص‌های تأثیرگذار با استفاده از روش مشاهده، مصاحبه و بررسی (Walking-Talking-Through) جمع‌آوری گردیدند (شکل ۱).

**گام دوم:** تجزیه و تحلیل حادثه مذکور با استفاده از روش تریپود بتا

این روش که ساختاری درخت‌واره‌ای دارد، طی مراحل زیر مورد بررسی و آنالیز قرار گرفت:

رسم درخت‌واره و تعیین سه عامل مخاطره (عامل تغییر) (Agent of Change)، هدف (Object) و رویداد (Event)

در فاز دوم ساخت این درخت‌واره، موانع و اقدامات کنترلی ضروری که وجود نداشته و یا به‌صورت اشتباه عمل کرده‌اند، به

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOI: 10.52547/johe.6.3.9 ]

آن اضافه شدند.

در فاز نهایی، مسیرهای علت بروز حادثه (دلایل مستقیم یا بی‌واسطه، اشکالات سطحی یا اعمال ناایمن، شرایط ناایمن، پیش‌شرایط و دلایل ریشه‌ای یا پنهان) برای هر رویداد نمایش داده شد.

**گام سوم:** راستی‌آزمایی براساس روش اسکات

خروجی دلایل وقوع حادثه مذکور در سه گروه دلایل مستقیم، دلایل واسط و دلایل ریشه‌ای به همراه اقدامات کنترلی در جدول اسکات جای‌گذاری شدند و با استفاده از روش اسکات، راستی‌آزمایی گردیدند. در روش اسکات یک نمودار با پنج بلوک ترسیم می شود که بلوک اول برای توصیف حادثه می‌باشد. در بلوک دوم دسته‌بندی‌های رایج مواجهه‌هایی که می‌توانند منجر به بروز حادثه گردند، ارائه می شود. بلوک سوم لیستی از دلایل بی‌واسطه رایج در بروز حادثه که به دو دسته کلی اعمال ناایمن و شرایط ناایمن تقسیم می شوند را نشان می‌دهد. بلوک چهارم به شناسایی دلایل پایه‌ای حادثه می‌پردازد که شامل دو بخش فاکتورهای شخصی و فاکتورهای شغلی می‌باشد. بلوک پنجم یا پایانی نیز اقدامات کنترلی ضروری را که برای پیشگیری از وقوع مجدد حادثه لازم می‌باشند، ارائه می‌نماید.

گام چهارم: در نهایت با توجه به جدول علت و معلولی اسکات و با استفاده از نظرات خبرگان، پرسشنامه‌ای با منطق پنج درجه‌ای لیکرت (کاملاً موافقم، موافقم، نظری ندارم، مخالفم و کاملاً مخالفم) به‌منظور شناسایی دلایل سطحی، دلایل ریشه‌ای و اقدامات کنترلی مورد نیاز تدوین گردید. شایان ذکر است که با رجوع به نظرات ۱۰ نفر از خبرگان، نسبت به روایی پرسشنامه در راستای سنجش متغیرهای پژوهش اطمینان حاصل گردید. این متخصصان از کارشناسان رشته ایمنی و بهداشت کار با سابقه حداقل ۱۵ سال در پروژه‌های عمرانی انتخاب شدند. به‌منظور بررسی پایایی پرسشنامه نیز از ضریب آلفای کرونباخ بهره گرفته شد و برای محاسبه آن از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده گردید.

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1}\right)\left(1-\frac{\sum_{i=1}^{k} S_i^2}{S^2}\right)$$

α = ضریب الفای کرونباخ  k= تعداد سوالات یا گویه های پرسشنامه

$S^2$: واریانس جمع نمره های هر پاسخگو  $S_i^2$ : واریانس نمرات مربوط به گویه شماره i

| نام و نام خانوادگی: | تحصیلات و رشته تحصیلی: | تاریخ: |
|---|---|---|
| | | |

**شرح حادثه:**

در یک پروژه عمرانی در شیفت شب و حوالی ساعت ۱:۳۰ بامداد، زنجیر یکدستگاه بیل مکانیکی چرخ زنجیری (لیوگانگ چینی) فعال در کارگاه دچار نقص می شود. بعلت فشار کاری، دستور داده می شود که دستگاه در همان زمان و محل خرابی که مجاور پرتگاه و در سراشیبی بوده تعمیر گردد. لذا با فراخواندن تعمیرکار کارگاه، عملیات تعمیر آغاز می شود. جهت انجام تعمیرات به اپراتور بیل اعلام می گردد که با قراردادن باکت بیل بر روی زمین، نسبت به بالا آوردن شنی جلوی دستگاه اقدام نماید تا تعمیرکار بتواند تعمیرات را انجام دهد. در حالیکه تعمیرکار مشغول فعالیت بوده بطور ناگهانی با لغزش سنگها، بیل مکانیکی بر روی هر پای تعمیرکار سقوط می نماید و پای راست ایشان از مچ قطع می شود.

علل غیر مستقیم (عمل ناایمن/ شرایط ناایمن)

| ردیف | سوال | کاملا مخالف | مخالف | بی نظر | موافق | کاملا موافق |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | بلند کردن نامناسب دستگاه | | | | | |
| ۲ | موقعیت نامناسب برای انجام تعمیرات | | | | | |
| ۳ | حفاظ یا موانع ناکافی | | | | | |
| ۴ | روشنایی ناکافی محیط کار | | | | | |

علل پایه ای (علل ریشه ای)

| ردیف | سوال | کاملا مخالف | مخالف | بی نظر | موافق | کاملا موافق |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | خستگی ناشی از فشار یا مدت کار | | | | | |
| ۲ | فقدان مهارت و تجربه | | | | | |
| ۳ | فقدان آگاهی و آموزش ناکافی | | | | | |
| ۴ | فقدان روش اجرایی تعمیرات و نگهداری | | | | | |
| ۵ | نظارت ناکافی | | | | | |
| ۶ | تعمیر و نگهداری ناکافی | | | | | |
| ۷ | فرسایش و استهلاک بیش از حد بیل مکانیکی | | | | | |

