

## آنالیز ایمنی جوشکاری در پالایشگاه تهران و اثر بخشی راه‌های کنترلی

محمد جواد جعفری<sup>۱\*</sup>، فریبا کوهی<sup>۲</sup>، محمد موحدی<sup>۳</sup>، تیمور الله‌یاری<sup>۴</sup>  
m\_jafari@sbtu.ac.ir و Jafari1952@yahoo.com

### چکیده

مقدمه: ایمنی مشاغل پرمخاطره به ویژه در فعالیت‌های پالایشگاهی دارای اهمیت خاصی است. در این مقاله، مخاطرات جوشکاری در پالایشگاه تهران با استفاده از روش آنالیز ایمنی شغلی ارزیابی شده و اثربخشی راه‌های کنترلی در کاهش خطر مخاطرات مورد مطالعه قرار گرفته است. این مطالعه توصیفی بر روی ۳۳ مخاطره از مجموع ۱۰ مرحله‌ای عملیات جوشکاری در پالایشگاه تهران انجام شد.

روش: به منظور اجرای روش آنالیز ایمنی شغلی، پس از تشکیل تیم مطالعه مراحل عملیات جوشکاری با استفاده از روش مشاهده و مصاحبه با شاغلین تعیین گردید. سپس مخاطرات هر مرحله با استفاده از روش مشاهده، مصاحبه پر کردن چک لیست آنالیز ایمنی شغلی شناسایی شد. برای ارزیابی میزان خطر مخاطرات موجود، از عدد اولویت ریسک استفاده گردید. عدد اولویت خطر، طبق استاندارد شماره AS/NZS ۲۰۰۴/۴۳۶۰ کشورهای نیوزیلند و استرالیا از عدد احتمال وقوع رویداد و شدت پیامد برآورد گردید. ارزیابی خطر برای شرایط موجود و در صورت اعمال راهکارهای کنترلی توصیه شده انجام شد و اثر بخشی راه‌های کنترلی از طریق آزمون‌های آماری ارزیابی گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در شرایط موجود ۲۷/۳ درصد از مخاطرات مورد بررسی دارای عدد اولویت خطر ۵ با پتانسیل خطر فوق‌العاده بالا، ۳ مخاطرات دارای عدد اولویت خطر ۴ با پتانسیل خطر بالا و ۶۹/۷ درصد دارای عدد اولویت خطر ۳ با پتانسیل متوسط می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که در صورت اعمال راه‌های کنترلی توصیه شده از سوی تیم کارشناسی، ۲۱/۲ مخاطرات مورد بررسی دارای عدد خطر ۴ با پتانسیل خطر بالا، ۶/۱ دارای عدد اولویت خطر ۳ با پتانسیل خطر متوسط، ۴۸/۵ دارای عدد خطر ۲ با پتانسیل خطر پایین و ۱۸/۲ درصد دارای عدد خطر ۱ با پتانسیل خطر ناچیز خواهند شد.

نتیجه‌گیری: آزمون‌های آماری نتایج نشان داد که در صورت اجرای راهکارهای کنترلی، میانگین کمیت‌های احتمال وقوع، شدت پیامد و عدد اولویت خطر به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابند. ( $PValue < 0.01$ )

### کلمات کلیدی: حوادث، خطر، آنالیز ایمنی شغلی

۱. دکترای مهندسی بهداشت حرفه‌ای، عضو هیأت علمی (دانشیار) دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران. (مسوول مکاتبات)\*

۲. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۳. دکترای اپیدمیولوژی، عضو هیأت علمی (استادیار) دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۴. دکترای مهندسی بهداشت حرفه‌ای، عضو هیأت علمی (استادیار)، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران.

