Incidents and Disasters Resilience

Homepage: https://disaster.ndri.ac.ir/

Risk analysis and control in firefighting occupations using a combined JHA–Bow-Tie approach; a case study of Gohar Emdad company in the Gol Gohar mining and industrial area, Sirjan, Iran

Reza Rezazadeh[1]✉, Sina Mallahosseini[2], and **Mohsen Asadipour[3]**

1. Corresponding Author, M.Sc., Crisis Management Department, Gohar Emdad Company, Tehran, Iran. Email: rezarezazadeh6843@gmail.com
2. HSE Manager, Crisis Management Department, Gohar Emdad Company, Tehran, Iran. Email: sina3816@gmail.com
3. Chief Executive Officer (CEO), Gohar Emdad Company, Tehran, Iran. Email: m.asadipour@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 28 February 2025
Received in revised form 28 April 2025
Accepted 5 June 2025
Available online 29 June 2025

Keywords:
Risk Assessment,
Firefighting,
Job Hazard Analysis (JHA),
Bow-Tie Model,
Gol Gohar Industrial Area.

ABSTRACT

Objective: Given the high-risk nature of firefighting activities in mining and industrial environments, systematic identification and assessment of occupational hazards are of critical importance. This study aims to provide a comprehensive and structured analysis of the occupational risks faced by firefighters of Gohar Emdad Company in the Gol Gohar mining and industrial area of Sirjan, Iran.

Methods: A combined Job Hazard Analysis (JHA) and Bow-Tie approach was employed in this descriptive–analytical study, conducted with the participation of 150 operational firefighting personnel. Data were collected through interviews with experienced staff, review of incident records, and completion of JHA assessment worksheets. Risk evaluation was performed using a 7×7 severity–likelihood matrix.

Results: A total of 77 potential hazards were identified. The findings revealed that 38% of the risks fell within unacceptable categories (high, serious, and critical). Large-scale fires, fuel tank explosions, and smelting furnace explosions were ranked as the highest-priority risks. Bow-Tie analysis of these critical hazards enabled layered identification of preventive and mitigative barriers.

Conclusion: The integrated JHA–Bow-Tie framework provided a systematic understanding of hazard pathways and control measures. Based on the results, targeted strategies were proposed to enhance firefighter safety, improve operational resilience, and strengthen the effectiveness of the regional crisis management system.

Cite this article: Rezazadeh, R., Mallahosseini, S., Asadipour, M. (2025). Risk analysis and control in firefighting occupations using a combined JHA–Bow-Tie approach; a case study of Gohar Emdad company in the Gol Gohar mining and industrial area, Sirjan, Iran. ***Incidents and Disasters Resilience***, *2*(1), 55-68. https://doi.org/10.22034/1.2.43

© Author(s) retain the copyright.

Publisher: Natural Disasters Research Institute (NDRI).

DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.43

[Downloaded from www.disaster.ndri.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.55]

تاب‌آوری در برابر حوادث و سوانح

Homepage: https://disaster.ndri.ac.ir

تحلیل و کنترل ریسک‌های شغل آتش‌نشانی با رویکرد ترکیبی JHA - Bow Tie؛ مطالعه موردی: شرکت گهر امداد در منطقه معدنی و صنعتی گل گهر سیرجان

رضا رضازاده[1]✉، سینا ملاحسینی[2]، و محسن اسدی‌پور[3]

۱. نویسنده مسئول، کارشناسی‌ارشد، گروه بحران، شرکت گهر امداد، تهران، ایران. رایانامه: rezarezazadeh6843@gmail.com

۲. مدیر HSE، گروه بحران، شرکت گهر امداد، تهران، ایران. رایانامه: sina3816@gmail.com

۳. مدیرعامل، شرکت گهر امداد، تهران، ایران. رایانامه: m.asadipour@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۸

کلیدواژه‌ها:
ارزیابی ریسک،
آتش‌نشانی،
آنالیز خطرات شغلی (JHA)،
مدل Bow Tie،
منطقه گل‌گهر.

چکیده

هدف: با توجه به ماهیت پرخطر فعالیت‌های آتش‌نشانی در صنایع معدنی و صنعتی، شناسایی و ارزیابی نظام‌مند خطرات شغلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این پژوهش با هدف تحلیل سیستماتیک و جامع ریسک‌های شغل آتش‌نشانان شرکت گهرامداد در منطقه معدنی و صنعتی گل گهر سیرجان انجام شده‌است.

روش پژوهش: این پژوهش با استفاده از رویکرد ترکیبی آنالیز خطرات شغلی Analysis (JHA) Job Hazard و مدل پاپیونی Bow Tie استفاده کرده است. این مطالعه به‌صورت توصیفی ـ تحلیلی و با مشارکت ۱۵۰ نفر از پرسنل عملیاتی آتش‌نشانی انجام شد.

یافته‌ها: داده‌ها از طریق مصاحبه با پرسنل باتجربه، بررسی سوابق رویدادها و تکمیل کاربرگ‌های ارزیابی JHA گردآوری گردید. ارزیابی ریسک‌ها با استفاده از ماتریس ۷×۷ شدت و احتمال، منجر به شناسایی ۷۷ خطر بالقوه شد. نتایج نشان داد ۳۸٪ از خطرات در سطح «غیرقابل‌قبول» (زیاد، جدی و بحرانی) قرار دارند که حریق های گسترده، انفجار مخازن سوخت و انفجار کوره های ذوب بالاترین اولویت را دارند.

نتیجه‌گیری: تحلیل Bow Tie برای این ریسک های بحرانی، موانع پیشگیرانه و کاهنده را به صورت لایه ای مشخص کرد. در نهایت، بر اساس نتایج تحلیل، راهکارهایی برای بهبود ایمنی و تاب‌آوری عملیاتی آتش‌نشانان و ارتقای کارایی سیستم مدیریت بحران منطقه ارائه گردید.

استناد: رضازاده، رضا؛ ملاحسینی، سینا؛ و اسدی‌پور، محسن. (۱۴۰۴). تحلیل و کنترل ریسک‌های شغل آتش‌نشانی با رویکرد ترکیبی JHA - Bow Tie؛ مطالعه موردی: شرکت گهر امداد در منطقه معدنی و صنعتی گل گهر سیرجان. *تاب‌آوری در برابر حوادث و سوانح*، ۲ (۱)، ۵۵-۶۸.
https://doi.org/10.22034/1.2.43

ناشر: پژوهشکده سوانح طبیعی.

© نویسندگان.

[Downloaded from www.disaster.ndri.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.55]

مقدمه

مدیریت بحران (Crisis Management) در تأسیسات صنعتی و زیرساخت‌های حیاتی، یک رویکرد صرفاً واکنشی نیست، بلکه نیازمند استراتژی‌های پیشگیرانه جهت افزایش تاب‌آوری عملیاتی (Operational Resilience) است. در این راستا، شغل آتش‌نشانی به عنوان اولین پاسخ‌دهنده تخصصی در خط مقدم مهار حوادث، نقشی محوری دارد.

منطقه گل‌گهر سیرجان، به عنوان یک قطب استراتژیک معدنی و صنعتی کشور، ماهیتی شدیداً پرریسک دارد؛ عملیات آتش‌نشانان در این منطقه فراتر از حریق‌های معمول شهری بوده و شامل مقابله با خطرات تخصصی مانند ریزش دیواره پیت معدن، حریق‌های گسترده، انفجار مخازن سوخت، انفجار کوره‌های ذوب، نشت گازهای سمی و سوانح مرتبط با ماشین‌آلات سنگین است. هر گونه قصور در مدیریت این ریسک ها می تواند منجر به تشدید بحران و زیان های جبران ناپذیر ملی شود. شرکت گهر امداد، به عنوان ارائه‌دهنده خدمات تخصصی آتش‌نشانی در این منطقه، مستقیماً با این سطح از ریسک سروکار دارد.

هدف اصلی این مقاله، نه صرفاً ارزیابی ریسک‌های شغلی، بلکه تقویت حلقه اولیه پاسخ‌دهی و ارائه یک نقشه راه پیشگیرانه برای کاهش آسیب پذیری نیروی انسانی است. لذا، این پژوهش از یک رویکرد ترکیبی استفاده می‌کند: ابتدا روش آنالیز خطرات شغلی (JHA)، برای تجزیه دقیق عملیات بحرانی و شناسایی و رتبه بندی سیستماتیک ریسک‌های اختصاصی آتش نشانان به کار می‌رود. سپس، برای تحلیل لایه‌های دفاعی و مدیریت موانع ریسک‌های بحرانی، از مدل پاپیونی (Bow Tie) استفاده می‌شود تا کنترل‌های پیشگیرانه و کاهنده به صورت سیستماتیک ترسیم و تقویت شوند. این ارزیابی و تحلیل ترکیبی، راهکاری جامع برای ارتقاء تاب آوری کلی منطقه در برابر سوانح معدنی و صنعتی فراهم می‌آورد.