اقدامات کنترلی موردنیاز

| ردیف | سوال | کاملا مخالف | مخالف | بی نظر | موافق | کاملا موافق |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | سیستم تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه | | | | | |
| ۲ | سیستم بررسی رویداد/ حادثه | | | | | |
| ۳ | سیستم آنالیز رویداد/ حادثه | | | | | |
| ۴ | سیستم مجوز کار ایمن | | | | | |
| ۵ | آموزش مهارت و آگاهی | | | | | |
| ۶ | شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک | | | | | |
| ۷ | بازرسی، نظارت وکنترل عملیات | | | | | |
| ۸ | بررسی صلاحیت افراد پیش از استخدام | | | | | |

**شکل ۱:** پرسشنامه روش ترکیبی تریپود بتا- اسکات

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOI: 10.52547/johe.6.3.9 ]

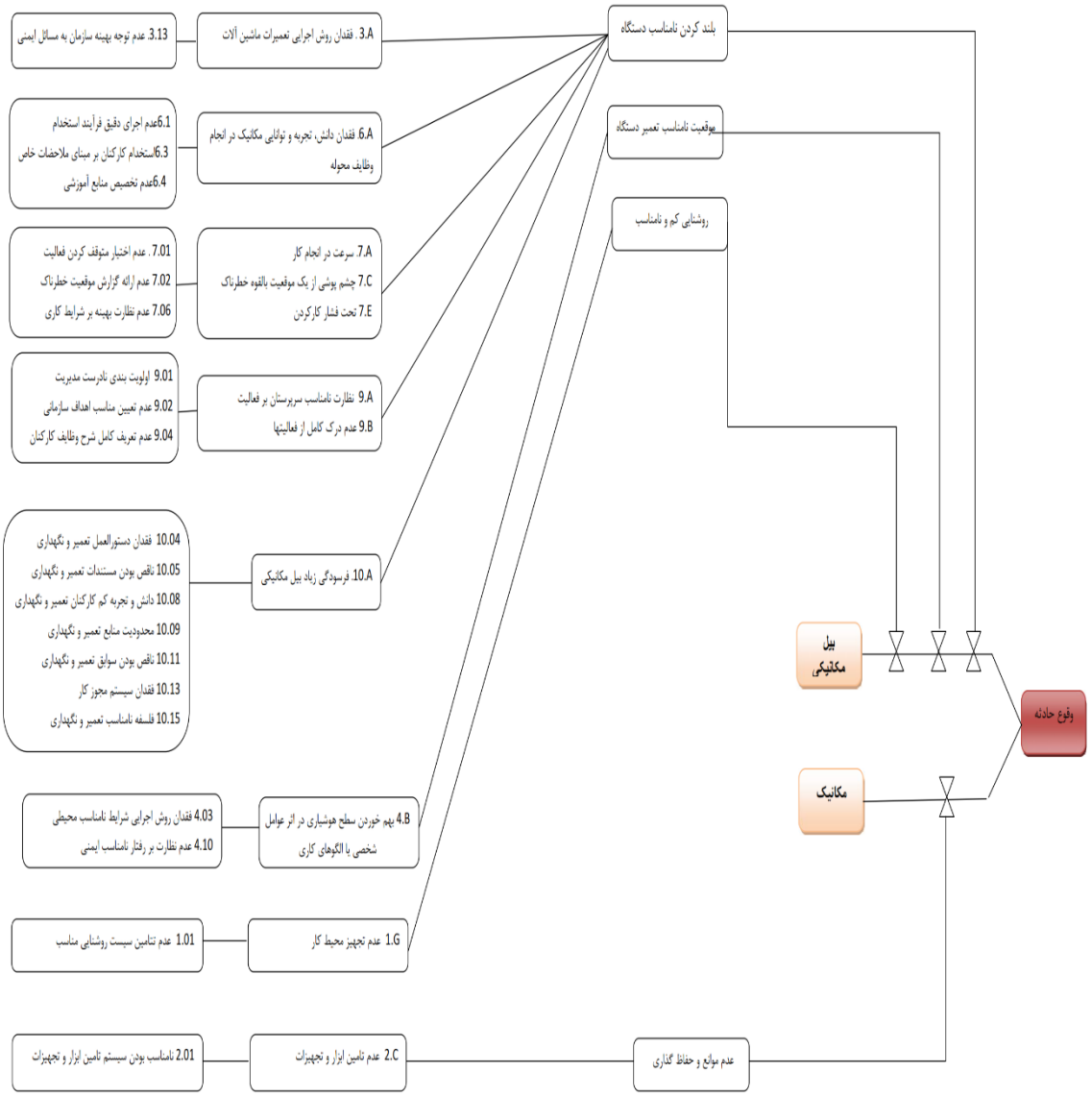
مقدار این شاخص بین "۰ تا ۱" در نوسان می‌باشد. وضعیت مطلوب هنگامی به‌دست می‌آید که این مقدار نزدیک به ۱ باشد. در ادامه، جامعه آماری تعیین گردید و حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران به شرح زیر تعیین شد. سپس، پرسشنامه بر مبنای حجم نمونه محاسبه‌شده توزیع گردید و نتایج حاصل از آن گردآوری شد. در نهایت، بررسی تأثیر دلایل وقوع حوادث از طریق آزمون کای دو و رتبه‌بندی آن‌ها از طریق آزمون Friedman صورت گرفت و براساس دلایل وقوع حوادث، اقدامات کنترلی متناسب تهیه شد و پیشنهادات لازم ارائه گردید.

$$n=\frac{\frac{z^2pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}\left(\frac{z^2pq}{d^2}-1\right)}$$

در رابطه فوق n= حجم نمونه، N= حجم جمعیت آماری، Z= درصد خطای معیار ضریب اطمینان قابل‌قبول، p= نسبتی از جمعیت فاقد صفت معین (به‌عنوان مثال جمعیت مردان)، q= نسبتی از جمعیت فاقد صفت معین (به‌عنوان مثال جمعیت زنان) q=(1-p) و d= درجه اطمینان یا دقت احتمالی مطلوب می‌باشد. علاوه‌براین، d می‌تواند معادل ۰/۰۵ یا ۰/۰۱ باشد. Z نیز معمولاً معادل ۱/۹۶ بوده و مقدار p و q برابر با ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود.