## مقدمه

بررسی کلیه مشاغل فنی، تولیدی و مهندسی رایج در پالایشگاه های نفت از جمله مطالعه کوهی در سال ۱۳۸۸ و جعفری و همکاران در سال ۱۳۸۹ نشان داده است که جوشکاری، پرمخاطره ترین شغل در این مجتمع ها می باشد (Kouhi, Jafari, et al, ۲۰۰۹; ۲۰۱۰). شناسایی، ارزیابی و مدیریت خطر ناشی از اجرای مشاغل پرمخاطره نظیر جوشکاری در مجتمع هایی که خطر حریق و انفجار دارند، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. روش های مختلفی جهت شناسایی، ارزیابی و مدیریت خطر ابداع و توسعه یافته اند. هر یک از این روش ها، دارای هدف، عملکرد و ابزارهای مختلفی هستند که به تناسب هدف و نیازمندی های هر مطالعه و کاربرد آن، مورد استفاده قرار می گیرند. طیف گسترده ای از روش های توسعه یافته در (Hyatt, 2006; Mariken, Everdij, 2003) معرفی شده اند.

در این میان آنالیز ایمنی شغلی، یکی از روش های شناسایی خطر است که خطای انسانی و روش اجرای مراحل مختلف یک شغل را مورد توجه قرار می دهد. سابقه اجرای این روش در کشورهای صنعتی به حدود سال های قبل از ۱۹۳۰ می رسد. آنالیز ایمنی شغلی به عنوان یک ابزار مدیریتی به حذف خطرات و کاهش جراحات و حوادث محیط کار کمک می کند. (Benavides, et al; 2003) برخی از پژوهشگران نظیر نینس، آنالیز ایمنی شغلی را به عنوان یکی از اولین و مهم ترین مراحل اولیه در یک برنامه ایمنی تلقی می نمایند. (Ninness, 2005) شارپ آنالیز ایمنی شغلی را یک آموزش و ارزیابی از ابزارهای مورد استفاده در تخمین میزان خطر برای ایمنی افراد، اموال و تجهیزات معرفی می کند. (Sharpe, Hardt; 2009)

در خصوص کاربرد روش آنالیز ایمنی شغلی، پژوهش های بسیاری انجام گرفته و مقالات متعددی انتشار یافته است. در سال ۲۰۰۰، مارینا هیپورن مطالعات آنالیز ایمنی شغلی را برای شرکت های Shell، Monsanto، Kodak، Telstra، BHP انجام داد. ایشان همچنین، به مطالعه ارزیابی ایمنی شغلی و مطالعه عملیات و خطر (HAZOP) در زمینه گواهی نامه های شماره ۶۲ و ۱۶۸ تولید مواد نفتی برای منابع اصلی انرژی منطقه محدود شده ایالت پنولا واقع در جنوب استرالیا در آوریل ۲۰۰۰ پرداخت. (Ninness, 2005)

در سال ۲۰۰۵، کاتیرگاماناتان و ونگ از روش ایمنی براساس رفتار به عنوان یک روش برای پیشگیری از ضرر و زیان استفاده نمودند که روش آنالیز ایمنی شغلی از روش های مورد استفاده در ایمنی براساس رفتار بود. (Kathirgamanathan, Wong; 2005) در همان سال لوی و همکارانش از روش آنالیز ایمنی شغلی جهت کاهش تعداد و شدت

حوادث استفاده کردند. (Levy, et al; 2005) در سال ۲۰۰۵، شیلر و شاه به منظور مدیریت خطرات فاجعه بار، از روش آنالیز ایمنی شغلی بهره بردند. (Schiller, Shah; 2005) در سال ۲۰۰۰ ری سون در مطالعه خود اقدامات لازم برای تناسب افراد با کار، طراحی مجدد وظایف سخت و انتخاب افراد مناسب برای شغل با توجه به توانایی افراد را معرفی و روش مناسب برای کمی سازی تقاضاهای فیزیکی و تحقق این استراتژی ها را آنالیز ایمنی شغلی معرفی نمود. (Rayson, 2000) در سال ۲۰۰۲، ترون مطالعه آنالیز ایمنی شغلی را در بخش Axle - Housing انجام داد و در بخشی که کارگران مجبور به حمل ابزار ۳۵ تا ۴۰ پوندی از کف زمین به پالت بودند طراحی مجدد صورت گرفت. در همان سال ترون عملیات احیاء کاکائو را در یک شرکت تولیدی نیز آنالیز کرد. (Thrun, 2002)