پیشینه پژوهش

تبیین روش‌ها (JHA و مدل Bow Tie)

این پژوهش به منظور دستیابی به یک تحلیل سیستماتیک و لایه‌ای از ریسک‌های شغلی، از رویکرد ترکیبی آنالیز خطرات شغلی (Job Hazard Analysis - JHA)و مدل پاپیونی (Bow Tie) استفاده کرده است:

– **آنالیز خطرات شغلی (JHA):** یک تکنیک تحلیلی پیشگیرانه و سیستماتیک است که بر اساس استاندارد مراجع جهانی (مانند OSHA و NFPA)، وظایف عملیاتی پرخطر را به گام‌های کوچک تجزیه می‌کند، این روش با شناسایی خطرات و پیامدهای آنها، امکان رتبه بندی ریسک‌ها (از طریق ماتریس ریسک) و تدوین روش‌های کار ایمن (SOP) را برای کاهش خطای انسانی و افزایش قابلیت اطمینان سیستم پاسخ دهی فراهم می‌آورد [۱] و [۲].

– **مدل پاپیونی (Bow Tie Model):** درمیان الگوهای گوناگونی که برای بیان سناریوهای حوادث ارائه شده، روش Bow Tie به‌عنوان یک ابزار گرافیکی و لایه‌ای، یکی از مهم‌ترین و مؤثرترین روش‌ها شناخته شده است [۳]. این مدل با تجسم رویداد بحرانی (Top Event)، ارتباط میان علل (Threats) و پیامدهای (Consequences) آن را نشان داده و بر ترسیم و تقویت موانع دفاعی سیستماتیک (Barriers) در دو طرف پیشگیرانه (کنترل علل) و کاهنده (کنترل پیامد) تمرکز می کند. مدل پاپیونی ابزاری ضروری برای تقویت تاب‌آوری عملیاتی و پایش اثربخشی لایه‌های دفاعی است [۴].

مدیریت ریسک با استفاده از روش پاپیونی Bow Tie شامل این مراحل می‌باشد: ۱.تعیین و شناسایی خطر۲. تعیین رویدادی که به بروز ریسک منجر می‌شود ۳. شناسایی عوامل و فعالیت‌هایی که به صورت بالقوه توان ایجاد تهدید دارند ۴. شناسایی پیامدهای احتمالی ناشی از وقوع رویداد اصلی ۵. بررسی و شناسایی عوامل مؤثر در پیشگیری و کاهش احتمال بروز ریسک ناشی از اثر هر یک از عوامل تهدید کننده ۶. ارائه راهکارهای اثربخش برای کنترل و کاهش شدت پیامدهای حاصله ۷. شناسایی عوامل مؤثر در از دست رفتن اثر بخشی هر یک از موانع و ارائه راهکار کنترلی برای آن‌ها [۵].

پیشینه تحقیق

مرور مطالعات قبلی نشان می‌دهدکه استفاده از ابزارهای سیستماتیک مانند JHA در مدیریت ریسک شغلی حیاتی است. در این

[Downloaded from www.disaster.ndri.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.55]

زمینه Hadjigeorgiou و همکاران (۲۰۲۳) بر تحلیل ریسک‌های ناپایداری شیب‌ها و ریزش دیواره‌ها در معادن روباز تمرکز کرده و بر لزوم پروتکل‌های واکنش اضطراری تخصصی تأکید کرده‌اند [۶]. این یافته به‌طور مستقیم با چالش‌های عملیاتی شرکت گهر امداد در مناطق معدنی گل‌گهر مرتبط است. همچنین، Kim و همکاران (۲۰۱۸)، کاربرد JHA را برای عملیات نجات فنی مورد بررسی قرار داده و بر ریسک‌های ناشی از پیچیدگی محیط عملیاتی و خطای ارتباطی تأکید کرده‌اند [۷]. در تحقیقات داخلی، مؤمنی تبار (۱۴۰۲) در پژوهش خود با استفاده از روش‌های JHA و Bow Tie، به شناسایی و تحلیل ۳۷۹ ریسک شغلی در سکوی نفتی سلمان پرداخته است و تأیید نموده است که این رویکرد ترکیبی، امکان بررسی علل، پیامدها و کنترل‌های پیشگیرانه را فراهم نموده و به ارائه راهکارهای مؤثر برای کاهش سطح ریسک منجر می شود [۵]، و پژوهش خدابنده‌لو و همکاران (۲۰۲۵) در سازمان آتش‌نشانی شهری تهران، با ترکیب JSA و ANP، ریسک‌های مدیریتی (مانند استرس و کمبود نیرو) را در کنار ریسک‌های عملیاتی (مانند تصادفات) در اولویت قرار داده‌اند [۸].

در سال‌های اخیر، کاربرد مدل Bow Tie به خصوص در صنایع با ریسک بالا مانند نفت و گاز، پتروشیمی و معدن گسترش یافته است. Sklet (۲۰۰۶) کاربرد تحلیل موانع را در تحقیقات حوادث برجسته می کند و نشان داده است که ابزار مفیدی برای ردیابی توالی علل و موانعی است که در نهایت منجر به حادثه شده اند [۴]. Pitblado و Swaen (۲۰۲۰) بر توانایی Bow Tie در اتصال عوامل سازمانی به حوادث ایمنی فرآیند تأکید داشته اند [۹]. عابدی و همکاران (۱۳۹۹) به ارزیابی ریسک در صنایع نفت و گاز با استفاده از ترکیب مدل Bow Tie و روش HAZOP پرداخته‌اند و کارایی این مدل ترکیبی را در شناسایی نقاط بحرانی کنترل برای سناریوهای انفجار و نشت گاز تأیید کرده اند [۱۰]. رحیمی و سهرابی (۱۴۰۲) از مدل Bow Tie برای تحلیل حوادث ناشی از سقوط از ارتفاع در بخش ساخت و ساز استفاده کرده‌اند. نتایج این پژوهش بر اهمیت موانع نرم افزاری (آموزش و نظارت) در کنار موانع سخت افزاری (تجهیزات حفاظت فردی) تأکید داشته است [۱۱].

بیان مسأله

اکثر پژوهش‌های مرتبط با ایمنی آتش‌نشانان بر محیطهای شهری متمرکز بوده و شرایط ویژه‌ی عملیات در صنایع و معادن کمتر بررسی شده است. در منطقه معدنی و صنعتی گل‌گهر، ماهیت عملیات اطفائی و امدادی به‌دلیل وجود کوره‌های ذوب، مخازن سوخت، گازهای سمی و ... با ریسک‌های بسیار بالاتری همراه است. همچنین در مطالعات پیشین، تحلیل جامع موانع دفاعی و پیشگیرانه در ساختار مدیریت بحران کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، این پژوهش با استفاده از مدل ترکیبی JHA–Bow Tie تلاش دارد خطرات شغلی آتش‌نشانان را به‌صورت نظام‌مند شناسایی و تحلیل کند و راهکارهایی برای بهبود ایمنی، کاهش پیامدهای بحرانی و ارتقای تاب‌آوری عملیاتی ارائه دهد.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش کاربردی و توصیفی‌تحلیلی است و با هدف شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک‌های شغلی در آتش‌نشانی صنعتی انجام شد. منطق روش‌شناسی بر ترکیب مرحله‌ای دو ابزار مکمل استوار است: تحلیل ایمنی شغلی (JHA) برای شناسایی نظام‌مند خطرها در سطح گام‌های کاری و اولویت‌بندی ریسک‌ها، و مدل Bow Tie برای تحلیل علتی–کنترلی ریسک‌های بحرانی و تبیین موانع پیشگیرانه و کاهنده پیامد. به‌منظور افزایش قابلیت اتکا و بازتولیدپذیری، فهرست فعالیت‌ها بر اساس شرح وظایف و مستندات عملیاتی و سوابق حادثه/شبه‌حادثه استخراج و در جلسه خبرگی نهایی شد؛ همچنین امتیازدهی ریسک با اتکا به شواهد مستند و اجماع خبرگان انجام گرفت و اختلاف‌نظرها در جلسات خبرگی حل‌وفصل شد.

فاز اول: تحلیل ایمنی شغلی (JHA) جامعه پژوهش پرسنل آتش‌نشانی صنعتی پالایشگاه (۱۵۰ نفر) بود و برای گردآوری داده‌های تخصصی، نمونه‌گیری هدفمند از افراد باتجربه و آشنا با فرایندهای پالایشگاه انجام شد. داده‌ها از بررسی اسناد و سوابق، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته و تکمیل کاربرگ‌های JHA گردآوری شد. در JHA، هر فعالیت به گام‌های اجرایی خرد و برای هر گام، خطرها، پیامدهای محتمل و کنترل‌های موجود/ پیشنهادی ثبت شد. ارزیابی ریسک براساس دو مؤلفه احتمال و شدت و با

[Downloaded from www.disaster.ndri.ac.ir on 2026-11-18]
[DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.55]

استفاده از ماتریس ۷×۷ انجام گرفت و هر خطر در چهار طبقه قابل‌قبول، قابل‌تحمل، جدی و بحرانی دسته‌بندی شد. برای استانداردسازی، تعاریف سطوح احتمال و شدت و قواعد طبقه‌بندی ماتریس در کاربرگ‌ها لحاظ شد و امتیاز نهایی با اجماع گروه خبره تعیین گردید.