## یافته‌ها

مطابق با نمودار ۱، دلایل ریشه‌ای مربوط به رخداد حادثه، سه نقص سیستم کنترلی (شامل: بلندکردن نامناسب دستگاه، تعمیر دستگاه در محل نامناسب و روشنایی ناکافی) و یک نقص سیستم دفاعی (عدم وجود حفاظ یا موانع کافی) و در ادامه پیش‌شرایط و اشکالات پنهان حادثه به روش تریپود بتا مشخص گردید.




**نمودار ۱:** درخت‌واره تجزیه و تحلیل حادثه قطع عضو به روش تریپود بتا

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOI: 10.52547/johe.6.3.9 ]

همان‌طور که در جدول ۱ و نمودار ۱ نشان داده شده است، در تجزیه و تحلیل حادثه منتخب به روش تریپود بتا، اشکالات نهان در شش گروه شامل: شرایط تحمیلی نامناسب (چهار مورد)، اهداف ناسازگار (دو مورد)، مدیریت تعمیر و نگهداری (پنج مورد)، دستورالعمل‌های اجرایی (یک مورد)، آموزش (چهار مورد) و سازماندهی (سه مورد) شناسایی شده و ثبت گردیدند. از مجموع ۲۰ مورد اشکالات نهان شناسایی‌شده، مدیریت تعمیر و نگهداری با ۲۵ درصد (پنج مورد) و آموزش با ۲۰ درصد (چهار مورد) بالاترین رتبه‌ها را به خود اختصاص دادند و دستورالعمل‌های اجرایی هرکدام با ۵ درصد (یک مورد) کمترین رتبه را کسب نمودند. علاوه‌براین، ۱۳ مورد پیش‌شرایط نیز شناسایی شدند.

در این پژوهش دلایل مستقیم، سطحی، ریشه‌ای و متعاقب آن‌ها اقدامات کنترلی پیشنهادی شامل: اقدامات کنترلی فنی-مهندسی و مدیریتی جهت ایمن‌سازی و پیشگیری از وقوع حوادث مشابه مجدد با استفاده از پرسشنامه تهیه‌شده با استفاده از نظر خبرگان رشته ایمنی و بهداشت کار تعیین گردید. پایایی پرسشنامه نیز با استفاده از روش آلفای کرونباخ معادل ۰/۹۵ در نظر گرفته شد.

شایان ذکر است که تمامی (۱۰۰ درصد) افراد تکمیل‌کننده پرسشنامه، به دلیل مستقیم حادثه (سقوط بیل مکانیکی) پاسخ مثبت دادند.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، سطح معناداری آزمون کای دو در تمامی موارد از مقدار ۰/۰۵ کوچکتر می‌باشد که نشان‌دهنده وجود تفاوت معنادار در فراوانی پاسخ‌های ارائه‌شده افراد در مورد تأثیر هریک از دلایل سطحی حادثه منجر به قطع عضو است. با توجه به فراوانی‌ها مشخص شد که از دیدگاه افراد پاسخ‌دهنده، تمامی موارد بالا در بروز حادثه نقش مثبت داشته‌اند. در ادامه، دلایل سطحی حادثه (دلایل غیرمستقیم) به‌منظور تعیین میزان اهمیت آن‌ها رتبه‌بندی گردید. به‌منظور انجام این رتبه‌بندی از آزمون Friedman استفاده شد. همان‌طور که در جدول ۳ مشخص می‌باشد، سطح معناداری آزمون

**جدول ۱:** نمایش نتایج حاصل از بررسی دلایل ریشه‌ای بروز حادثه به روش تریپود بتا

| ردیف | طبقه‌بندی اشکالات نهان | پیش‌شرایط | اشکالات نهان |
|---|---|---|---|
| ۱ | شرایط تحمیلی نامناسب | • تأثیر شرایط محیطی بر اجرای عملیات<br>• تأثیر عوامل شخصی یا الگوهای کاری بر سطح هوشیاری<br>• کاهش توجه ناشی از مشکلات به کار مربوطه | • فقدان روش اجرایی مناسب جهت کار در شرایط محیطی مختلف<br>• فقدان نظارت مناسب بر رفتار کاری کارکنان<br>• فقدان مدیریت شرایط کاری نامناسب<br>• عدم شناسایی شرایط کاری نامناسب |
| ۲ | اهداف ناسازگار | • چشم‌پوشی از موقعیت بالقوه خطرناک<br>• تحت فشار کارکردن افراد<br>• سرعت در انجام کار و عملیات | • فقدان اختیارات لازم برای متوقف‌نمودن فعالیت<br>• عدم نظارت بر برقراری شرایط کاری ایمن |
| ۳ | مدیریت تعمیر و نگهداری | • خرابی و فرسودگی تجهیزات | • فقدان دستورالعمل اجرایی تعمیر و نگهداری مناسب<br>• سطح پایین دانش و تجربه کارکنان تعمیر و نگهداری<br>• فقدان سیستم مجوز کار برای عملیات تعمیر و نگهداری<br>• نامناسب‌بودن فلسفه تعمیر و نگهداری<br>• محدودیت‌های منابع جهت تعمیر و نگهداری مناسب |
| ۴ | دستورالعمل‌های اجرایی | • فقدان روش اجرایی | • اهمیت‌ندادن کافی سازمان به مسائل ایمنی |
| ۵ | آموزش | • فقدان دانش کافی کارکنان نسبت به انجام وظایف محول‌شده<br>• فقدان تجربه کافی کارکنان نسبت به انجام وظایف محول‌شده<br>• فقدان توانایی کافی کارکنان نسبت به انجام وظایف محول‌شده | • استخدام کارکنان براساس ملاحظات خاص<br>• عدم وجود فرایند بهینه استخدام کارکنان<br>• عدم تخصیص منابع کافی برای آموزش کارکنان<br>• فقدان پرونده آموزشی و ارتقای شغلی کارکنان |
| ۶ | سازماندهی | • نظارت نامناسب بر فعالیت کارکنان<br>• عدم درک کامل از کلیه فعالیت‌های شرکت | • اولویت‌بندی نادرست مدیریت<br>• اهداف سازمانی نامناسب<br>• عدم تعریف شرح وظایف |