از تحقیقات قدیمی تر می توان به مطالعه لینا در سال ۱۹۸۲ اشاره کرد که آنالیز ایمنی شغلی را در خط تولید صنعت فلزات سبک به کار گرفت. (Lina, 1982) در سال ۲۰۰۵، رمزی و همکاران او از دانشگاه پنسیلوانیا روش آنالیز ایمنی شغلی را برای مشاغل پرستاری بخش اورژانس به کار گرفتند. (Rmazy, 2005) در سال ۲۰۰۵ میلادی مطالعه ای با عنوان "درک ایمنی درخت اندازها در صنایع جنگلی نیوزلند" توسط بنتلی و همکارانش انجام گرفت. این مطالعه خطر فاکتورهای مهم شغل درخت اندازی را که به روش دستی - ماشینی انجام می گرفت شناسایی کرد و سپس به آنالیز آمار حوادث ۵ سال قبل از آن پرداخت و این اطلاعات را با داده های به دست آمده از طریق آنالیز ایمنی شغلی درخت اندازی مقایسه نمود. (Bentley, et al; 2005) در محدوده جستجوهای انجام شده، منابع و مراجع معتبری که به آنالیز ایمنی شغلی در مشاغلی شبیه به مشاغل موجود در مطالعه حاضر پرداخته باشند مشاهده نشد. تنها گزارش فنی گروه مهندسی داونر در سال ۲۰۰۵ بود که به بررسی آنالیز ایمنی مشاغل جوشکاری، برشکاری و داربست بندی پرداخته است. (Downer Engineering, 2005)

در مورد شغل داربست بندی مطالعه دیگری توسط دانفیلد وجود دارد که مربوط به وزارت کشاورزی آمریکا می باشد. در مطالعه مذکور خطرات اصلی مراحل مختلف داربست بندی ذکر و راهکارهای کنترلی که بیشتر مبتنی بر آیین نامه های موجود برای داربست بندی است استفاده گردیده است. (Danfield, 2008) در ایران نیز جعفری و همکاران در سال ۱۳۸۶ این روش را در شرکت پالایش نفت آبادان به کار گرفتند. (Jafari, 2007)

در مطالعه حاضر، با استفاده از روش تحلیل ایمنی شغلی، خطرات ناشی از عملیات جوشکاری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به

جدول ۱: مراحل عملیات جوشکاری با گاز استیلن

کد	مراحل انجام کار
۱	انتخاب محل جوشکاری
۲	آماده سازی ابزار و تجهیزات کار
۳	گذاشتن قطعه کار روی میز یا محل جوشکاری
۴	تمیز کردن قطعه کار
۵	تنظیم فاصله دو قطعه جوشکاری
۶	باز کردن سیلندر استیلن و اکسیژن و روشن کردن مشعل
۷	پوشیدن ماسک جوشکاری
۸	نزدیک کردن سیم جوش و مشعل به طرف قطعه کار
۹	جوش دادن دو قطعه به هم
۱۰	خاموش کردن مشعل

جدول ۲: معیار تعیین احتمال وقوع (AS/NZS4360/2004)

عدد احتمال	احتمال	شرح احتمال
۱	غیر محتمل	حادثه در صنعت اتفاق نیفتاده است
۲	خیلی کم	حادثه در صنعت اتفاق افتاده است
۳	گاه به گاه	حادثه در شرکت اتفاق افتاده است
۴	محتمل	در کل شرکت چندین بار در سال اتفاق می‌افتد
۵	مکرر	در یک محل چندین بار در سال اتفاق می‌افتد

عملیات شغل مورد مطالعه را نشان می‌دهد. پس از تعیین مراحل عملیات جوشکاری، مخاطرات هر مرحله با استفاده از روش مشاهده، مصاحبه و پر کردن چک لیست آنالیز ایمنی شغلی شناسایی شد. به نظر تیم بررسی کننده، در حین عملیات جوشکاری ۳۳ مخاطره وجود دارد. تمام مخاطرات مورد نظر تیم کارشناسی مطالعه گردید.

