Journal of Health System Research Volume 15, Issue 2, Summer 2019, Pages: 99-106

Original Article

doi: 10.48305/hsr.2019.15.2.101

Construction Safety Risks Assessment in a Turbine Hall Unit of a Power Plant Based on a Bow-Tie Technique

Mohammad Daneshvar[1], Ahmad Soltanzadeh[2*], Heidar Mohammadi[3], Ali Akbar Soltanzadeh[4]

[1] *MSc, Industrial Safety Engineering Department, Tabnak Institute of Higher Education, Lamerd, Iran*
[2] *Assistant Professor, Department of Occupational Safety and Health Engineering, Faculty of Health, Research Center for Environmental Pollutants, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran*
[3] *Assistant Professor, Department of Occupational Safety and Health Engineering, Faculty of Health, Larestan University of Medical Sciences, Larestan, Iran*
[4] *Power Plant Commissioning Manager, Operation and Maintenance Company, Mapna group, Iran*

**** Corresponding Author:*** *Ahmad Soltanzadeh, Email: soltanzadeh.ahmad@gmail.com*

Received: 29/04/2018
Accepted: 21/05/2019

Keywords:
Bow-tie technique
Power plant
Risk analysis
Safety

Abstract

Background: Major construction projects have always been at high risk, and the projects' safety is vulnerable to damages. Therefore, safety risks assessment is one of the important activities to prioritize existing risks and manage risks in the construction of the power plants as one of the most dangerous industries. This study aimed to assess the safety risks in the construction of power plants based on a Bow-tie technique.

Methods: This cross-sectional analytical study was carried out in a turbin hall unit of a combined cycle power plant under construction in 2017. In this study, safety risks assessment was performed based on the Bow-tie technique using Bow Tie ProTM software. In order to enhance the efficiency of this study, two phases, including a system description, and hazard identification have been designed and implemented before the safety risks assessment.

Findings: The relationship between activities and threats followed by the consequences of each of the identified hazards showed that the biggest threats were due to cylinders under pressure as well as welding and cutting activities. In addition, they included 8 threats, such as mechanical damage, heat, transportation, unsafe connections, storage of the cylinders, oil and grease, leakage, and flame retardation. It should be noted that the majority of consequences were associated with loading and heavy load lifting (including 3 consequences, such as human injury as well as crane and equipment failure), cylinders under pressure, as well as welding and cutting activities (including 3 consequences, such as human injury, fire and explosion, and equipment failure).

Conclusion: Based on the obtained results, the Bow Tie ProTM software is a suitable method to assess the safety risks in power plant construction. In addition, the risk assessment of the turbine hall units can be considered to prevent threats and reduce the consequences of accidents.

Citation: Daneshvar M, Soltanzadeh A, Mohammadi H, Soltanzadeh AA. Construction Safety Risks Assessment in a Turbine Hall Unit of a Power Plant Based on a Bow-Tie Technique. J Health Syst Res. 2019; 15(2): 99-106.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]

[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.101]

Copyright 2019 Journal of Health System Research. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY) License (http://creativecommons.org/) which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

مقاله پژوهشی

doi: 10.48305/hsr.2019.15.2.101

تحلیل ریسک ایمنی ساخت و ساز در واحد توربین هال یک نیروگاه برق بر اساس تکنیک پاپیونی

محمد دانشور[۱]، احمد سلطان‌زاده[۲]*، حیدر محمدی[۳]، علی اکبر سلطان‌زاده[۴]

[۱] کارشناسی ارشد، گروه مهندسی ایمنی صنعتی، مؤسسه آموزش عالی تابناک، لامرد، فارس، ایران

[۲] استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز آلاینده‌های محیطی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران

[۳] دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

[۴] مدیر راه‌اندازی نیروگاه، شرکت بهره‌برداری و تعمیراتی، گروه مپنا، ایران

* **نویسنده مسئول:** احمد سلطان‌زاده، ایمیل: soltanzadeh.ahmad@gmail.com

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۰۹

پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۳۱

واژه‌های کلیدی:
ایمنی
تحلیل ریسک
تکنیک پاپیونی
نیروگاه برق

چکیده

مقدمه: پروژه‌های کلان ساخت و ساز همواره در معرض ریسک‌های زیادی قرار دارند و ایمنی در این پروژه‌ها در معرض آسیب می‌باشد؛ بنا بر این، تحلیل ریسک ایمنی یکی از فعالیت‌های مهم برای اولویت‌بندی ریسک‌های موجود و مدیریت ریسک در ساخت و ساز نیروگاه‌های برق به عنوان یکی از خطرناک‌ترین صنایع می‌باشد. در این راستا، مطالعه حاضر با هدف تحلیل ریسک‌های ایمنی در ساخت و ساز یک نیروگاه برق بر اساس تکنیک پاپیونی انجام شد.