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOI: 10.52547/johe.6.3.9 ]

**جدول ۲:** توزیع فراوانی دلایل سطحی حادثه

| گویه سؤالات | شاخص | کاملاً مخالف | مخالف | بدون نظر | موافق | کاملاً موافق | آماره | df | سطح معناداری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بلندکردن نامناسب دستگاه | فراوانی | ۴۱ | ۲۲ | ۵ | ۷ | ۶ | ۵۹/۴۳ | ۴ | ۰/۰۰۰۱ |
| | درصد | ۵۰/۶ | ۲۷/۲ | ۶/۲ | ۸/۶ | ۷/۴ | | | |
| موقعیت نامناسب برای انجام تعمیرات | فراوانی | ۳۷ | ۲۱ | ۱۱ | ۷ | ۵ | ۳۹/۱۸ | ۴ | ۰/۰۰۰۱ |
| | درصد | ۴۵/۷ | ۲۵/۹ | ۱۳/۶ | ۸/۶ | ۶/۲ | | | |
| حفاظ یا موانع ناکافی | فراوانی | ۴۱ | ۱۸ | ۸ | ۸ | ۶ | ۵۲/۸۸ | ۴ | ۰/۰۰۰۱ |
| | درصد | ۵۰/۶ | ۲۲/۲ | ۹/۹ | ۹/۹ | ۷/۴ | | | |
| روشنایی ناکافی محیط کار | فراوانی | ۲۶ | ۲۲ | ۱۳ | ۱۱ | ۹ | ۱۳/۵۰ | ۴ | ۰/۰۰۹ |
| | درصد | ۳۲/۱ | ۲۷/۲ | ۱۶ | ۱۳/۶ | ۱۱/۱ | | | |

**جدول ۳:** رتبه‌بندی دلایل سطحی حادثه

| گویه سؤالات | میانگین رتبه | رتبه تأثیرگذاری | آماره | df | سطح معناداری |
|---|---|---|---|---|---|
| بلندکردن نامناسب دستگاه | ۲/۶۹ | ۱ | ۴۷/۹۳ | ۳ | ۰/۰۰۰۱ |
| موقعیت نامناسب برای انجام تعمیرات | ۲/۵۶ | ۳ | | | ۰/۰۰۰۱ |
| حفاظ یا موانع ناکافی | ۲/۶۱ | ۲ | | | ۰/۰۰۰۱ |
| روشنایی ناکافی محیط کار | ۲/۱۴ | ۴ | | | ۰/۰۰۰۱ |

**جدول ۴:** توزیع فراوانی دلایل ریشه‌ای حادثه

| گویه سؤالات | شاخص | کاملاً مخالف | مخالف | بدون نظر | موافق | کاملاً موافق | آماره | df | سطح معناداری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خستگی ناشی از فشار یا مدت کار | فراوانی | ۶ | ۱۶ | ۸ | ۲۹ | ۲۲ | ۲۲/۷۶ | ۴ | ۰/۰۰۰ |
| | درصد | ۷/۴ | ۱۹/۸ | ۹/۹ | ۳۵/۸ | ۲۷/۲ | | | |
| فقدان مهارت و تجربه | فراوانی | ۷ | ۷ | ۶ | ۲۹ | ۳۲ | ۴۲/۳۹ | ۴ | ۰/۰۰۰ |
| | درصد | ۸/۶ | ۸/۶ | ۷/۴ | ۳۵/۸ | ۳۹/۵ | | | |
| فقدان آگاهی و آموزش ناکافی | فراوانی | ۵ | ۹ | ۷ | ۳۲ | ۲۸ | ۴۰/۱۷ | ۴ | ۰/۰۰۰ |
| | درصد | ۶/۲ | ۱۱/۱ | ۸/۶ | ۳۹/۵ | ۳۴/۶ | | | |
| فقدان روش اجرایی تعمیرات و نگهداری مناسب | فراوانی | ۸ | ۸ | ۹ | ۲۱ | ۳۵ | ۳۴/۷۱ | ۴ | ۰/۰۰۰ |
| | درصد | ۹/۹ | ۹/۹ | ۱۱/۱ | ۲۵/۹ | ۴۳/۲ | | | |
| نظارت ناکافی | فراوانی | ۱۰ | ۹ | ۷ | ۳۰ | ۲۵ | ۲۷/۳۳ | ۴ | ۰/۰۰۰ |
| | درصد | ۱۲/۳ | ۱۱/۱ | ۸/۶ | ۳۷ | ۳۰/۹ | | | |
| تعمیر و نگهداری ناکافی | فراوانی | ۱۶ | ۲۰ | ۶ | ۱۸ | ۲۱ | ۸/۹۳ | ۴ | ۰/۰۶۳ |
| | درصد | ۱۹/۸ | ۲۴/۷ | ۷/۴ | ۲۲/۲ | ۲۵/۹ | | | |
| فرسایش و استهلاک بیش از حد دستگاه | فراوانی | ۵ | ۶ | ۸ | ۲۸ | ۳۴ | ۴۶/۴۶ | ۴ | ۰/۰۰۰ |
| | درصد | ۶/۲ | ۷/۴ | ۹/۹ | ۳۴/۶ | ۴۲ | | | |

Friedman کمتر از ۰/۰۵ است؛ بنابراین در سطح خطای ۰/۰۵ و از دیدگاه افراد پاسخ‌دهنده، میزان تأثیر دلایل سطحی در بروز حادثه یکسان و مشابه نمی‌باشد.

با توجه به مقادیر ستون میانگین رتبه مشخص شد که عامل بلندکردن نامناسب دستگاه با میانگین ۲/۶۹ در جایگاه اول، عدم حفاظ یا موانع ناکافی با میانگین ۲/۶۱ در رتبه دوم، موقعیت نامناسب برای تعمیر دستگاه با میانگین ۲/۵۶ در جایگاه سوم و روشنایی ناکافی در محیط کار با میانگین ۲/۱۴ در رتبه چهارم دلایل سطحی قرار دارند.