فاز دوم: تحلیل ریسک‌های بحرانی با مدل Bow Tie. ریسک‌های قرارگرفته در طبقه بحرانی (با در نظر گرفتن سطح ریسک و اهمیت پیامد و در صورت نیاز تکرارپذیری در چند فعالیت) انتخاب و برای هر مورد، مدل Bow Tie ترسیم شد. در این مدل، رویداد مرکزی تعریف و تهدیدها، پیامدها و موانع کنترلی در دو دسته پیشگیرانه و کاهنده پیامد استخراج شد. ورودی‌های مدل از تلفیق مصاحبه‌های خبرگی، مستندات ایمنی و رویه‌های عملیاتی و سوابق حادثه/شبه‌حادثه به‌دست آمد و نهایی‌سازی در جلسه خبرگی انجام شد. تحلیل داده‌ها به‌صورت توصیفی‌تحلیلی گزارش شد و نتایج، اولویت‌های مداخله و شکاف‌های کنترلی را برای تصمیم‌گیری اجرایی ارائه کرد. اصول محرمانگی داده‌ها و عدم ثبت اطلاعات هویتی افراد رعایت شد.جامعه آماری شامل کلیه پرسنل عملیاتی شرکت به تعداد ۱۵۰ نفر می باشد.

فاز اول: آنالیز خطرات شغلی (JHA)

۱. تشکیل کمیته اجرایی: کمیته اجرایی با حضور مدیران، رؤسا و کارشناسان واحدهای ایمنی و آتش نشانی تشکیل گردید.

۲. جمع آوری اطلاعات: نمونه‌گیری به صورت هدفمند از پرسنل با تجربه صورت پذیرفت. همچنین سوابقی نظیر چک لیست‌ها، گزارشات حوادث و شبه حوادث، تجزیه و تحلیل رویدادها و ... جمع آوری گردید.

۳. ابزار تحلیل و ارزیابی ریسک: ابزار اصلی تحلیل، یک ماتریس ریسک ۷×۷ می‌باشد که بر اساس دو معیار شدت پیامد (Severity) و احتمال وقوع (Likelihood)، سطح ریسک مشخص می‌گردد. مقادیر شدت و احتمال بر اساس نظر تیم خبرگی و با بررسی سوابق تعیین گردید.

٤. تعیین فعالیت و زیر فعالیت: فعالیت‌های اصلی آتش نشانان در شرکت گهر امداد (شامل: ایاب و ذهاب و تردد، حضور در ایستگاه آتش نشانی، انجام عملیات های اطفاء حریق و امداد و نجات، انجام مانور، آمادگی جسمانی و استراحت) شناسایی و به زیرفعالیت‌ها تقسیم بندی شد.

۵. تعیین مخاطرات و اولویت بندی سطوح ریسک: بر اساس هر زیر فعالیت، مخاطرات ایمنی و بهداشتی شناسایی و به اولویت بندی سطوح ریسک پرداخته شد.

٦. تعیین اقدامات اصلاحی: پس از اولویت بندی ریسک‌ها، برای هر کدام از خطرات اقدامات اصلاحی پیشنهادی ذکر گردید.

مقادیر مربوط به شدت پیامد، احتمال وقوع و ماتریس ارزیابی ریسک JHA در جدول ۱ ارائه شده است. طبق این ماتریس درجه ریسک و اقدامات کنترلی متناسب با آن پیش بینی و تعریف می‌شود. سطوح ریسک و طرح اقدامات کنترلی نیز بر اساس جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۱. شدت پیامد، احتمال وقوع و ماتریس ارزیابی ریسک JHA

	پیامدهای ایمنی و بهداشت	معیار	سطح شدت	ماتریس ارزیابی ریسک JHA						
شدت پیامد	مرگ	فاجعه بار	۷	7A	7B	7C	7D	7E	7F	7G
	از دست دادن عضو بدن، سرطان‌های شغلی، بیماری شدید روانی، ازکارافتادگی دائم	جبران ناپذیر	۶	6A	6B	6C	6D	6E	6F	6G
	سوختگی، جراحت شدید کارکنان ، آسیب به ستون فقرات، بیماری روانی برگشت‌پذیر، ازکارافتادگی موقت اندام بدن، بیماری شغلی شدید	قابل توجه	۵	5A	5B	5C	5D	5E	5F	5G

[Downloaded from www.disaster.ndri.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.55]

	شکستگی اعضای بدن، بیماری روانی موقت، آسیب به اندام بدن، بیماری شغلی	متوسط	۴	4A	4B	4C	4D	4E	4F	4G
	جراحت یا سوختگی سطحی، بیماری‌های تنفسی، ضرب‌دیدگی عضوی از بدن،کوفتگی ناشی از کار ، بیماری شغلی موقت	کم	۳	3A	3B	3C	3D	3E	3F	3G
	خراش پوست و آفتاب سوختگی، ناراحتی جزئی، گرفتگی عضله	خیلی کم	۲	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G
	اثر خیلی جزئی و قابل‌اغماض	جزئی	۱	1A	1B	1C	1D	1E	1F	1G
احتمال	احتمال			A	B	C	D	E	F	G
	فرکانس – دفعات			بعید	به ندرت	محتمل	گاه‌گاه	اغلب	اکثر	دائماً
	توصیف احتمال			این رویداد ممکن است بیش از ۱۰ سال یک بار رخ دهد	این رویداد بین ۵ تا ۱۰ سال یک بار ممکن است رخ دهد	این رویداد بین ۳ تا ۵ سال یک بار ممکن است رخ دهد	این رویداد بین ۱ تا ۳ سال یک بار ممکن است رخ دهد	این رویداد بین ۶ ماه تا ۱ سال یک بار ممکن است رخ دهد	این رویداد بین ۱ ماه تا ۶ ماه یک بار ممکن است رخ دهد	این رویداد ممکن است ماهیانه یک بار یا بیشتر رخ دهد

جدول ۲. سطوح ریسک و طرح اقدامات کنترلی

نوع ریسک	سطح ریسک	اقدامات و زمان بندی
قابل قبول	کم	هیچ اقدامی مورد نیاز نمی باشد و نیازی به نگهداری سوابق مستندات نیست، انجام فعالیت / ادامه وضع موجود بدون کنترل خاص مجاز است.
	متوسط	با در نظر گرفتن هزینه های کنترل ریسک، راه حل های با صرفه و اقتصادی می تواند انجام شود.
غیر قابل قبول	زیاد	اقدامات لازم جهت کاهش خطرات در دستور کار قرار گیرد.
	جدی	منابع قابل توجهی بایستی جهت کاهش ریسک مورد نظر اختصاص یابد، هر کجا که ریسک در کاری که در حال انجام است وجود دارد اقدامات لازم بایستی صورت پذیرد.
	بحرانی	اقدامات کنترلی جهت کاهش ریسک بایستی فوراً صورت پذیرد.

فاز دوم: تحلیل عمقی ریسک با مدل Bow Tie

۱. انتخاب ریسک‌های بحرانی: سه ریسک با بالاترین اولویت (حریق گسترده، انفجار مخازن سوخت، انفجار کوره‌های ذوب) برای تحلیل لایه‌ای انتخاب شدند و برای هر کدام نیز رویدادهای بحرانی (Top Event) که می‌تواند عملیات را مختل و جان آتش‌نشانان را در خطر اندازد، تعیین گردید.

۲. تحلیل لایه‌های دفاعی: برای هر یک از این رویدادهای بحرانی (Top Event)، علل ریشه‌ای (Threats) و پیامدهای نهایی (Consequences) شناسایی گردید.

۳. ترسیم و مدیریت موانع: جهت نمایش بصری و مدیریت موانع دفاعی (شامل موانع پیشگیرانه و موانع کاهنده)، از نرم‌افزار تخصصی Bow Tie Pro استفاده گردید. رویدادهای بحرانی در گره پاپیون، علل و موانع پیشگیرانه در سمت چپ و پیامدها و موانع کاهنده در سمت راست مدل Bow Tie مشخص می‌گردند.

[Downloaded from www.disaster.ndri.ac.ir on 2026-11-18]
[DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.55]

یافته‌های پژوهش

توزیع و سطح ریسک‌های شغلی

ارزیابی ریسک JHA برای فعالیت های اصلی آتش نشانان شامل: ایاب و ذهاب و تردد، حضور در ایستگاه آتش نشانی، انجام عملیات های اطفاء حریق و امداد و نجات، انجام مانور، آمادگی جسمانی و استراحت، انجام گرفت که طبقه بندی ریسک های شناسایی شده برای تمامی فعالیت های اصلی، در جدول شماره ۳ مشخص شده است؛ که مطابق با آن در مجموع تعداد ۷۷ خطر بالقوه در وظایف عملیاتی پرسنل آتش‌نشانی شرکت گهر امداد شناسایی شد. تحلیل بر اساس ماتریس ریسک ۷×۷ و دسته‌بندی فوق نشان داد که ۳۰ مورد (۳۸ ٪) از این خطرات در سطح «غیرقابل قبول» (بحرانی، جدی و زیاد) قرار دارند که نیازمند توجه و مداخله فوری مدیریتی و مهندسی است.