روش‌ها: مطالعه حاضر یک واکاوی تحلیلی- مقطعی می‌باشد که در واحد توربین هال یک نیروگاه سیکل ترکیبی در حال ساخت در سال ۱۳۹۶ انجام شده است. تحلیل ایمنی ریسک در این مطالعه بر اساس تکنیک پاپیونی و با استفاده از نرم‌افزار Bow Tie Pro™ صورت گرفت. شایان ذکر است که برای اثربخشی بیشتر این مطالعه، دو فاز تشریح سیستم و شناسایی خطر قبل از تحلیل ریسک ایمنی طراحی و اجرا گردید.

یافته‌ها: ارتباط بین فعالیت، تهدید و پیامد هر یک از خطرات شناسایی شده نشان‌دهنده آن بود که بالاترین میزان تهدید مربوط به سیلندرهای تحت فشار، جوشکاری و برشکاری (۸ تهدید شامل: ضربه و صدمات مکانیکی، حرارت و گرما، حمل و نقل، اتصالات ناایمن و معیوب، نگهداری و انبارش سیلندرها، روغن و چربی، نشتی و برگشت شعله) بوده است. باید خاطرنشان ساخت که بیشترین پیامد مربوط به عملیات باربرداری و جابه‌جایی بار سنگین (سه پیامد آسیب انسانی، آسیب به جرثقیل و بار و آسیب به تأسیسات و تجهیزات)، سیلندرهای تحت فشار و جوشکاری و برشکاری (سه پیامد آسیب انسانی، حریق و انفجار و آسیب به تأسیسات و تجهیزات) بوده است.

نتیجه‌گیری: یافته‌های پژوهش بیانگر آن بودند که استفاده از نرم‌افزار Bow Tie Pro™ یک روش مناسب برای تحلیل ریسک ایمنی در ساخت و ساز نیروگاهی است و تحلیل ریسک ایمنی در واحد توربین هال می‌تواند برای جلوگیری از تهدیدات و کاهش پیامد حوادث مورد توجه قرار گیرد.

ارجاع: دانشور محمد، سلطان‌زاده احمد، محمدی حیدر، سلطان‌زاده علی‌اکبر. تحلیل ریسک ایمنی ساخت و ساز در واحد توربین هال یک نیروگاه برق بر اساس تکنیک پاپیونی. مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۸؛ ۱۵(۲): ۱۰۶-۹۹.

مقدمه

پروژه‌های بزرگ و پیچیده صنعتی همواره در معرض بروز ریسک‌های مختلف قرار دارند و موفقیت آن‌ها تابع مدیریت صحیح این ریسک‌ها می‌باشد (۳-۱). نیروگاه‌های برق از مهم‌ترین زیرساخت‌های اقتصادی محسوب می‌شوند و یافته‌های برخی از مطالعات حاکی از آن هستند که بروز نقص در این محیط‌ها، پیامدها و اثرات منفی بسیاری را در پی خواهد داشت (۴،۵). در این راستا ایمنی در ساخت واحد توربین هال نیروگاه، بسیار حائز اهمیت می‌باشد؛ زیرا این سازه یکی از مهم‌ترین ساختمان‌های

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]

[Downloaded from 10.48305/hsr.2019.15.2.101 on 2022-11-19]

[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.101]

نیروگاه بوده و در صورت بروز هر گونه خطا در آن، تولید برق با مشکل مواجه می‌شود (۶).

تکنیک ارزیابی ریسک پاپیونی (Bow tie) به عنوان یکی از روش‌های مفید در حوزه مدیریت و تحلیل ریسک موجب بهبود شناخت عوامل مؤثر بر بالفعل شدن خطرات و پیامدهای حاصل از آن شده است. باید توجه داشت که استفاده از این روش منجر به ارائه توصیه‌های عملی برای کنترل خطرات می‌گردد. نتایج برخی از مطالعات بیانگر آن هستند که این تکنیک، روشی ایده‌آل برای ارزیابی ریسک بوده و به بهترین صورت ارتباط میان تدابیر را نشان می‌دهد و می‌تواند برای ارائه راه‌کارهای کنترلی و کاهش حوادث مورد استفاده قرار بگیرد (۹-۷).

در این ارتباط، مطالعه حاضر با هدف تحلیل ریسک ایمنی ساخت و ساز در واحد توربین هال یک نیروگاه برق و ارائه راه‌کارهای کنترل ریسک برای پیشگیری از بروز حوادث بر اساس تکنیک ارزیابی ریسک پاپیونی طراحی و انجام شد.