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، سطح معناداری آزمون کای دو در تمامی موارد به‌جز تعمیر و نگهداری ناکافی، کمتر از مقدار ۰/۰۵ می‌باشد که نشان‌دهنده وجود تفاوت معنادار

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOI: 10.52547/johe.6.3.9 ]

**جدول ۵:** رتبه‌بندی دلایل ریشه‌ای حادثه

| گویه سؤالات | میانگین رتبه | رتبه تأثیرگذاری | آماره | df | سطح معناداری |
|---|---|---|---|---|---|
| خستگی ناشی از فشار یا مدت کار | ۳/۶۵ | ۶ | | | |
| فقدان مهارت و تجربه | ۴/۳۵ | ۲ | | | |
| فقدان آگاهی و آموزش ناکافی | ۴/۲۶ | ۴ | | | |
| فقدان روش اجرایی تعمیرات و نگهداری مناسب | ۴/۲۷ | ۳ | ۱۰۵/۵۴ | ۶ | ۰/۰۰۰ |
| نظارت ناکافی | ۳/۷۸ | ۵ | | | |
| تعمیر و نگهداری ناکافی | ۳/۱۴ | ۷ | | | |
| فرسایش و استهلاک بیش از حد دستگاه | ۴/۵۵ | ۱ | | | |

**جدول ۶:** توزیع فراوانی اقدامات کنترلی پیشنهادی به‌منظور جلوگیری از وقوع حادثه مجدد

| گویه سؤالات | شاخص | کاملاً مخالف | مخالف | بدون نظر | موافق | کاملاً موافق | آماره | df | سطح معناداری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سیستم تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه | فراوانی | ۸ | ۱۱ | ۹ | ۳۳ | ۲۰ | ۲۷/۳۳ | ۴ | ۰/۰۰۰ |
| | درصد | ۹/۹ | ۱۳/۶ | ۱۱/۱ | ۴۰/۷ | ۲۴/۷ | | | |
| سیستم بررسی رویداد حادثه | فراوانی | ۶ | ۵ | ۱۶ | ۲۶ | ۲۸ | ۲۸/۶۹ | | |
| | درصد | ۷/۴ | ۶/۲ | ۱۹/۸ | ۳۲/۱ | ۳۴/۶ | | | |
| سیستم آنالیز رویداد حادثه | فراوانی | ۶ | ۶ | ۱۶ | ۲۷ | ۲۶ | ۲۵/۹۷ | | |
| | درصد | ۷/۴ | ۴/۴ | ۱۹/۸ | ۳۳/۳ | ۳۲/۱ | | | |
| سیستم مجوز کار ایمن | فراوانی | ۸ | ۶ | ۷ | ۱۸ | ۴۲ | ۵۷/۸ | | |
| | درصد | ۹/۹ | ۷/۴ | ۸/۶ | ۲۲/۲ | ۵۱/۹ | | | |
| آموزش مهارت و آگاهی | فراوانی | ۶ | ۷ | ۱۰ | ۱۹ | ۳۹ | ۴۶/۵۳ | | |
| | درصد | ۷/۴ | ۸/۶ | ۱۲/۳ | ۲۳/۵ | ۴۸/۱ | | | |
| شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک | فراوانی | ۸ | ۸ | ۱۵ | ۱۵ | ۳۵ | ۳۰/۲۹ | | |
| | درصد | ۹/۹ | ۹/۹ | ۱۸/۵ | ۱۸/۵ | ۴۳/۲ | | | |
| بازرسی نظارت و کنترل عملیات | فراوانی | ۵ | ۶ | ۵ | ۲۶ | ۳۹ | ۵۹/۹۲ | | |
| | درصد | ۶/۲ | ۷/۴ | ۶/۲ | ۳۲/۱ | ۴۸/۱ | | | |
| بررسی صلاحیت افراد پیش از استخدام | فراوانی | ۵ | ۵ | ۶ | ۲۹ | ۳۶ | ۵۶/۲۲ | | |
| | درصد | ۶/۲ | ۶/۲ | ۷/۴ | ۳۵/۸ | ۴۴/۴ | | | |

بین فراوانی پاسخ‌های ارائه‌شده توسط افراد در مورد تأثیر هریک از دلایل ریشه‌ای بالا در بروز حادثه منجر به قطع عضو می‌باشد.

به‌منظور رتبه‌بندی دلایل ریشه‌ای حادثه از آزمون Friedman استفاده گردید. با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول ۵ دریافت می‌شود که سطح معناداری آزمون Friedman کوچکتر از مقدار ۰/۰۵ می‌باشد؛ بنابراین در سطح خطای ۰/۰۵، میزان تأثیر دلایل ریشه‌ای بر بروز حادثه یکسان نمی‌باشد؛ از این رو با توجه به مقادیر میانگین رتبه می‌توان گفت که عامل فرسایش و استهلاک بیش از حد بیل مکانیکی با میانگین ۴/۵۵ در رتبه اول، فقدان مهارت و تجربه با میانگین ۴/۳۵ در جایگاه دوم، فقدان روش اجرایی تعمیر و نگهداری مناسب با میانگین ۴/۲۷ در رتبه سوم، فقدان آگاهی و آموزش ناکافی با میانگین ۴/۲۶ در جایگاه چهارم، عامل نظارت ناکافی با میانگین ۳/۷۸ در رتبه پنجم، عامل خستگی ناشی از فشار یا مدت کار با میانگین ۳/۶۵ در جایگاه ششم و عامل تعمیر و نگهداری ناکافی با میانگین ۳/۱۴ در رتبه هفتم دلایل ریشه‌ای قرار گرفته‌اند.