برای ارزیابی میزان خطر موجود، از عدد اولویت خطر استفاده شد. برای تعیین عدد اولویت خطر، طبق استاندارد شماره AS/NZS 4360/2004 کشورهای نیوزیلند و استرالیا از عدد احتمال وقوع رویداد و شدت پیامد، بهره گرفته شد. (Standards Australia & Standards New Zealand) براساس این استاندارد، احتمال وقوع رویداد و مقدار شدت پیامد به ترتیب از جدول‌های ۲ و ۳ تعیین می‌شوند. سپس با استفاده از جدول ۴ و با داشتن مقادیر احتمال وقوع رویداد و شدت پیامد مقدار عدد اولویت خطر تعیین می‌گردد. در این مطالعه طبق استاندارد های استرالیا و نیوزیلند، خطر مخاطرات شغلی پس از تعیین عدد اولویت

همین منظور، خطرات هر مرحله از عملیات جوشکاری مشخص شده و راهکارهای کنترلی ارائه گردید. برای ارزیابی خطر در روش آنالیز ایمنی شغلی، از عدد اولویت خطر مخاطرات استفاده گردید. این عدد برای قبل و بعد از ارائه راهکارهای کنترلی محاسبه و میزان بهبود آن با روش‌های آماری تحلیل و بررسی شد.

### روش‌ها

این مطالعه توصیفی بر روی ۳۳ مخاطره در حین انجام عملیات جوشکاری در واحد شمالی پالایشگاه تهران انجام شد. به منظور اجرای روش آنالیز ایمنی شغلی، ابتدا تیم مطالعه متشکل از سرپرستان، تکنیسین‌های مربوطه، جوشکاران و یک نفر کارشناس ارشد بهداشت حرفه‌ای تشکیل گردید. در مرحله بعد با استفاده از ۲ روش مشاهده و مصاحبه با شاغلین، مراحل عملیات جوشکاری مشخص شد. شغل مورد نظر حداقل سه بار توسط تیم مطالعه کننده مورد مشاهده قرار گرفت تا جزییات اجرایی آن کاملا مشخص گردد. جدول ۱ مراحل ده گانه

جدول ۳: معیار تعیین شدت پیامد (AS/NZS4360/2004)

شرح شدت پیامد خطرات بر روی افراد	شدت پیامد	عدد شدت پیامد
جراحت/ بیماری وجود ندارد	ناچیز	۱
جراحت/ بیماری جزئی است.	جزیی	۲
جراحت/ بیماری ناتوان کننده است.	مرزی	۳
از کار افتادگی کلی/ فوت برای ۱ تا ۳ نفر	بحرانی	۴
مرگ و میر دسته جمعی	فاجعه‌بار	۵

جدول ۴: تعیین عدد اولویت خطر با استاندارد استرالیا/ نیوزلند (AS/NZS4360/2004)

پیامد	احتمال (۱)	غیر محتمل (۲)	خیلی کم (۳)	گاه به گاه (۴)	محتمل (۵)	مکرر (۵)
فاجعه‌بار	۴	۵	۵	۵	۵	۵
بحرانی	۳	۴	۴	۴	۵	۵
مرزی	۲	۳	۳	۳	۴	۴
جزیی	۲	۲	۳	۳	۳	۳
ناچیز	۱	۲	۲	۲	۳	۳

جدول ۵: معیار ارزیابی خطر در آنالیز ایمنی شغلی (AS/NZS4360/2004)