روش‌ها

مطالعه حاضر یک بررسی نظام‌مند تحلیلی و مقطعی می‌باشد که در فاز ساخت و ساز واحد توربین هال یک نیروگاه سیکل ترکیبی در سال ۱۳۹۶ انجام شده است.

پاپیونی (Bow tie)

تکنیک پاپیونی یکی از روش‌های کاربردی در حوزه مدیریت ریسک است که طرح اولیه آن در سال ۱۹۷۹ توسط Hazen در دانشگاه کوئینزلند استرالیا ارائه گردید (۱۰). این تکنیک بر اساس یک نمودار، ترسیم شده و به شکلی ساده، ترکیبی از علت‌ها (درخت خطا) و پیامدها (درخت رویداد) می‌باشد. به منظور ساخت یک نمودار پاپیونی، اطلاعاتی مانند رویدادی که قصد پیشگیری از وقوع آن را داریم، تهدیداتی که علت وقوع رویداد هستند، پیامدهای رویداد و کنترل‌هایی برای جلوگیری از وقوع رویداد و کاهش اثر پیامدها مورد نیاز می‌باشد (۱۱).

نرم‌افزار Bow Tie Pro™ 2012 به عنوان یک ابزار کاربردی برای این تکنیک، نمودارهای پاپیونی قدرتمندی از فرایند ارزیابی ریسک را ارائه می‌دهد. نمودار پاپیونی موجود در این تکنیک به عنوان ابزاری کاربردی و موفق برای شناسایی ریسک و تحلیل کیفی ایجاد شده است که نه تنها مسیرهای احتمالی خطرات و حوادث را به تصویر می‌کشد، بلکه تمایز میان موانع پیشگیرانه و کاهنده پیامد (لایه‌های حفاظتی محدودکننده) را به وضوح آشکار می‌سازد (۱۱،۱۲).

اجرای مطالعه

پژوهش حاضر در سه گام شامل: تشریح سیستم و فعالیت‌ها، شناسایی خطر و ارزیابی ریسک انجام شده است.

گام اول: تشریح سیستم و فعالیت‌ها

در این مرحله ابتدا تشریح سیستم بر اساس نوع فرایندهای اجرایی، سخت‌افزار سیستم، منابع انسانی و نوع فعالیت‌های آن‌ها انجام شد. شایان ذکر است که فعالیت‌های اجرایی بر اساس مختصات مدیریت پروژه حاکم بر فرایند ساخت و ساز در واحد توربین هال نیروگاه مورد مطالعه دسته‌بندی گردید و پس از آن، هر فعالیت شغلی به تنهایی مورد مطالعه قرار گرفت. این فعالیت‌ها عبارت بودند از: کار با سیلندرهای تحت فشار، جوشکاری و برشکاری با گاز، جرثقیل و باربرداری سنگین، داربست‌بندی و کار در ارتفاع روی داربست، کار در ارتفاع با بسکت، کار با برق و تابلو برق، جوشکاری برق و سنگ‌زنی.

گام دوم: شناسایی خطر

در این مرحله شناسایی منابع خطر بر اساس یافته‌های گام اول و تشریح فعالیت‌ها انجام شد. لازم به ذکر است که شناسایی در این مرحله بر اساس فرایند خطر- تهدید- آسیب صورت گرفت.

گام سوم: ارزیابی ریسک

ارزیابی ریسک و تحلیل ریسک ایمنی در این مطالعه با استفاده از تکنیک پاپیونی و نتایج شناسایی منابع خطر، عوامل تهدیدکننده و تمامی رویدادها و پیامدهای احتمالی انجام شد.

شایان ذکر است که برای تحلیل ریسک از ماتریس ارزیابی ریسک پیشنهاد شده در نرم‌افزار Bow Tie Pro™ که بر حسب احتمال وقوع (۶ آیتم) و شدت پیامد (۶ آیتم) ارائه گردیده بود، استفاده شد. علاوه بر این در مسیر هر شاخه از نمودار پاپیونی (شامل تهدید تا وقوع رویداد)، اقدامات کنترلی پیشگیرانه به منظور جلوگیری از به وقوع پیوستن رویداد بر اساس ترتیب اولویت اقدام نمودن، تعریف گردید و در مسیر هر شاخه از رویداد تا پیامد، اقدامات و تدابیر کنترلی به منظور کاهش اثرات و شدت پیامدهای احتمالی تبیین و اتخاذ شد.

یافته‌ها

نتایج نشان دادند که منابع خطر تهدیدکننده در مرحله ساخت و ساز واحد توربین هال عبارت هستند از: جرثقیل و باربرداری سنگین، کار در ارتفاع با بسکت، داربست‌بندی و کار در ارتفاع روی داربست، کار با برق و تابلو برق، سیلندرهای تحت فشار، جوشکاری و برشکاری با گاز، جوشکاری برق و سنگ‌زنی.