از سوی دیگر، در این مطالعه اقدامات پیشنهادی کنترلی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جداول ۶ و ۷). همان‌طور که در این جداول مشخص می‌باشد، سطح معناداری آزمون Friedman کوچکتر از مقدار ۰/۰۵ است؛ بنابراین در سطح خطای ۰/۰۵ و از دیدگاه افراد پاسخ‌دهنده، میزان تأثیر راه‌کارهای پیشنهادی بر پیشگیری از بروز حادثه مجدد یکسان نمی‌باشد؛ از این رو با توجه به مقادیر میانگین رتبه می‌توان گفت که نظارت، بازرسی و کنترل عملیات با میانگین ۵/۰۵ در رتبه اول، بررسی

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOI: 10.52547/johe.6.3.9 ]

**جدول ۷:** رتبه‌بندی اقدامات کنترلی پیشنهادی به‌منظور پیشگیری از وقوع حادثه مجدد

| گویه سؤالات | میانگین رتبه | رتبه تأثیرگذاری | آماره | df | سطح معناداری |
|---|---|---|---|---|---|
| سیستم تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه | ۳/۷۵ | ۸ | ۸۶/۳۶ | ۷ | ۰/۰۰۰ |
| سیستم بررسی رویداد حادثه | ۴/۴۰ | ۵ | | | |
| سیستم آنالیز رویداد حادثه | ۴/۲۷ | ۶ | | | |
| سیستم مجوز کار ایمن | ۴/۸۶ | ۳ | | | |
| آموزش مهارت و آگاهی | ۴/۷۴ | ۴ | | | |
| شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک | ۴/۱۸ | ۷ | | | |
| بازرسی نظارت و کنترل عملیات | ۵/۰۵ | ۱ | | | |
| بررسی صلاحیت افراد پیش از استخدام | ۴/۹۴ | ۲ | | | |

صلاحیت افراد پیش از استخدام با میانگین ۴/۹۴ در جایگاه دوم، راه‌اندازی سیستم مجوز کار ایمن با میانگین ۴/۸۶ در رتبه سوم، آموزش مهارت و آگاهی با میانگین ۴/۷۴ در جایگاه چهارم، راه‌اندازی سیستم بررسی رویداد و حوادث با میانگین ۴/۴۰ در رتبه پنجم، راه‌اندازی سیستم آنالیز رویداد و حوادث با میانگین ۴/۲۷ در جایگاه ششم، شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک با میانگین ۴/۱۸ در رتبه هفتم و راه‌اندازی سیستم تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه با میانگین ۳/۵۷ در جایگاه هشتم اقدامات پیشنهادی کنترلی قرار گرفته‌اند.

به‌منظور بررسی همبستگی و ارتباط بین دلایل واسط و ریشه‌ای حادثه از آزمون همبستگی Spearman استفاده شد و سطح معناداری آزمون معادل ۰/۰۰۱ محاسبه گردید. از آنجایی که این مقدار از ۰/۰۵ کوچکتر می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که بین دلایل سطحی و ریشه‌ای در حادثه مذکور ارتباط معناداری وجود دارد. همچنین از آنجایی که ضریب همبستگی معادل ۰/۶۰۸ است، این رابطه معنادار، همسو و مثبت می‌باشد.

## بحث

هدف از تجزیه و تحلیل و بررسی‌هایی که پس از وقوع حادثه صورت می‌گیرند، تلاش در راستای عدم تکرار حوادث مشابه می‌باشد؛ از این رو دستیابی به عوامل ریشه‌ای (پایه‌ای) ایجادکننده حادثه از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. در حقیقت، تمامی مدارک و اطلاعات مراحل پس از وقوع حادثه از گزارش‌نویسی تا بررسی و تجزیه و تحلیل حادثه با هدف رسیدن به عوامل ریشه‌ای انجام می‌شود؛ بنابراین، هر سازمانی به یک روش سیستماتیک و یکسان جهت تجزیه و تحلیل و ریشه‌یابی حوادث نیاز دارد. در این مطالعه مهم‌ترین و اصلی‌ترین دلایل مستقیم، غیرمستقیم، ریشه‌ای و اقدامات کنترلی حادثه شناسایی شدند و علل رخداد حادثه بررسی و اولویت‌بندی گردیدند. در نهایت، اقدامات کنترلی و اصلاحی به‌منظور جلوگیری از رخداد مجدد با استفاده از روش ترکیبی تریپود بتا-اسکات ارائه شدند. روش ترکیبی ارائه‌شده در این مطالعه در بسیاری از موارد نیاز سازمان‌های مختلف را برآورده نموده و در حال حاضر به‌عنوان یکی از مهم‌ترین روش‌های ریشه‌یابی حوادث محسوب می‌شود. قلیان نیز در مطالعه خود به نتایجی مشابه با یافته‌های پژوهش حاضر دست یافته است [۱۳]. روش تریپود بتا به‌صورت گرافیکی اهداف، عوامل و اتفاقات موجود در هر حادثه و همچنین نقص یا نبود موانع را به دلیل نقص‌های کنترلی، دفاعی، فعال، پیش شرایط و اشکالات پنهان نشان داده و درک روشنی از حوادث را ارائه می‌دهد. از نظر نیاز آموزشی، این روش نیازمند آموزش‌های پیچیده نبوده و سطوح تجزیه و تحلیل نسبتاً گسترده‌ای را ارائه می‌دهد؛ اما برا ساس مطالعه‌ای که Sklet انجام داده است، این روش توانایی پوشش دلایل خارجی سازمان را ندارد [۴]. از دیگر ضعف‌های این روش، تمرکز آن بر رو یداد ها و کمتر پرداختن به لا یه های فنی-اجتماعی که منجر به این رویدادها می‌شوند، می‌باشد [۷]. در حقیقت روش تریپود بتا در فرایند بررسی حادثه، کمتر به زمان گذشته بازمی‌گردد و توجه کمتری به وضعیت ایمنی سازمان مورد نظر دارد. علاوه‌براین، این روش راه‌کاری پیشنهادی برای جلوگیری از حوادث مشابه را ارائه نمی‌دهد. لازم به ذکر است که روش تریپود بتا دلایل زمینه‌ای را به ۱۱ عامل ریسک اساسی (BRFs: Behavioral Risk Factor) طبقه‌بندی می‌کند. این عوامل تصویر جامعی از مدیریت ریسک را ارائه می‌دهند که می‌تواند برای فعالیت‌های صنعتی مختلف مورد استفاده قرار گیرد؛ اما راهنمای جزئی و دقیقی را برای تجزیه و تحلیل حادثه و نیز دستورالعمل مناسبی را برای شناسایی دلایل زمینه‌ای خاص فراهم نمی‌کند. از دیگر کاستی‌های این روش، نپرداختن آن به موارد خارج سازمانی دخیل در حادثه می‌باشد [۸]. از سوی دیگر، روش تریپود بتا برای شنا سایی نواقص عملکردی، کنترلی، دفاعی و فعال به شدت نیازمند نظرات کارشناسی می‌باشد و در صورت شناسایی صحیح این عوامل، امکان شناسایی پیش‌شرایط و اشکالات پنهان را مطابق با چک‌لیست‌های مشخص به صنعت ارائه می‌دهد و در صورت عدم شناسایی صحیح و کامل عوامل مذکور، امکان دستیابی به تمامی دلایل ریشه‌ای دخیل در حادثه فراهم نمی‌گردد؛ از این رو برای پوشش‌دادن این کاستی‌ها می‌توان این روش را در ترکیب با روشی مانند اسکات مورد استفاده قرار داد. روش اسکات روشی سیستماتیک و نظام‌مند می‌باشد که در آن با تکیه