عدد اولویت ریسک	پتانسیل ایجاد خطر	ضرورت اقدامات کنترلی
۵	فوق‌العاده بالا	برنامه ریزی و اقدام فوری توسط مدیران سطح بالای سازمان
۴	بالا	برنامه ریزی و اقدام در کوتاه‌ترین زمان ممکن توسط مدیران سطح بالای سازمان
۳	متوسط	برنامه ریزی و اقدام در چهار چوب منطقی توسط مدیریت اجرایی
۲	پائین	برنامه ریزی و اقدام در طی فرآیند روزانه توسط مسوولان رده پایین و با نظارت مدیران میانی
۱	ناچیز	عدم نیاز به تخصیص نیرو یا هزینه برای اصلاح

کاهش احتمال وقوع یا کاهش شدت پیامد و یا کاهش هم‌زمان هر دوی آن‌ها تعیین گردید. این روش‌ها شامل تغییر روش انجام کار، تغییر شرایط فیزیکی محیط کار، کاهش فرکانس (زمان مواجهه)، استفاده از وسایل حفاظت فردی و رعایت دستورالعمل‌های ایمنی مشابه مطالعه (Danfield, 2008) تعیین گردید. خطر هر یک از مخاطرات در صورت اجرای راهکارهای کنترلی توصیه شده نیز با استفاده از روش توضیح داده شده قبلی محاسبه گردید. در تحلیل داده‌های به دست آمده و آزمون فرضیه‌های مطرح در این مطالعه از

ریسک و با استفاده از جدول ۵ ارزیابی گردید. احتمال وقوع رویداد و شدت پیامد از تجزیه و تحلیل رویدادهای قبلی، نتایج بازرسی و تحلیل اعضای تیم تعیین گردید. برای تعیین احتمال وقوع هر رویداد از فاصله زمانی بین حوادث اتفاق افتاده قبلی استفاده شد. برای تعیین شدت پیامد، شدت وخیم‌ترین حالت ممکن در یک رویداد در نظر گرفته شد. در صورت وجود تأثیرات چندگانه خطر، شدیدترین پیامد بالقوه به عنوان شدت پیامد انتخاب گردید. به منظور کاهش خطر مخاطرات، اقدامات کنترلی مناسب از طریق

جدول ۶: آمار توصیفی آنالیز ریسک مخاطرات جوشکاری

بعد از اعمال کنترل			شرایط موجود			کمیت
عدد اولویت ریسک	شدت پیامد	احتمال وقوع رویداد	عدد اولویت ریسک	شدت پیامد	احتمال وقوع رویداد	
۴	۵	۴	۵	۵	۵	بیشینه
۱	۱	۱	۳	۲	۲	کمینه
۲/۳۸	۲/۲۵	۱/۴۱	۳/۵۹	۲/۹۴	۳/۷۸	میانگین
۱/۰۷۰	۱/۷۲۳	۰/۶۶۵	۰/۹۱۱	۱/۳۴۳	۰/۹۷۵	انحراف معیار
۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	تعداد

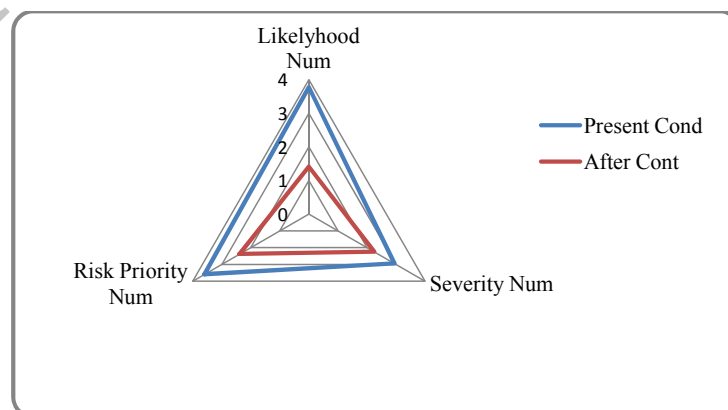
(جدول ۶ و نمودار ۱).