علاوه بر این، یافته‌های این مطالعه نشان از آن داشتند که عملیات کار با سیلندرهای تحت فشار، جوشکاری و برشکاری دارای بالاترین میزان تهدیدات (۸ تهدید) و پیامدها (۳ پیامد) می‌باشد و پس از آن عملیات باربرداری و جابه‌جایی بار سنگین (۶ تهدید و ۳ پیامد)، عملیات کار در ارتفاع با بسکت (۶ تهدید و ۲ پیامد)، عملیات کار در ارتفاع روی داربست (۷ تهدید و ۲

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]
[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.101]

جدول ۱: تهدیدات کار با سیلندرهای تحت فشار، جوشکاری و برشکاری با گاز

منبع خطر	سیلندر/کپسول	
عنوان خطر	جوشکاری و برشکاری	
رویداد	نشت گاز و آزادشدن انرژی	
تهدید	کنترل‌ها	
ضربه و صدمات مکانیکی	۱. ممنوعیت پرتاب سیلندر از ارتفاع و یا غلطاندن آن ۲. بهره گرفتن از درپوش حفاظتی در زمان عدم استفاده از سیلندر ۳. عدم اعمال نیروی بیش از حد معمول در زمان باز و بسته کردن شیر سیلندرها (چکش زدن) ۴. استفاده از آچار مخصوص جهت باز و بسته کردن سیلندرها	
حرارت و گرما	۱. نصب تابلوی هشدار در مورد ممنوعیت سیگار کشیدن و ایجاد شعله های باز در محل انبار و استفاده از سیلندرها ۲. وجود سیستم تهویه مصنوعی یا طبیعی در محل انبارش سیلندرها ۳. عدم آزمایش نشتی سیلندر و متعلقات آن توسط شعله ۴. عدم رهاسازی سیلندرها در زمان اتمام کار در محل سایت ۵. ممنوعیت گرم کردن سیلندر توسط شعله	
حمل و نقل	۱. حمل و نقل سیلندرها به حالت ایستاده ۲. مهار سیلندرها به وسیله زنجیر و کمربند فلزی ۳. استفاده از گاری و چرخ مخصوص حمل سیلندر/غلطاندن ممنوع ۴. عدم حمل و نقل سیلندرها بدون کلاهک ایمنی و همراه با اتصالات، گیج ها و یا رگلاتور ۵. حمل ایستاده و مهار شده سیلندرها توسط ماشین حمل نظیر وانت	
اتصالات ناایمن و معیوب	۱. بازرسی شیر تنظیم‌کننده، فشارسنج، شلنگ‌ها و اتصالات قبل از شروع به کار ۲. عدم استفاده از سیلندر بدون رگلاتور ۳. استفاده از فشارسنج، گیج و مانومتر کالیبره و استاندارد	
نگهداری و انبارش سیلندرها	۱. بازرسی دوره‌ای و مرتب از محل انبارش سیلندرها ۲. نگهداری سیلندرها در محل انبار مناسب ۳. نگهداری به صورت ایستاده و در جایگاه‌های مخصوص ۴. مهار سیلندرها به وسیله زنجیر و کمربند فلزی ۵. نگهداری جداگانه سیلندرهای پر و خالی از یکدیگر	
روغن و چربی	۱. عدم استفاده از دستکش و یا پارچه آلوده به چربی و روغن ۲. ممنوعیت نگهداری و استفاده از سیلندرها در محیط‌های آلوده به روغن و چربی ۳. تمیزکردن شیر و اتصالات سیلندر با استفاده از دستمال و پارچه خشک و تمیز	
نشتی	۱. استفاده از اتصالات و بست‌های مناسب با هر نوع سیلندر ۲. بسته بودن شیر سیلندر در زمان باز و بسته کردن رگلاتور ۳. حفاظت از شلنگ سیلندرها در برابر صدمات مکانیکی و پارگی	
برگشت شعله	۱. تنظیم مناسب سرعت جریان مخلوط شدن اکسیژن و سوخت ۲. Flashback Arrestor ۳. استفاده از شیرهای یک طرفه	

جدول ۲: پیامدهای کار با سیلندرهای تحت فشار، جوشکاری و برشکاری با گاز

پیامد	کنترل‌ها
تلفات جانی (مرگ و میر) و یا بروز آسیب‌های حاد به نیروی انسانی	۱. دسترسی مناسب برای حمل و انجام خدمات اضطراری در محل انبارش سیلندرها ۲. نگهداری جداگانه گازهای اکسیدکننده قابل اشتعال و سمی از یکدیگر ۳. تخلیه دفاتر اداری و سایت تا شعاع مناسب در زمان وقوع حریق در انبار سیلندرها ۴. وجود دستورالعمل مشخص ایمنی برای کارکنان در مورد زمان احتراق انبار سیلندرها ۵. آموزش نکات ایمنی و خطرات سیلندرها به کارکنان ۶. وجود دیوارهای مقاوم به حریق در محل انبارش سیلندرها ۷. رعایت فاصله مجاز محل انبارش سیلندرها با دفاتر اداری بر اساس استاندارد