از میان فعالیت های اصلی، انجام عملیات های اطفاء حریق و امداد و نجات، به عنوان پرریسک ترین فعالیت شناسایی شد که شامل ۳ ریسک بحرانی: ۱- حریق یا آتش سوزی‌های گسترده، ۲- انفجار مخازن سوخت و ۳- انفجار کوره‌های ذوب، می‌باشد و نتایج انجام ارزیابی ریسک برای این فعالیت در شکل ۱ ارائه شده است.

جدول ۳. طبقه بندی ریسک‌های شناسایی شده

شغل	فعالیت اصلی	سطح ریسک					
		قابل قبول		غیر قابل قبول			مجموع
		کم	متوسط	زیاد	جدی	بحرانی	
آتش نشان	تردد	۰	۸	۱	۱	۰	۱۰
	حضور در ایستگاه آتش نشانی	۰	۴	۱	۰	۰	۵
	انجام عملیات	۰	۱۵	۴	۱۲	۳	۳٤
	انجام مانور	۳	۱۱	۱	۵	۰	۲۰
	آمادگی جسمانی	۰	۴	۰	۰	۰	٤
	استراحت	۱	۲	۱	۰	۰	٤
مجموع		٤	٤٤	۸	۱۸	۳	۷۷

[Downloaded from www.disaster.ndri.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.55]

شکل ۱. ارزیابی ریسک شغل آتش نشان (فعالیت اصلی: عملیات اطفاء حریق و امداد و نجات)

کاربرگ شناسایی و ارزیابی مخاطرات شغلی به روش JHA													
شغل: آتش نشان					فعالیت اصلی: انجام عملیات اطفاء حریق و امداد و نجات								
ردیف	فعالیت	خطر	رویداد	پیامد	علل	اقدام کنترلی موجود	قبل از انجام اقدام اصلاحی			اقدام پیشنهادی	پس از انجام اقدام اصلاحی		
							شدت	احتمال	سطح ریسک		شدت	احتمال	سطح ریسک
۱	زنگ اعلام حریق	صوت	مواجهه با صوت	تاثیر روی سیستم عصبی	استرس ناشی از زنگ حریق (۸۵ دسیبل یا بالاتر) وقتی که بدن در حال استراحت کامل است و بلافاصله تحرک سریع صدای آزیر و بلند گو	ایجاد نمودن شرایطی جهت عدم نیاز به خواب پرسنل آتش نشان در ایستگاه نظیر ساعت شیفت کاری مناسب، باشگاه ورزشی و ... بنابراین به علت هوشیاری حتی میتوان شدت صدای زنگ حریق را هم کمتر نمود	۲	G	۲G				
۲	مهیا شدن و پوشیدن تجهیزات حفاظت فردی و عملیاتی جهت انجام عملیات	نحوه آماده شدن	سکندری خوردن، پیچ خوردن مچ پا	ضرب دیدگی	تعجیل و تسریع در کار، عدم برخورداری از آمادگی جسمانی مناسب	انجام تست های آمادگی جسمانی، آموزش	۳	E	۳E				
۳	رانندگی با ماشین آتش نشانی به سمت محل حادثه	خودرو	تصادف و واژگونی	جراحت، نقص عضو، مرگ	رانندگی با شتاب در معابر کم عرض و شلوغ و عدم تمرکز و مهارت کامل، نقص فنی ماشین الات، سرعت زیاد، ناهموار بودن و وجود مصالح در مسیر، عدم رعایت دستورالعمل های ترافیکی و آیین نامه های راهنمایی و رانندگی، خستگی و خواب الودگی راننده ها، لغزنده بودن مسیرها، عدم دید کافی راننده ها (روشنایی زیاد، گرد و خاک و ...)	تفکیک وظایف و مشخص نمودن راننده مجرب خودروی آتش نشانی، آموزش، بازرسی ماشین آلات	۷	D	۷D	دستورالعمل رانندگی تدافعی، آموزش رانندگی تدافعی، نوسازی ناوگان حمل و نقل، برگزاری مانور	۷	D	۷D
۴	تردد در منطقه عملیاتی	وجود ماشین الات متحرک	تصادف ماشین الات با پرسنل	جراحت، نقص عضو، مرگ	بی احتیاطی فرد و توقف در مسیرهای پر رفت و آمد، نقص فنی ماشین آلات، نداشتن جلیقه شبرنگ در شیفت شب، دید ناکافی	آموزش افراد، تهیه و تحویل جلیقه شبرنگ	۷	D	۷D	استفاده از افسر ایمنی در عملیات ها، انجام تست های صلاحیت سنجی آتش نشانان به صورت دوره ای، برگزاری مانور	۷	B	۷B
۵	تردد در منطقه عملیاتی	موانع در مسیر	به هم خوردن تعادل	جراحت، ضرب دیدگی	ماهیت موقعیت عملیات	استفاده از PPE مناسب (کفش ایمنی مناسب)	۳	D	۳D				
۶	اطفاء حریق	سیال داغ - دمای بالای ۱۵۰ درجه سانتیگراد	آتش سوزی های گسترده	مرگ، سوختگی شدید، از دست دادن عضو بدن	وسعت بالای آتش سوزی، وسایل حفاظت فردی و عملیاتی نامناسب، تجهیزات نامناسب اطفاء حریق	آموزش افراد، استفاده از تجهیزات اطفاء حریق استاندارد، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی استاندارد	۷	F	۷F	استفاده از افسر ایمنی در عملیات ها، انجام تست های صلاحیت سنجی آتش نشانان به صورت دوره ای، برگزاری منظم دوره های آموزشی تخصصی، تجهیزات عملیاتی استاندارد، برگزاری مانور	۶	D	۶D
۷	اطفاء حریق	شیلنگ های آتش نشانی	برخورد کوپلینگ شیلنگ با بدن	شکستگی اعضای بدن، ضرب دیدگی	عدم کوپل مناسب، شکستگی و فرسوده بودن کوپلینگ	بازرسی روزانه، آموزش نفرات، تهیه تجهیزات اطفاء حریق استاندارد	۴	D	۴D				
۸	اطفاء حریق	هیدروکربن - هیدروکربنهای گازی	تنفس گازهای سمی	آسیب به ریه، خفگی	محبوس شدن در محل آتش سوزی، عدم وجود درب خروج اضطراری، عدم استفاده از ماسک تنفسی و کپسول اکسیژن در محیط های بسته، عدم شناخت با نوع ماده سوختنی	آموزش تخصصی و SDS، استفاده از ماسک تنفسی، عدم ورود به محیط های بسته	۵	E	۵E	برگزاری مانور، برگزاری منظم دوره های آموزشی تخصصی، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۴	D	۴D
۹	اطفاء حریق	الکتریسیته	برق گرفتگی	مرگ، سوختگی	آتش سوزی کابل ها و تجهیزات برقی، پاشش آب بر روی کابل ها و یا سیستم های برقی به صورت سهوی	قطع برق قبل شروع عملیات، آموزش، تجهیزات حفاظت فردی استاندارد	۷	E	۷E	استفاده از افسر ایمنی در عملیات ها، انجام تست های صلاحیت سنجی آتش نشانان به صورت دوره ای، برگزاری مانور، برگزاری منظم دوره های آموزشی تخصصی، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۶	C	۶C
۱۰	اطفاء حریق	مخاطرات فیزیکی و ارگونومی - شرایط بد محیط داخلی	زمین خوردن	ضرب دیدگی	استرس حین عملیات، آمادگی جسمانی ناکافی، عدم هماهنگی بین تیم آتش نشانی، وجود قطعات اضافی در مسیر دسترسی، حضور افراد متفرقه در محیط	فرماندهی عملیات برنامه ریزی شده، تست های آمادگی جسمانی، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب	۳	D	۳D				
۱۱	اطفاء حریق	حمل دستی تجهیزات و اجسام	فشار بر ستون مهره ها و اعضای بدن	آسیب به اعضای بدن	عدم حمل دستی بار به صورت ایمن و مناسب	آموزش بلند کردن و جابه جایی صحیح تجهیزات به امداد گران، تدوین دستورالعمل	۴	D	۴D				
۱۲	اطفاء حریق	پرتاب سنگ، اجسام و براده	پرتاب قطعات در حال حریق	جراحت شدید کارکنان، آسیب به اعضای بدن	موج انفجار، اختلاف سطح عملیات اطفاء	استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب	۵	E	۵E	استفاده از افسر ایمنی در عملیات ها، برگزاری مانور، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۴	D	۴D
۱۳	اطفاء حریق	اشیاء در ارتفاع	سقوط اشیاء روی افراد	جراحت شدید کارکنان، آسیب به اعضای بدن	چیدمان غیراصولی در انبارها، دود گرفتگی و نداشتن دید کافی	استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب	۵	E	۵E	استفاده از افسر ایمنی در عملیات ها، برگزاری مانور، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۴	D	۴D
۱۴	اطفاء حریق	گرد وغبار و ذرات معلق در هوا	مواجهه با گرد و غبار	بیماری های تنفسی	ماهیت کار	انجام معاینات ادواری، استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب	۴	D	۴D				
۱۵	اطفاء حریق	گازها و بخارات	مواجهه با گازها و بخارات ناشی از احتراق	آسیب ریوی	عدم استفاده از ماسک	ماسک تنفسی	۵	D	۵D	برگزاری مانور، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۴	D	۴D