نتایج نشان داد که در شرایط موجود ۲۷/۳ درصد از مخاطرات مورد بررسی دارای عدد اولویت خطر ۵ با پتانسیل خطر فوق‌العاده بالا، ۳ مخاطرات دارای عدد اولویت خطر ۴ با پتانسیل خطر بالا و ۶۹/۷ درصد دارای عدد اولویت خطر ۳ با پتانسیل متوسط می‌باشد. هیچ‌یک از مخاطرات مطالعه شده در این شغل در شرایط موجود دارای عدد ریسک ۱ و ۲ نبود. در صورت اعمال راه‌های کنترلی توصیه شده از سوی تیم کارشناسی، ۲۱/۲ مخاطرات مورد بررسی دارای عدد خطر ۴ با پتانسیل خطر بالا، ۶/۱ دارای عدد اولویت خطر ۳ با پتانسیل خطر متوسط، ۴۸/۵ دارای عدد خطر ۲ با پتانسیل خطر پائین و ۱۸/۲ درصد دارای عدد خطر ۱ با پتانسیل خطر ناچیز خواهند شد. تیم بررسی کننده، روش‌های عملی و مؤثر کنترل مخاطرات جوشکاری با اکسی استیلن را براساس بازرسی و کنترل فرآیند، استفاده از تجهیزات ایمنی، هشدارها، نشانگرها، اطلاع رسانی

آزمون آماری غیر پارامتریک ویلکاکسون استفاده شد.

### یافته‌ها

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در شرایط موجود، بیشترین عدد اولویت خطر برابر ۵ یعنی با پتانسیل خطر فوق‌العاده بالا و مربوط به خطر حریق و انفجار می‌باشد. در همین حال، کمترین عدد اولویت خطر برابر ۳ یعنی با پتانسیل خطر متوسط می‌باشد. میانگین عدد اولویت خطر مخاطرات مورد بررسی در شرایط موجود مساوی  $(۳/۵۹ \pm ۰/۹۱۱)$  یعنی با پتانسیل خطر متوسط به بالا می‌باشد (جدول ۶). بررسی‌ها نشان می‌دهد که در صورت اعمال راه‌های کنترلی توصیه شده از سوی تیم کارشناسی، بالاترین عدد اولویت خطر برابر ۴ یعنی با پتانسیل خطر بالا خواهد شد. در همین شرایط کمترین عدد اولویت خطر به ۱ یعنی با پتانسیل خطر ناچیز کاهش خواهد یافت. در صورت اعمال راه‌های کنترلی توصیه شده، میانگین عدد اولویت خطر به  $(۲/۳۸ \pm ۱/۰۷۰)$  یعنی با پتانسیل خطر پایین کاهش خواهد یافت



شکل ۱: میانگین احتمال وقوع، شدت پیامد و ریسک در شرایط موجود و اثر بخشی اقدامات کنترلی

یک دیگر مقایسه گردید. آزمون آماری مقایسه میانگین کمیت‌های احتمال وقوع رویداد، شدت پیامد و عدد اولویت خطر در دو حالت موجود و در صورت اعمال راه‌های کنترلی با استفاده از آزمون‌های آماری Wilcoxon در نرم افزار SPSS ۱۶ انجام شده و نتایج آن به صورت مقادیر Pvalue برای  $\alpha = 0.01$  در جدول ۷ ارایه گردیده است. نتایج بدست آمده نشان داد که در صورت اعمال راه‌های کنترلی، میانگین احتمال وقوع رویدادها، شدت پیامدها و عددهای اولویت خطر مخاطرات مورد مطالعه نسبت به شرایط موجود، به طور معنی داری ( $Pvalue < 0.01$ ) کاهش خواهند یافت.