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]
[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.101]

ادامه جدول ۲.	
حریق و انفجار	۱. ممنوعیت استفاده از اتصالات مسی در سیلندرهای گاز استیلن ۲. نگهداری سیلندرها در هوای آزاد ۳. عدم نگهداری سیلندرها در فضای بسته ۴. نگهداری سیلندرها دور از مواد قابل اشتعال ۵. انبارش جداگانه سیلندرهای اکسیژن و استیلن ۶. ضد حریق بودن ساختمان محل انبارش سیلندرها ۷. وجود تأسیسات و تجهیزات اطفای حریق بر اساس نوع سیلندرها و هماهنگی با واحد
آسیب به تأسیسات، تجهیزات و ابزار موجود در سایت	۱. عدم استفاده از گاز اکسیژن به عنوان جایگزین هوای فشرده و یا زدودن گرد و غبار ماشین‌آلات و لباس‌ها ۲. ممنوعیت استفاده از سیلندرها در نزدیکی تجهیزات حساس در سایت ۳. مقاومت دیواره و ساختمان انبار سیلندرها در برابر حریق و انفجارهای احتمالی سیلندرها ۴. رعایت فاصله مجاز انبارش سیلندرها با سایت بر اساس یک استاندارد

جدول ۳: تهدیدات فرعی کار با سیلندرهای تحت فشار، جوشکاری و برشکاری با گاز

تهدید/پیامد	کنترل	تهدید کنترل (تهدید فرعی)	کنترل فرعی
حرارت و گرما	عدم آزمایش نشتی سیلندر و متعلقات آن توسط شعله	آزمودن نشتی سیلندر و اتصالات	استفاده از کف آب و صابون و یا جایگزین مناسب جهت آزمودن نشتی
حرارت و گرما	عدم رهاسازی سیلندرها در زمان اتمام کار در محل سایت	وجود سیلندرهای بدون استفاده در سایت	۱. بازرسی و بازدید منظم و دوره‌ای از سایت ۲. ارائه دستورالعمل ایمنی سیلندرها و برگزاری جلسات آموزشی
حرارت و گرما	ممنوعیت گرم کردن سیلندر توسط شعله	یخزدگی بدنه یا شیر سیلندر	۱. گرم کردن سیلندر به وسیله بخار یا آب گرم
نگهداری و انبارش سیلندرها	نگهداری جداگانه سیلندرهای پر و خالی	مشخص نبودن سیلندرهای پر و خالی	۱. تعیین محل سیلندرهای پر و خالی در انبار (برچسب‌گذاری) ۲. تعیین مسئول انبار جهت دریافت و ارائه سیلندرها
تلفات جانی	تخلیه دفاتر اداری و سایت تا شعاع مناسب در زمان وقوع حریق در انبار سیلندرها	عدم وجود هماهنگی لازم بین کارکنان در سایت و دفاتر	۱. برگزاری مانورهای مرتبط و وجود طرح واکنش در شرایط اضطراری

پیامد)، عملیات کار با تابلو برق و ابزارهای برقی (۴ تهدید و ۲ پیامد)، عملیات دستگاه جوشکاری با برق (۴ تهدید و ۱ پیامد) و عملیات سنگ‌زنی (۴ تهدید و ۱ پیامد) قرار دارند.

نتایج مربوط به سیلندرهای تحت فشار، جوشکاری و برشکاری به طور کامل در جداول ۱ تا ۳ (شامل: تهدیدات، پیامدها و تهدیدات فرعی) نشان داده شده‌اند. باید توجه داشت که به دلیل گستردگی یافته‌ها، بخشی از نتایج در قالب نمودار پاپیونی تهدیدات (نمودار ۱) و پیامدها (نمودار ۲) ارائه گردیده‌اند.