[Downloaded from www.disaster.ndri.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.55]

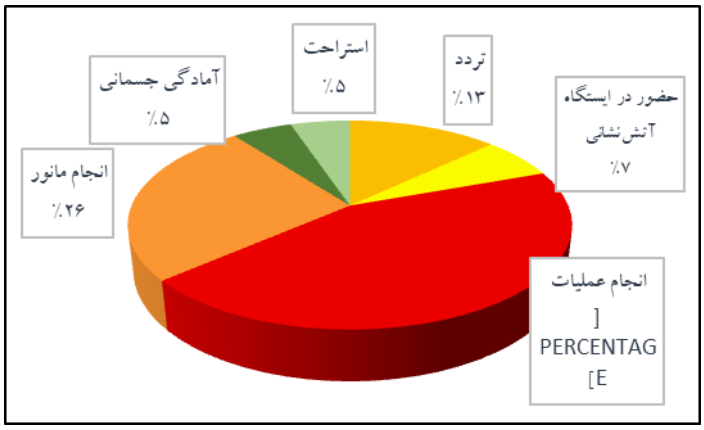
کاربرگ شناسایی و ارزیابی مخاطرات شغلی به روش JHA

شغل: آتش نشان				فعالیت اصلی: انجام عملیات اطفاء حریق و امداد و نجات							
ردیف	فعالیت	خطر	رویداد	پیامد	علل	اقدام کنترلی موجود	قبل از انجام اقدام اصلاحی			اقدام پیشنهادی	پس از انجام اقدام اصلاحی		
							شدت	احتمال	سطح ریسک		شدت	احتمال	سطح ریسک
۱۶	اطفاء حریق	مواد شیمیایی و سمی	مواجهه با مواد شیمیایی و سمی	آسیب به اندام بدن، بیماری شدید	مواد شیمیایی و سمی موجود در محل حادثه	انجام معاینات ادواری، استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب	۶	D	۶D	برگزاری مانور، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۴	D	۴D
۱۷	اطفاء حریق	سر و صدای زیاد	مواجهه با سر و صدای زیاد محیط کار	کری شغلی و کاهش شنوایی	ماهیت فعالیت	انجام معاینات ادواری، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب	۳	E	۳E				
۱۸	اطفاء حریق	ارگونومی	پوسچر شغلی نامناسب	اختلالات اسکلتی و عضلانی	داشتن پوسچر نامناسب	آموزش، معاینات ادواری	۳	E	۳E				
۱۹	اطفاء حریق	استرس های کاری	مواجهه با فشارهای روحی و روانی	نارضایتی از کار، غیبت از کار، بالا رفتن احتمال ریسک حادثه، کاهش بهره وری	شرایط محیط کار، عوامل اجتماعی و فردی	معاینات ادواری	۳	E	۳E				
۲۰	اطفاء حریق	استرس حرارتی	مواجهه با گرما و سرمای ناشی از محیط کار	گرمازدگی، سرمازدگی، سرماخوردگی، سوختگی ناشی از حرارت زیاد	فصل سال، قرار گرفتن در معرض کوره های ذوب	معاینات ادواری، استفاده از وسایل حفاظت فردی متناسب با شرایط آب و هوایی و موقعیت اطفاء حریق	۵	F	۵F	استفاده از افسر ایمنی در عملیات ها، انجام تست های صلاحیت سنجی آتش نشانان به صورت دوره ای، برگزاری مانور، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۴	D	۴D
۲۱	اطفاء حریق	اشعه ماورابنفش و مادون قرمز	قرار گرفتن در معرض پرتوهای ماورابنفش و مادون قرمز ناشی از نور خورشید	کاتاراکت، سرطان پوست، آفتاب سوختگی	فعالیت در فضای باز	معاینات ادواری، استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب	۲	D	۲D				
۲۲	اطفاء حریق	اختلاف ارتفاع	سقوط از روی خودروی آتش نشانی	شکستگی اعضای بدن، ضرب دیدگی	داشتن پوسچر نامناسب، عدم استفاده از PPE مناسب	آموزش، تجهیزات حفاظت فردی استاندارد	۴	E	۴E	انجام تست های صلاحیت سنجی آتش نشانان به صورت دوره ای، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۳	D	۳D
۲۳	اطفاء حریق در ارتفاع	اختلاف ارتفاع بالای ۱/۲متر	سقوط از ارتفاع	مرگ، نقص عضو، ضرب دیدگی، جراحت	نامناسب بودن جاکار عملیات، عدم استفاده از تجهیزات کار در ارتفاع، موج انفجار	آموزش، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی کار در ارتفاع	۷	E	۷E	استفاده از افسر ایمنی در عملیات ها، انجام تست های صلاحیت سنجی آتش نشانان به صورت دوره ای، برگزاری مانور، برگزاری منظم دوره های آموزشی تخصصی، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۶	C	۶C
۲۴	اطفاء حریق در ارتفاع	استفاده از نردبان دستی	سقوط	شکستگی اعضای بدن، ضرب دیدگی	عدم مهار صحیح نردبان، عدم استفاده از تجهیزات مهار فرد در ارتفاع	آموزش، به کار بردن تجهیزات کار در ارتفاع	۴	D	۴D				
۲۵	اطفاء حریق در ارتفاع	استفاده از نردبان دستی	سر خوردن	شکستگی اعضای بدن، ضرب دیدگی	عدم استفاده از PPE مناسب	استفاده از PPE مناسب (کفش مناسب)	۴	D	۴D				
۲۶	اطفاء حریق مخازن سوخت	هیدروکربن پالایش شده -سوخت دیزل	انفجار مخازن	مرگ، نقص عضو، ضرب دیدگی، جراحت	حجم بالای حریق، کم بودن فاصله تا مخزن، تجهیز نامناسب اطفاء حریق، تجربه ناکافی	آموزش، فرماندهی عملیات برنامه ریزی شده، تجهیزات حفاظت فردی استاندارد	۷	F	۷F	استفاده از افسر ایمنی در عملیات ها، برگزاری مانور، برگزاری منظم دوره های آموزشی تخصصی، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۶	C	۶C
۲۷	اطفاء حریق کوره های ذوب	مواد مذاب - واکنش های شیمیایی	انفجار کوره	مرگ، نقص عضو، ضرب دیدگی، جراحت	حجم بالای حریق، کم بودن فاصله تا کوره، تجهیز نامناسب اطفاء حریق، تجربه ناکافی	آموزش، فرماندهی عملیات برنامه ریزی شده، تجهیزات حفاظت فردی استاندارد	۷	F	۷F	استفاده از افسر ایمنی در عملیات ها، برگزاری مانور، برگزاری منظم دوره های آموزشی تخصصی، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۶	C	۶C
۲۸	اطفاء حریق خودرو	منع سوخت خودروی حادثه دیده	انفجار	مرگ، جراحت شدید، سوختگی، ضرب دیدگی	نشت سوخت از منع خودروی حادثه دیده	آموزش، فرماندهی عملیات برنامه ریزی شده، تجهیزات حفاظت فردی استاندارد	۷	E	۷E	استفاده از افسر ایمنی در عملیات ها، برگزاری مانور، برگزاری منظم دوره های آموزشی تخصصی، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۶	C	۶C
۲۹	اطفا حریق در انبارهای مواد شیمیایی	گازها و مواد سمی	مواجهه با گازها و مواد سمی	مسمومیت شدید، اسیب ریوی	دود ناشی از سوختن مواد شیمیایی و وجود گازهای سمی و کشنده	آموزش، فرماندهی عملیات برنامه ریزی شده، تجهیزات حفاظت فردی استاندارد	۶	E	۶E	استفاده از افسر ایمنی در عملیات ها، برگزاری منظم دوره های آموزشی تخصصی، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۵	C	۵C
۳۰	نجات مصدومان و قربانیان از محل حادثه	عوامل بیولوژیکی، ترشحات خون مصدوم	ترشح خون مصدوم بر روی امدادگر	بیماری های خونی، ایدز، هپاتیت و ...	عدم استفاده از تجهیزات حفاظت فردی	آموزش، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی استاندارد	۵	D	۵D	تدوین دستورالعمل، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۴	D	۴D
۳۱	نجات مصدومان و قربانیان از محل حادثه	حمل دستی مصدومان یا برانکارد	فشار بر ستون مهره ها و اعضای بدن	آسیب به اعضای بدن	عدم حمل دستی مصدومان به صورت ایمن و مناسب	آموزش بلند کردن و جابه جایی صحیح مصدومان به امداد گران	۵	C	۵C				
۳۲	نجات مصدومان و قربانیان از محل حادثه	استرس های روانی	مواجهه با فشارهای روحی و روانی	آسیب های روحی روانی، کاهش بهره وری	شرایط محل حادثه	معاینات ادواری	۳	E	۳E				
۳۳	نجات مصدومان و قربانیان از محل حادثه	گازها و مواد سمی	مواجهه با گازها و مواد سمی	مسمومیت شدید، اسیب ریوی	وجود گازهای سمی و کشنده	آموزش، فرماندهی عملیات برنامه ریزی شده، تجهیزات حفاظت فردی استاندارد	۶	E	۶E	استفاده از افسر ایمنی در عملیات ها، برگزاری مانور، برگزاری منظم دوره های آموزشی تخصصی، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۵	C	۵C
۳۴	نجات مصدومان و قربانیان از محل حادثه	دیواره پیت معدن	ریزش دیواره پیت معدن بر روی نفرات	مرگ، جراحت شدید، ضرب دیدگی	عدم ایمن سازی موقعیت حادثه، ماهیت ریزشی بودن دیواره ها	آموزش، تجهیزات حفاظت فردی	۷	D	۷D	استفاده از افسر ایمنی در عملیات ها، برگزاری مانور، برگزاری منظم دوره های آموزشی تخصصی، تجهیزات عملیاتی استاندارد	۷	C	۷C