در مطالعات آنالیز خطر معمولاً برای تعیین مخاطرات با خطر غیرقابل پذیرش، حد عدد اولویت خطر غیرقابل پذیرش تعیین می‌گردد. (Jafari, et al; 2009) در این مطالعه حد عدد خطر غیر قابل پذیرش مساوی ۴ تعیین گردید، یعنی مخاطراتی که دارای خطر بالا و فوق‌العاده بالا هستند، در گروه مخاطرات غیرقابل پذیرش دسته بندی می‌شوند که ضروری است نسبت به کاهش خطر آن‌ها سریعاً اقدام گردد. مطالعه حاضر نشان داد که در شرایط موجود، از مجموع مخاطرات مطالعه شده، ۱۰ مخاطره (۳۰/۳ درصد) دارای خطر غیر قابل پذیرش می‌باشند (جدول ۸). در صورت اعمال راهکارهای کنترلی توصیه شده توسط تیم کارشناسی، ۸ مخاطره (۲۴/۲ درصد) دارای خطر غیرقابل پذیرش خواهند بود.

### تملیل نتایج و بحث

ارزیابی نتایج به دست آمده از آنالیز خطر مخاطرات ناشی از جوشکاری در پالایشگاه نشان می‌دهد که در شرایط موجود، تمامی خطرهای شناسایی شده دارای عدد خطر ۳ و بزرگ تر از آن، یعنی با پتانسیل خطر متوسط به بالا هستند. براساس توصیه استاندارد استرالیا و نیوزیلند لازم است هر چه سریع تر و در اسرع وقت نسبت به کاهش پتانسیل خطرات موجود از طریق اعمال راهکارهای کنترلی پیشنهاد شده اقدام گردد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که خطر حریق و انفجار با عدد

و آموزش، محدود سازی زمان مواجهه، جابه جایی یا گردش کار بین کارگران، نصب تجهیزات شرایط اضطراری، تعمیر و نگه داری پیشگیرانه و حذف خطر از طریق تمهیداتی همچون طراحی مجدد تاسیسات، تجهیزات و فرآیند و یا جایگزینی فرآیند و تجهیزات، محصورسازی و ایزوله کردن بخش خطرناک فرآیند با استفاده از اتاقک‌های محصور کننده، محصورسازی تجهیزات پر سرو صدا یا دیگر موارد توصیه نمود که جزییات روش‌های کنترلی پیشنهاد شده از سوی تیم کارشناسی در (Kouhi, 2009) آمده است.

بررسی دقیق نتایج نشان می‌دهد که در شرایط موجود، خطر حریق و انفجار ناشی از جوشکاری تنها مخاطره موجود با فراوانی ۲۷/۳ و عدد اولویت خطر ۵ یعنی با پتانسیل خطر فوق‌العاده بالا می‌باشد. همین نتایج نشان می‌دهد که تنها مخاطره موجود در شرایط فعلی با عدد خطر ۴ و پتانسیل خطر بالا، آتش گرفتن لباس کارگران جوشکار در حین جوشکاری می‌باشد که خوشبختانه فراوانی آن زیاد نمی‌باشد (حدود ۳). بروز عوارض شغلی ناشی از جوشکاری عمدتاً دارای عدد اولویت خطر ۳، یعنی با پتانسیل خطر متوسط می‌باشند.

در صورت اعمال راه‌های کنترلی توصیه شده از سوی تیم کارشناسی بازهم خطر حریق و انفجار با فراوانی ۲۴/۲ و عدد اولویت خطر ۴ یعنی با پتانسیل خطر بالا خطرناک ترین مخاطره به شمار خواهد رفت، اما اعمال راه‌های کنترلی توصیه شده پتانسیل خطر این مخاطره را از فوق‌العاده بالا به بالا کاهش خواهد داد. نتایج هم چنین نشان می‌دهد که پس از اعمال راه‌های کنترلی توصیه شده، دو خطر آتش سوزی و افتادن اشیاء روی پای افراد با فراوانی حدود ۶ و عدد اولویت خطر ۳ دارای پتانسیل متوسط خواهند بود. در صورت اعمال راه‌های کنترلی، عدد اولویت خطر سایر مخاطرات مورد بررسی به ۲ و ۱ یعنی با پتانسیل خطر پایین و ناچیز کاهش خواهند یافت.