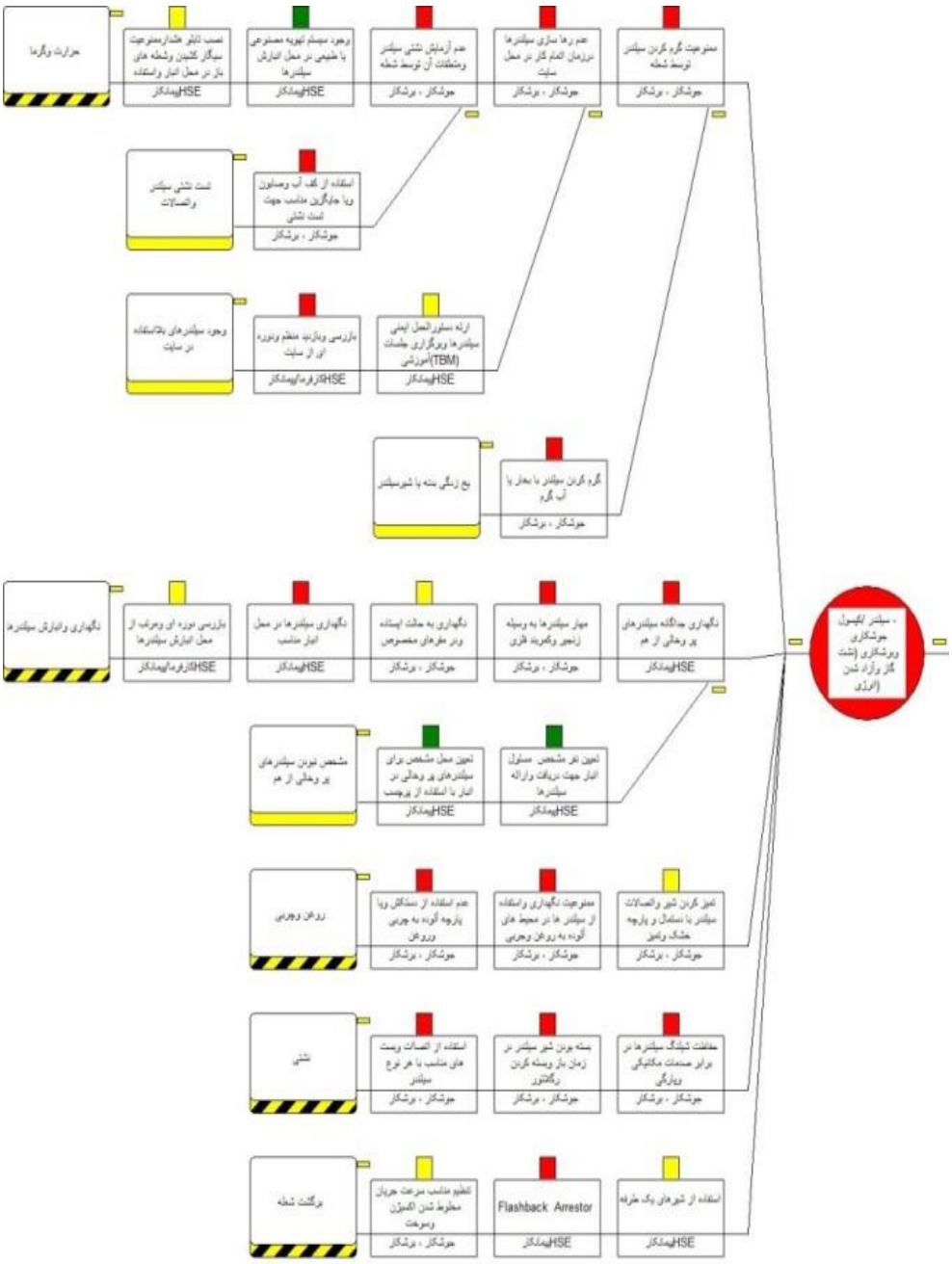
بحث

با توجه به اهمیت ویژه ریسک ایمنی در فعالیت‌های ساخت و ساز نیروگاه به دلایل فنی، مدیریتی، پروژه‌ای، اقتصادی و انسانی، شناسایی تمامی منابع خطر ایمنی و تحلیل ریسک آن‌ها بسیار ضرورت دارد (۱۳،۶). به‌کارگیری روش Bow tie در مطالعه حاضر نشان داد که درک خطر و مدیریت پیامدها با استفاده از این تکنیک تحلیل ریسک، ساده‌تر بوده؛ اما دقیق‌تر می‌باشد (۸،۹).

از سوی دیگر، نتایج مطالعه حاضر نشان دادند که با وجود هم‌پوشانی در برخی از موارد، هر یک از ۷ منبع خطر شناسایی شده دارای تهدیدات و پیامدهای متفاوتی هستند. ارتباط این زنجیره بر اساس فرایند بالفعل شدن خطرات و حوادث به وقوع پیوسته، بر نقش مهم این تحلیل تأکید می‌نماید. هم‌راستا با نتایج این پژوهش، یافته‌های مطالعات محمدفام و همکاران نشان دادند که ریسک ایمنی و شاخص‌های مرتبط با آن یکی از عوامل بسیار مهم در صنعت ساخت و ساز نیروگاهی می‌باشد (۱۴-۱۶).