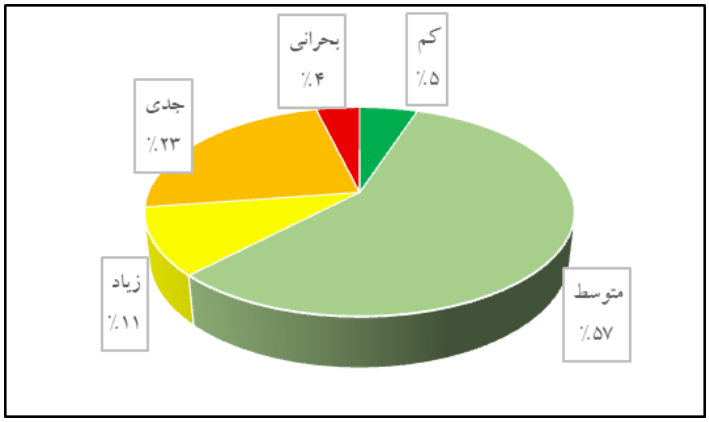
توزیع خطرات بر اساس فعالیت‌های اصلی شغل آتش نشان و بر اساس سطوح ریسک در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

[Downloaded from www.disaster.ndri.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.55]



شکل ۲. ریسک‌های شناسایی شده بر اساس فعالیت‌های اصلی



شکل۳. ریسک‌های شناسایی‌شده براساس سطوح ریسک

تحلیل ریسک‌ها

ریسک‌های شناسایی شده در سطوح بحرانی (High Priority)، به عنوان اولویت‌های اصلی مدیریت بحران در شرکت گهر امداد معرفی می‌شوند:

- **حریق یا آتش‌سوزی‌های گسترده:** این نوع حریق‌ها در محیط‌های صنعتی، به دلیل حجم بالای مواد قابل اشتعال یا پتانسیل حرارتی تجهیزات، می‌توانند پیامدهای فاجعه‌بار و جانی جبران‌ناپذیر داشته باشند.
- **انفجار مخازن سوخت:** به دلیل نگهداری حجم بالایی از سوخت در سایت‌های معدنی و صنعتی، هرگونه حریق می‌تواند با پتانسیل انفجار همراه باشد که تهدیدی جدی برای کل منطقه عملیاتی است.
- **انفجار کوره‌های ذوب:** خطر انفجار در کوره‌ها و تجهیزات ذوب، به ویژه به دلیل وجود مواد مذاب و احتمال واکنش‌های شیمیایی، از نظر شدت پیامد در بالاترین سطح ریسک قرار دارد.

ریسک‌های در سطح جدی (Severe Priority) نیز شامل موارد زیر می باشند که احتیاج به اقدام فوری دارند:

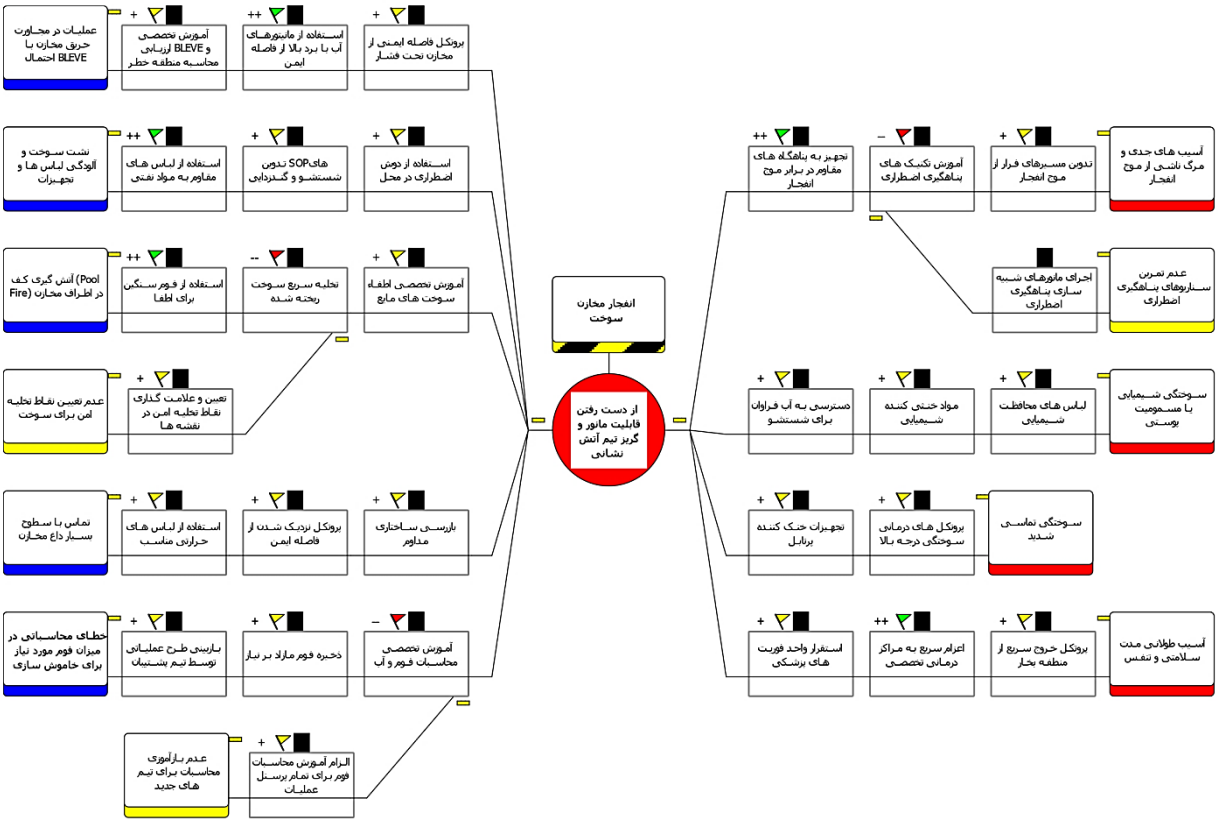
- **ریزش دیواره پیت معدن:** این خطر به‌طور مستقیم با محیط کار معدن روباز مرتبط است و در صورت وقوع، عملیات نجات را بسیار پیچیده کرده و احتمال تلفات سنگین را به دنبال دارد. (نیاز به پروتکل‌های امداد و نجات ژئوتکنیکی تخصصی)
- **تنفس گازهای سمی:** در حریق‌های مواد شیمیایی و فرآوری، انتشار گازهای سمی تهدیدی جدی است و نشان‌دهنده لزوم استفاده مستمر از تجهیزات تنفسی با کیفیت و آموزش تخصصی است.
- **تصادف و واژگونی خودروهای آتش نشانی:** به دلیل سرعت بالا در اعزام و ناهمواری مسیرهای معدنی و صنعتی، احتمال سوانح ترافیکی، به‌ویژه واژگونی تجهیزات سنگین، بالاست.

[Downloaded from www.disaster.ndri.ac.ir on 2026-11-18]
[DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.55]

- **الکتریسیته و برق گرفتگی:** به ویژه در سوانح مربوط به تأسیسات برقی پرفشار و پست‌های برق صنعتی.
- **سقوط اشیا از ارتفاع و سقوط آتش‌نشان از ارتفاع:** در عملیات نجات فنی در ارتفاعات ساختمانی و تاسیسات بلند کارخانه فرآوری.
- **استرس‌های حرارتی در عملیات اطفاء حریق:** نشان‌دهنده بار گرمایی بالای عملیات در محیط‌های صنعتی گرم و لزوم پایش سلامت و زمان استراحت نیروها.