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOI: 10.52547/johe.6.3.9 ]

بر چک‌لیست‌های مدون، دلایل مستقیم، غیرمستقیم و ریشه‌ای حوادث مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند و در نهایت بهترین راه‌کارها به‌منظور افزایش ایمنی سیستم و کاهش حوادث شغلی ارائه می‌گردد؛ بنابراین، روش اسکات از قابلیت پوشش‌دهی نواقص و ضعف‌های روش تریپود بتا برخوردار می‌باشد. از سوی دیگر، ضعف گرافیکی‌نبودن روش اسکات در ترکیب با تریپود بتا رفع می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش و مطالعات مشابه می‌توان گفت که هرکدام از روش‌های تحلیل حادثه، توانمندی‌ها و کارایی‌های متفاوتی دارند و از زوایای مختلفی می‌توان از این روش‌ها برای تجزیه و تحلیل دلایل حوادث استفاده نمود؛ بنابراین با ترکیب‌نمودن دو روش تریپود بتا و اسکات، قابلیت شناسایی دلایل ریشه‌ای افزایش می‌یابد.

در پژوهش حاضر دلایل مستقیم، سطحی و ریشه‌ای حادثه و به نسبت آن راه‌کارها و پیشنهادات مدیریتی و مهندسی به شرح زیر مشخص گردید:

دلایل سطحی: بلندکردن نامناسب دستگاه هنگام عدم تعادل ناگهانی آن، موقعیت نامناسب برای انجام تعمیرات به دلیل شیب‌داربودن موقعیت استقرار دستگاه، حفاظ یا موانع ناکافی در مواقع عدم تعادل ناگهانی و روشنایی ناکافی محیط کار در زمان انجام تعمیرات

دلایل ریشه‌ای: خستگی ناشی از فشار کاری تعمیرکار در زمان تعمیر دستگاه، فقدان مهارت کافی و تجربه تعمیرکار، فقدان آگاهی و آموزش ناکافی تعمیرکار، فقدان روش اجرایی تعمیرات و نگهداری مناسب در سازمان پروژه، نظارت ناکافی توسط واحد ایمنی و واحد ماشین‌آلات، تعمیر و نگهداری ناکافی ماشین‌آلات و فرسایش و استهلاک بیش از حد دستگاه

کنترل‌های پیشنهادی: راه‌اندازی سیستم تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه (PM: Preventive Maintenance) در واحد ماشین‌آلات پروژه، ایجاد سیستم بررسی رویداد و آموزش تیم HSE (Health and Safety Executive) و نمایندگان سایر واحدهای پروژه، ایجاد سیستم تجزیه و تحلیل رویداد و آموزش تیم HSE، راه‌اندازی سیستم مجوز کار ایمن (Permit to Work)، تدوین برنامه آموزشی مدون برای کلیه مشاغل و فعالیت‌های اجرایی و اجرای برنامه آموزش مهارت و آگاهی، تدوین روش اجرایی شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک، آموزش کارکنان پروژه برای تهیه گزارش، نیازسنجی چارت سازمانی واحد HSE و استخدام افراد متخصص جهت نظارت مستمر بر رعایت ضوابط ایمنی در فعالیت‌های اجرایی و کنترل عملیات و بررسی صلاحیت افراد پیش از استخدام به‌منظور تطبیق توانمندی‌های جسمی و روانی افراد با شغل و محیط کار مطابق با داده‌های آماری و از دیدگاه افراد تکمیل‌کننده پرسشنامه، مهم‌ترین علت سطحی بروز حادثه، عامل بلندکردن نامناسب دستگاه (با میانگین رتبه ۲/۶۹)؛ مهم‌ترین علت ریشه‌ای حادثه، عامل فرسایش و استهلاک بیش از حد بیل مکانیکی (با میانگین رتبه ۴/۵۵)؛ مهم‌ترین اقدام کنترلی پیشنهادی، نظارت، بازرسی و کنترل عملیات (با میانگین رتبه ۵/۰۵) می‌باشند.

قلیان نیز در مطالعه خود به نتایج مشابهی دست یافته و بیان داشته است که اساس کنترل حوادث، ایجاد سیستم‌های کنترلی و دفاعی مناسب می‌باشد؛ به نحوی که از تلاقی، برخورد و برهم‌کنش عوامل خطر و هدف جلوگیری گردد. بدیهی است در مواقعی که این سیستم‌های کنترلی و دفاعی موجود نبوده و یا از عملکرد مناسب برخوردار نباشند، امکان برهم‌کنش دو عامل مذکور فراهم شده و رویداد اتفاق می‌افتد [۱۳].