علاوه بر این، یافته‌های این مطالعه حاکی از آن بودند که استفاده از تکنیک Bow-tie در تحلیل، واکاوی و اولویت‌بندی منابع خطر برای اقدامات مدیریتی و کنترلی ایمنی همچون پیشگیری و محدودسازی منابع خطر، بسیار حائز اهمیت بوده و

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]
[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.101]

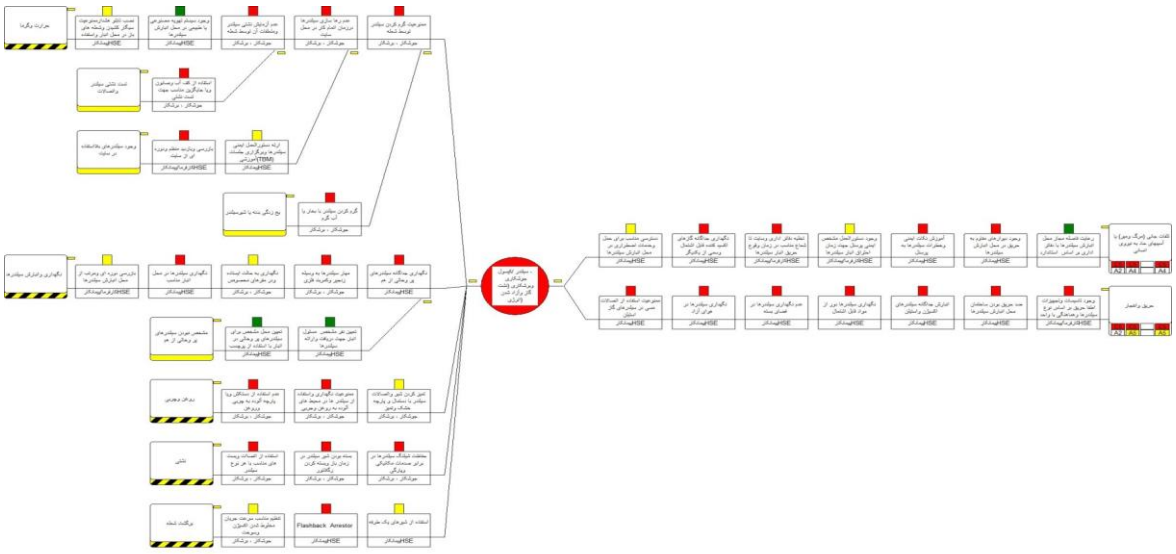


نمودار ۱: نمودار پاپیونی تهدید سیلندرهای تحت فشار، جوشکاری و برشکاری با گاز

دارای جایگاه مهمی می‌باشد. حیرانی و بقایی نیز در ارزیابی ریسک خطوط لوله انتقال نفت و گاز با استفاده از روش Bow-tie نشان دادند که استفاده از این مدل منجر به رفع نقص‌های درخت خطا و درخت واقعه می‌شود (۱۷). از سوی دیگر، Mulcahy و همکاران نتیجه گرفتند که روش Bow tie می‌تواند ساختاری با رویکرد شناسایی خطرات و موانع ایمنی، کنترل نقاط قوت و نظارت مؤثرتر به منظور جلوگیری از موانع را فراهم کرده، به‌علاوه این روش می‌تواند تسهیل‌کننده شناسایی انواع اقدامات حفاظتی برای ارتقا مدیریت ایمنی نیز باشد (۹).

به طور کلی، نتایج این مطالعه بیانگر آن بودند که منابع خطر و ریسک ایمنی ناشی از آن در ساخت و ساز واحد توربین هال، نیازمند به‌کارگیری تحلیل نظام‌مند و توسعه تحلیل علی بر مبنای ارتباط تهدید- پیامد می‌باشد و استفاده از تکنیک پاپیونی در این موضوع می‌تواند به عنوان یکی از موارد راه‌گشا مطرح باشد. اگرچه در این مطالعه قلمروی مکانی کوچکی برای تحلیل ریسک ایمنی انتخاب و ارائه گردید؛ اما شناسایی ۷ منبع خطر، تحلیل تهدیدها و پیامدها و ترسیم نمودار پاپیونی برای هر یک از این منابع هفت گانه بیانگر اهمیت توجه تفصیلی به منابع خطر، تهدیدات و پیامدهای ناشی از آن و ارائه راه‌کارهای کنترلی پیشگیرانه و محدودکننده خطر می‌باشد.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]
[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.101]



نمودار ۲: نمودار پاپیونی پیامد سیلندرهای تحت فشار، جوشکاری و برشکاری با گاز

راهنمای نمودار

منبع خطر (Hazard)	سیلندر/کپسول
مکان (Location)	واحد توربین هال
رویداد (Event)	نشت گاز و آزادشدن انرژی
نوع کنترل (Control Type)	اجباری و الزامی (Mandatory)
	مورد نیاز/واقعی (Required/Actual)
	انتخابی و اختیاری (Optional)