تحلیل عمقی ریسک های بحرانی با مدل Bow Tie

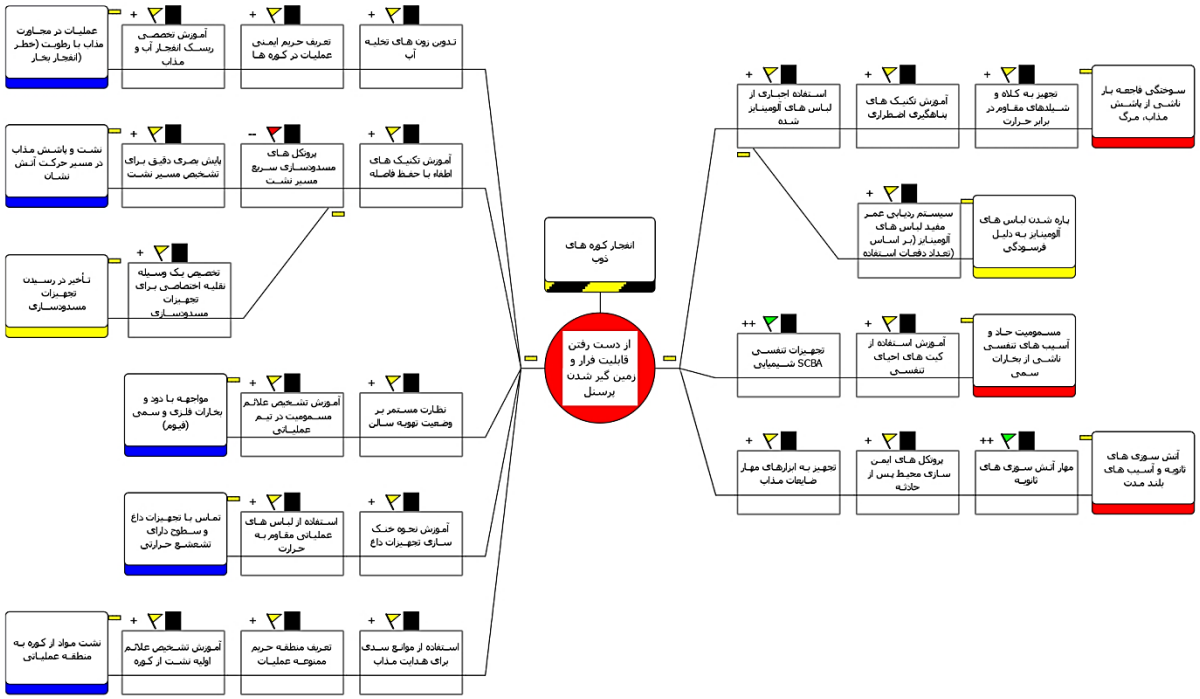
پس از تعیین ۳ ریسک بحرانی با بالاترین سطح، مدل Bow Tie برای تحلیل عمقی لایه های دفاعی و موانع کنترلی آنها به کار گرفته شد که نتایج آن بر اساس خروجی نرم افزار Bow Tie Pro در شکل‌های ۳ الی ۵ ارائه شده است.



شکل ٤. تحلیل ریسک انفجار مخازن سوخت

[Downloaded from www.disaster.ndri.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.55]



شکل ۵. تحلیل رسیک انفجار کوره‌های ذوب

بحث

یافته‌های این پژوهش، نشان می‌دهد که ریسک‌های شغلی آتش نشانی در منطقه معدنی و صنعتی گل گهر، دارای ماهیت و شدت‌های متفاوتی نسبت به ریسک های آتش نشانی شهری هستند. نتایج به شرح زیر می‌باشد:

– برای فعالیت‌های اصلی آتش نشانان شامل: ایاب و ذهاب و تردد، حضور در ایستگاه آتش نشانی، انجام عملیات‌های اطفاء حریق و امداد و نجات، انجام مانور، آمادگی جسمانی و استراحت، در مجموع تعداد ۷۷ ریسک شناسایی گردید که ۳۸٪ از آنها در سطح «غیر قابل قبول» قرار گرفتند (شامل ۴٪ ریسک بحرانی، ۲۳٪ ریسک جدی و ۱۱٪ ریسک زیاد). همچنین عملیات اطفاء حریق و امداد و نجات آتش نشانان با تعداد ۳۴ ریسک، میزان ۴۴٪ از مجموع ریسک‌ها را به خود اختصاص داده است که پر ریسک‌ترین فعالیت محسوب می‌گردد.

– ریسک‌هایی مانند تنفس گازهای سمی، تصادف و واژگونی خودروهای آتش نشانی، الکتریسیته و برق گرفتگی، سقوط اشیا از ارتفاع، سقوط آتش‌نشان از ارتفاع و استرس‌های حرارتی در عملیات اطفاء حریق، درسطح ریسک‌های جدی قرار گرفتند. همچنین ریسک ریزش دیواره معدن در حین عملیات امداد و نجات نیز در دسته ریسک‌های جدی قرار می‌گیرد که نیاز به پروتکل‌های امداد و نجات ژئوتکنیکی تخصصی دارد که در مطالعات Hadjigeorgiou و همکاران (۲۰۲۳) نیز به این موضوع تأکید شده است [۶].

– سه ریسک با بالاترین اولویت (بحرانی) شامل حریق گسترده، انفجار مخازن سوخت و انفجار کوره‌های ذوب می‌باشند که جزو ریسک‌های ایمنی فرآیند (Process Safety Risks) محسوب می‌گردند که مستقیماً بر مرگ و میر و زیان های کلان اقتصادی متمرکزند. این امر، لزوم انتقال تمرکز از ریسک‌های فردی (مانند سقوط) به مدیریت ایمنی فرآیندی را تأیید می‌کند.

– در مدل Bow Tie برای سناریوی حریق گسترده، در سمت راست مدل، تعداد ۴ پیامد و ۱۲ مانع کاهنده و در سمت چپ، تعداد ۵ تهدید و ۱۳ مانع پیشگیرانه شناسایی گردید که برای ۴ مورد از این موانع مجدداً تهدیدات و مانع پیشگیرانه تعریف شد. برای سناریوی انفجار مخازن سوخت، در سمت راست مدل تعداد ۴ پیامد و ۱۱ مانع کاهنده و در سمت چپ، تعداد ۵ تهدید و ۱۵

[Downloaded from www.disaster.ndri.ac.ir on 2026-11-18]
[DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.55]

مانع پیشگیرانه شناسایی گردید که برای ۳ مورد از این موانع مجدداً تهدیدات و مانع پیشگیرانه تعریف شد. برای سناریوی انفجار کوره های ذوب، در سمت راست مدل، تعداد ۳ پیامد و ۸ مانع کاهنده و در سمت چپ، تعداد ۵ تهدید و ۱۳ مانع پیشگیرانه شناسایی گردید که برای ۲ مورد از این موانع مجدداً تهدیدات و مانع پیشگیرانه تعریف شد.

بر اساس دیاگرام‌های به دست آمده از مدل پاپیونی Bow Tie می توان موارد زیر را مطرح نمود:

- **لزوم مدیریت موانع لایه‌ای:** تحلیل Bow Tie نشان داد که موانع دفاعی برای این ریسک‌های بحرانی باید چند لایه باشند و شامل ترکیبی از تجهیزات سخت افزاری خاص (مانند لباس‌های آلومینایز، پناهگاه‌های مقاوم در برابر انفجار) و پروتکل‌های عملیاتی (مانند پروتکل‌های جستجو و نجات و ارزیابی BLEVE) باشند (رحیمی و سهرابی (۱۴۰۲) نیز بر اهمیت موانع نرم افزاری (آموزش و نظارت) در کنار موانع سخت افزاری (تجهیزات حفاظت فردی) تأکید نموده‌اند [۱۱]).
- **اثبات اثربخشی موانع پیشگیرانه و لزوم تمرکز بر پایداری:** داده‌های کمی نشان می‌دهند که در هر ۳ سناریوی بحرانی (حریق گسترده، انفجار مخازن سوخت و انفجار کوره های ذوب)، تعداد تهدیدات (علل) بیشتر از تعداد پیامدها می‌باشد (به طور میانگین ۵ تهدید در برابر ۳/۶۷ پیامد). این عدم تقارن در دیاگرام‌ها، اثربخشی موانع پیشگیرانه تعبیه شده در سیستم ایمنی را تأیید می‌کند. لذا سرمایه گذاری بر تضمین پایداری، ممیزی و قابلیت اطمینان موانع پیشگیرانه (مانند سیستم‌های ردیابی SCBA، پروتکل‌های فوم) بالاترین اولویت را داراست.
- **اولویت دهی به پروتکل‌های گریز و عقب‌نشینی اضطراری:** رویدادهای بحرانی هر سه سناریو (محبوس شدن در Hot Zone، از دست رفتن قابلیت گریز و زمین‌گیر شدن تیم عملیاتی)، نشان دهنده شکست نهایی در توانایی پرسنل برای خروج امن از محیط پرخطر است. بنابراین، آموزش و تمرین سناریوهای گریز تیمی و فردی (Escape and Egress) در مواجهه با خطرات لحظه ای (مانند BLEVE، پاشش مذاب و شکست سازه) باید به یک اصل عملیاتی تبدیل شود.
- **مدیریت تهدیدات سیستمی و مدیریتی:** تحلیل‌ها نشان می‌دهد که ریسک عملیاتی صرفاً ناشی از عوامل فیزیکی نیست. تهدیدات مدیریتی مانند خطای محاسباتی در دوزینگ فوم (انفجار مخازن سوخت) و نقص در ردیابی زمان عملکرد SCBA (حریق گسترده)، نقش محوری در شکست موانع ایفا می‌کنند. لذا اتخاذ نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری پشتیبان و استانداردسازی فرمول‌های عملیاتی و فنی جهت کاهش وابستگی به قضاوت لحظه‌ای اپراتور، یک الزام مدیریتی است.
- **ضرورت تکمیل زنجیره امداد تخصصی:** با توجه به شدت پیامدها (سوختگی‌های شدید، مسمومیت‌ها و آسیب‌های تنفسی)، آمادگی مراکز درمانی و استقرار تیم‌های تخصصی امداد برای مداخله سریع، و همچنین تجهیزات حفاظت فردی و تخصصی استاندارد، آخرین و حیاتی‌ترین لایه دفاعی سیستم است.