شایان ذکر است که در پژوهش حاضر ارتباط معناداری بین دلایل ریشه‌ای و سطحی حادثه مشاهده گردید. در مطالعات قلیان [۱۳] و نعمت‌اللهی [۱۴] نیز نتایجی مشابه با یافته‌های پژوهش حاضر گزارش گردیده است. همچنین در پژوهش حاضر مشخص شد که تأثیر دلایل ریشه‌ای و واسط بر رخداد حادثه یکسان نمی‌باشد که این مهم با نتایج مطالعات قلیان [۱۳] و نعمت‌اللهی [۱۴] همسویی دارد. این درحالی است که نتایج پژوهش همت‌جو و همکاران حاکی از عدم وجود ارتباط بین دلایل حوادث بودند [۱۱].

از نقاط قوت این مطالعه می‌توان به جدیدبودن تجزیه و تحلیل دلایل وقوع حادثه در پروژه‌های سد سازی با استفاده از روش ترکیبی اشاره نمود؛ با این توضیح که پروژه‌های احداث سد بتونی یکی از پروژه‌های عمرانی با مخاطرات ایمنی گسترده می‌باشند. در ارتباط با محدودیت‌های مطالعه حاضر نیز می‌توان از دسترسی به خبرگان و کارشناسان ایمنی باتجربه در صنعت احداث نام برد.

## نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل دلایل حادثه منجر به قطع عضو حین تعمیر بیل مکانیکی با استفاده از ترکیب دو روش تریپود بتا و اسکات حاکی از آن بودند که استقرار سیستم‌های مدیریتی HSE بر مبنای استانداردهای بین‌المللی مانند استاندارد سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی (ISO45001)، ضمن نظام‌مندنمودن مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست در پروژه می‌تواند با ایجاد تعهد در مدیران سازمان‌ها نسبت به رعایت ضوابط ایمنی و تدوین دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی ایمنی منجر به سیستماتیک‌شدن آموزش‌های ایمنی و اجرای روش‌های کنترلی مانند مجوز ایمنی کار به‌منظور نظارت مستمر بر عملیات اجرایی و انجام بررسی و تجزیه و تحلیل دلایل حوادث شده و از سوی دیگر با شناسایی مخاطرات، ارزیابی ریسک آن‌ها و اجرای اقدامات کنترلی پیشنهادی از وقوع حوادث، خسارت‌های جانی، تحمیل هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم مالی و ازدست‌رفتن اعتبار سازمان‌ها جلوگیری نماید؛ از این رو به نظر می‌رسد که انجام این مطالعه و مطالعات مشابه دیگر (از قبیل ترکیب روش اسکات

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOI: 10.52547/johe.6.3.9 ]

با ســایر روش‌ها) در راســتای تجزیه و تحلیل دلایل حوادث در پروژه‌های سدسازی و عمرانی مفید باشد.

## تشکر و قدردانی

این مطالعه بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده مسئول می‌باشد. از تمامی همکاران به‌خصوص جناب آقای مهندس مجتبی دهقان نصیری و جناب آقای مهندس فرخ فروتنی که ما را در اجرای این پروژه یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

## REFERENCES

1. Robertson H. A new ISO standard for occupational health and safety management systems: is this the right approach? London: ETUI Research Paper-Policy Brief; 2016.
2. Wienen HC, Bukhsh FA, Vriezekolk E, Wieringa RJ. Accident analysis methods and models-a systematic literature review. Berlin: Centre for Telematics and Information Technology (CTIT); 2017.
3. International Labour Organization. Global trends on occupational accidents and diseases. World Day for Safety and Health. Available at: URL: www.ilo.org/legacy/
4. english/osh; 2015.Sklet S. Comparison of some selected methods for accident investigation. *J Hazard Mater*. 2004;111(1-3):29-37. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2004.02.005
5. Katsakiori P, Sakellaropoulos G, Manatakis E. Towards an evaluation of accident investigation methods in terms of their alignment with accident causation models. *Safety Sci*. 2009;47(7):1007-15. DOI: 10.1016/j.ssci.2008.11.002
6. Strömgren M, Bergqvist A, Andersson R, Harms-Ringdahl L. A process-oriented evaluation of nine accident investigation methods. *Saf Sci Monitor*. 2015;19(1):2.
7. Dien Y, Dechy N, Guillaume E. Accident investigation: from searching direct causes to finding in-depth causes–problem of analysis or/and of analyst? *Safety Sci*. 2012;50(6):1398-407. DOI: 10.1016/j.ssci.2011.12.010
8. Ahmadi O, Mortazavi SB, Khavanin A. Selection of the optimal method for analysis of accidents in petroleum industry using fuzzy ANP and TOPSIS multi–criteria decision methods. *Iran Occup Health*. 2017;14(2):166-80. [Persian]
9. Roshan SA, Alizadeh S. Estimate of economic costs of accidents at work in Iran: A case study of occupational accidents in 2012. *Iran Occup Health*. 2015;12(1):1-11. [Persian]
10. Mohammadfam I, Bahrami AA, Golmohammadi R, Fatemi F, Mahjoub H. The relationship between job stress and occupational accidents in an automobile manufacturing company. *J Kermanshah Univ Med Sci*. 2009;13(2):135-43 [Persian]
11. Moore F, Esmaeili K, Keshavarzi B. Assessment of heavy metals contamination in stream water and sediments affected by the Sungun porphyry copper deposit, East Azerbaijan Province, Northwest Iran. *Water Qual Exp Health*. 2011; 3(1):37-49. DOI: 10.1007/s12403-011-0042-y
12. Asikoglu OL, Kale OA. Occupational health and safety in dam construction sites. *Int J Modern Eng Res*. 2017;7(8):45-8.
13. Rezagholian A, Mansouri N, Dana T. Analysis of the death-leading accident in working with boom reclaimer device using the tripod beta and scat combined method in a steel company. *Occup Hygene Health Prom J*. 2018;2(3):178-91. DOI: 10.18502/ohhp.v2i3.144
14. Nematolahi J, Nasrabadi M, Givehchi S. Analysis of accidents leading to amputations associated with operating with press machines, using Ishikawa and SCAT Combined method in a car manufacturing company. *Health Saf Work*. 2015;5(4):23-36.

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOI: 10.52547/johe.6.3.9 ]