نتیجه‌گیری

نتایج بیانگر آن بودند که استفاده از تکنیک پاپیونی، روشی مناسب برای تحلیل ریسک، تهدیدات و کنترل پیامد در ساخت و ساز نیروگاه برق می‌باشد. شایان ذکر است که شناسایی ۷ منبع خطر مهم و انواع تهدیدها و پیامدهای هر یک از آن‌ها در ساخت و ساز واحد توربین هال و همچنین تحلیل ریسک این خطرات منجر به ارائه راه‌کارهای پیشگیرانه ایمنی و افزایش ضریب ایمنی این پروژه گردید.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان از همکاری علمی و اجرایی مدیریت ایمنی و بهداشت نیروگاه سیکل ترکیبی مورد مطالعه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

تضاد منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تضاد منافعی در این مطالعه نداشته‌اند.

ملاحظات اخلاقی

با توجه به عدم جمع‌آوری داده‌های انسانی، هیچ‌گونه محدودیت اخلاقی در این مطالعه مشاهده نشده است.

حمایت مالی

این مقاله توسط هیچ سازمانی حمایت مالی نشده است.

References

1. Zegordi SH, Nik ER, Nazari A. Power plant project risk assessment using a fuzzy-ANP and fuzzy-TOPSIS method. Int J Eng Transact B Appl 2012; 25(2): 107-20.
2. Habibi EA, Keshavarzi M, Yousefi RH, Hasanzadeh A. Outcome analysis of major accidents and determining the safety integrity level of processes in sour water stripping unit of gas refinery using lopa technique. Health Syst Res 2011; 7(3): 301-14.
3. NOrozi M, Jahangiri M, Choobineh A, Narimannejad A. Feasibility study of implementing process safety management (PSM) requirements in an Iranian petrochemical company. Int J Occup Hyg 2015; 5(2): 71-5.
4. Korhonen PJ, Luptacik M. Eco-efficiency analysis of power plants: an extension of data envelopment analysis. Eur J Operational Res 2004; 154(2): 437-46.
5. Gozzi M. Explosions, risk assessment in combined-cycle power plants. Mondometano 2000; 15(4): 34-9.
6. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Moghimbeygi A, Ghiasvand R. Exploring causal factors on the severity rate of occupational accidents in construction worksites. Int J Civil Eng 2017; 15(7): 959-65.
7. Khosravirad F, Zarei E, Mohammadfam I, Shoja E. Analysis of root causes of major process accident in town border stations (TBS) using functional hazard analysis (FuHA) and bow tie methods. J Occup Hyg Eng 2014; 1(3): 19-28.
8. Khakzad N, Khan F, Amyotte P. Dynamic risk analysis using bow-tie approach. Reliabil Eng Syst Saf 2012; 104: 36-44.
9. Mulcahy MB, Boylan C, Sigmann S, Stuart R. Using bowtie methodology to support laboratory hazard identification, risk management, and incident analysis. J Chem Health Saf 2017;

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]
[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.101]

24(3): 14-20.
10. Ferdous R, Khan F, Sadiq R, Amyotte P, Veitch B. Handling and updating uncertain information in bow-tie analysis. J Loss Prev Proc Indust 2012; 25(1): 8-19.
11. de Ruijter A, Guldenmund F. The bowtie method: a review. Saf Sci 2016; 88: 211-8.
12. Targoutzidis A. Incorporating human factors into a simplified "bow-tie" approach for workplace risk assessment. Saf Sci 2010; 48(2): 145-56.
13. Mohammadfam I, Soltanzadeh A, Moghimbeigi A, Akbarzadeh M. Confirmatory factor analysis of occupational injuries: presenting an analytical tool. Trauma Mon 2017; 22(2): e33266.
14. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Mahmoudi S, Savareh BA, Arani AM. Analysis and forecasting the severity of construction accidents using artificial neural network. Saf Prom Inj Prev 2017; 4(3): 185-92.
15. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Moghimbeigi A, Ghiasvand R. Key factors contributing to accident severity rate in construction industry in Iran: a regression modelling approach. Arch Indust Hyg Toxicol 2016; 67(1): 47-53.
16. Mohammadfam I, Soltanzadeh A, Moghimbeigi A, Savareh BA. Use of artificial neural networks (ANNs) for the analysis and modeling of factors that affect occupational injuries in large construction industries. Electron Physician 2015; 7(7): 1515-22.
17. Heyrani P, Baghaei A. Risk assessment in gas and oil pipelines based on the fuzzy Bow-tie technique. J Health Saf Work 2016; 6(1): 59-70.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]

[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.101]