نتیجه‌گیری

این پژوهش با به‌کارگیری مدل ترکیبی JHA–Bow Tie توانست ریسک‌های شغلی آتش‌نشانان شرکت گهر امداد در منطقه معدنی و صنعتی گل‌گهر سیرجان را به‌صورت نظام‌مند شناسایی و اولویت‌بندی کند. مؤمنی تبار (۱۴۰۲) نیز تأیید نموده است که این رویکرد ترکیبی، امکان بررسی علل، پیامدها و کنترل های پیشگیرانه را فراهم نموده و به ارائه راهکارهای مؤثر برای کاهش سطح ریسک منجر می‌شود [۵]. از میان ۷۷ خطر بالقوه، حدود ۳۸٪ در سطح بحرانی و نیازمند مداخله فوری هستند. مهم‌ترین ریسک‌ها شامل آتش‌سوزی‌های گسترده، انفجار مخازن سوخت و انفجار کوره‌های ذوب بودند.

تحلیل Bow Tie آشکار ساخت که بخش قابل توجهی از ضعف‌های عملیاتی به نقص در موانع پیشگیرانه باز می‌گردد؛ از جمله کمبود آموزش تخصصی، ضعف در تجهیزات حفاظت فردی و تخصصی مناسب و نبود رویه‌های استاندارد (SOP). این یافته‌ها بر ضرورت تقویت لایه‌های دفاعی نرم و سخت، ممیزی دوره‌ای و آموزش مستمر نیروها تأکید دارد.

در مجموع، مدل ترکیبی ارائه‌شده ابزاری کارآمد برای افزایش تاب‌آوری عملیاتی و کاهش پیامدهای بحرانی در صنایع پرخطر محسوب می‌شود و می‌تواند مبنایی برای طراحی پروتکل‌های ایمنی در سایر واحدهای معدنی و صنعتی مشابه قرار گیرد.

[Downloaded from www.disaster.ndri.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.55]

پیشنهادات

بر اساس موانع استخراج شده از تحلیل Bow Tie، پیشنهادات زیر برای افزایش اثربخشی عملیات و کاهش پیامدهای ریسک‌های بحرانی ارائه می گردد:

الف. پیشنهادات فنی و تجهیزاتی

۱. تأمین تجهیزات حفاظتی حرارتی تخصصی: تهیه و استفاده اجباری از لباس های آلومینایز شده برای عملیات در مجاورت کوره‌های ذوب و محیط‌های با خطر پاشش مذاب یا حرارت تشعشعی بالا.

۲. ارتقاء سیستم‌های تنفسی: جایگزینی SCBAهای موجود با مدل‌هایی که زمان عملکرد طولانی‌تری دارند تا در زمان بروز مسمومیت یا به دام افتادن، زمان بیشتری برای تیم نجات فراهم شود.

۳. تجهیز به پناه‌گیری مقاوم در برابر موج انفجار: در نقاط عملیاتی کلیدی و حساس (نزدیک مخازن سوخت یا کوره‌ها)، پناهگاه‌های کوچک و مقاوم (Blast Resistant Shelters) برای پناه‌گیری اضطراری نصب گردد.

ب. پیشنهادات عملیاتی و آموزشی

۱. آموزش تخصصی ارزیابی BLEVE: برگزاری دوره‌های تخصصی برای فرماندهان و تیم‌های عملیاتی جهت ارزیابی صحیح فاصله ایمنی، شرایط تهویه و تشخیص زودهنگام خطر BLEVE در مخازن سوخت و خطر انفجار بخار در کوره‌های ذوب.

۲. گنجاندن موانع Bow Tie در SOPها: بازنگری فوری در کلیه روش‌های کار ایمن (SOP) برای فعالیت‌های پرخطر و ادغام موانع پیشگیرانه و کاهنده تعریف شده در دیاگرام‌های Bow Tie.

ج. پیشنهادات مدیریتی و پایش

۱. سیستم ممیزی موانع (Barrier Audits): ایجاد یک سیستم پایش و ممیزی منظم برای ارزیابی مداوم سلامت، قابلیت اعتماد و در دسترس بودن موانع (Barrier) تعریف شده، به ویژه تجهیزات حفاظتی فنی و پروتکل‌های کلیدی.

۲. استقرار تیم واکنش سریع: با توجه به خطر بالای به دام افتادن و ریزش سازه، استقرار یک تیم واکنش سریع با آموزش‌های تثبیت سازه و نجات فنی در محل عملیات ضروری می‌باشد.

[Downloaded from www.disaster.ndri.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.55]

References

محمدفام، ا.، اسکندری، ط. (۱۴۰۴)، "ارائه مدل ارزیابی و تحلیل ریسک دینامیک نشت گاز هیدروژن در یک واحد کلرزنی نیروگاه سیکل ترکیبی با استفاده از تکنیک پاپیونی"، فصلنامه علمی دانش پیشگیری و مدیریت بحران، جلد ۱۵، شماره ۲، صفحات ۲۳۰-۲۴۱.

مؤمنی تبار، ر. (۱۴۰۲)، "تجزیه و تحلیل خطرات سکوهای نفتی به روش Bow Tie (مطالعه موردی: منطقه نفتی لاوان سکوی سلمان)"، فصلنامه علمی تخصصی مطالعات نوین برنامه ریزی شهری در جهان، جلد ۴، شماره ۳.

خدابنده‌لو، ا.، حمصی، ا.، لاهیجانیان، ا.، حسنی، ا.، و محمدی، ع. (۲۰۲۵)، "شناسایی، آنالیز و رتبه‌بندی ریسک‌های موجود در حوادث شغلی آتش‌نشانان با استفاده از روش JSA و ANP (سازمان آتش‌نشانی تهران - محیط عملیاتی شهری)"، نشریه مدیریت بحران.

عابدی، م.، قاسمی، ع. و نجفی، م. (۱۳۹۹). "ارزیابی ریسک های ایمنی فرآیند در صنایع نفت و گاز با رویکرد ترکیبی HAZOP و Bow Tie"، فصلنامه ایمنی و پیشگیری از حوادث.

رحیمی، س.، و سهرابی، ح.، (۱۴۰۲). "تحلیل حوادث سقوط از ارتفاع با استفاده از مدل Bow Tie و ارائه راهکاریهای کنترلی لایه ای در صنعت ساختمان"، مجله بهداشت حرفه ای و ارتقای سلامت.

کیومرثی، م.، و بهرامی، ر. (۱۳۹۸). "اولویت‌بندی خطرات شغلی آتش‌نشانان با تلفیق روش JHA و تکنیک تاپسیس فازی (مطالعه موردی در یک مجتمع صنعتی عمومی)"، فصلنامه علمی مطالعات و تحقیقات در علوم کاربردی.

اسماعیلی، ف.، کربلائی حسنی، ح.، و کریمی، ا. (۱۴۰۱). "مدیریت بحران با ارزیابی ریسک سوانح در سازمان های آتش نشانی با استفاده از روش FMEA (مطالعه موردی در یک ایستگاه آتش‌نشانی شهری)"، نشریه علمی رویکردهای پژوهشی نوین مدیریت و حسابداری، دوره ۶، شماره ۲۰.

OSHA (Occupational Safety and Health Administration), (2019). Job Hazard Analysis, OSHA Publication 3071, U.S. Department of Labor.

The National Fire Protection Association (NFPA). (2022). NFPA 1500: Standard on Fire Department Occupational Safety, Health, and Wellness Program.

Sklet,s. (2006). Use of Barrier Analysis in Accident Investigations, Reliability Engineering & System Safety, 91(1), 191-199.

Hadjigeorgiou, J., & Esmaieli, K. (2023). Risk assessment and management of slope instability hazards in open-pit mines: Focus on emergency response protocols, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 162, 105295.

Kim, D. W., Lee, J. Y., & Park, J. H. (2018). Application of Job Hazard Analysis (JHA) for technical rescue operations in fire service, International Journal of Safety and Health Management, 8(1), 45-53.

Pitblado, R.M. & Swaen, G. M. (2020). Using the Bow Tie Diagram to link organizational factors to process safety incidents, Process Safety Progress, 39(1), e21375.

DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.43

[Downloaded from www.disaster.ndri.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: https://doi.org/10.22034/1.2.55]