به منظور بررسی اثر بخشی راه‌های کنترلی بر کاهش پتانسیل خطر مخاطرات مورد مطالعه، میانگین احتمال وقوع رویدادها، شدت پیامدها و اعداد اولویت خطر به دست آمده از ۳۳ مخاطره مورد بررسی در دو حالت یعنی در شرایط موجود و شرایط بعد از اعمال راه‌های کنترلی با

جدول ۷: مقایسه آماری میانگین کمیت‌های مورد بررسی قبل و بعد از اعمال راه‌های کنترلی

کمیت	تعداد	شرایط موجود	بعد از اعمال راه‌های کنترلی	Pvalue
احتمال وقوع رویداد	۳۳	۳/۷۸	۱/۴۱	۰/۰۰۰
شدت پیامد	۳۳	۲/۹۴	۲/۲۵	۰/۰۰۰
عدد اولویت ریسک	۳۳	۳/۵۹	۲/۳۸	۰/۰۰۰

جدول ۸: مخاطرات دارای خطر بالا و فوق‌العاده بالا (غیرقابل پذیرش)

کد مخاطرات	مخاطرات	شرایط موجود			بعد از کنترل		
		احتمال	شدت	خطر	احتمال	شدت	خطر
۱-۱	انفجار سیلندر اکسیژن و استیلن	۳	۵	۵	۱	۵	۴
۲-۱	آتش گرفتن لباس های کارگر	۴	۳	۴	۲	۲	۲
۳-۱	ایجاد ترکیبات خطرناک و قابل انفجار	۲	۵	۵	۱	۵	۴
۱-۲	آتش سوزی و انفجار	۳	۵	۵	۱	۴	۳
۲-۲	انفجار مخازن حاوی مواد قابل اشتعال در حین جوشکاری	۳	۵	۵	۱	۵	۴
۱-۶	آتش سوزی و انفجار	۳	۵	۵	۱	۵	۴
۲-۶	خطر انفجار در اثر پس زدن شعله	۳	۵	۵	۱	۵	۴
۱-۸	خطر انفجار در اثر پس زدن شعله ناشی از خرابی تجهیزات	۳	۵	۵	۱	۵	۴
۱-۹	پس زدن شعله و خرابی تجهیزات و آتش سوزی و انفجار	۳	۵	۵	۱	۵	۴
۱-۱۰	آتش سوزی و انفجار	۳	۵	۵	۱	۵	۴

راهکارهای کنترلی ارایه شده در مطالعه سال ۲۰۰۵ داونر (Downer Engineering, 2005) نیز همانند پژوهش حاضر بسیار متنوع است که شامل راهکارهای مهندسی، مدیریتی و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی می‌باشد. اما در بررسی دقیق‌تر مشخص می‌گردد که بر خلاف پژوهش حاضر که عمدتاً بر راهکارهای مدیریتی متمرکز شده است، در مطالعه سال ۲۰۰۵ داونر بر استفاده از تجهیزات حفاظت فردی تاکید بیشتری شده است. (Downer Engineering, 2005) این تفاوت می‌تواند ناشی از متغیر بودن شرایط حاکم بر محیط بوده و یا متاثر از میزان، حجم و کیفیت فعالیت‌های انجام شده برای کاهش مخاطرات در گذشته باشد.

متأسفانه مطالعات مشابهی برای مقایسه نتایج به دست آمده در صورت اجرای راهکارهای کنترلی وجود ندارد، ولی نظرات کارشناسی تیم مطالعه کننده نشان داد که در صورت اعمال راهکارهای کنترلی توصیه شده، میانگین خطر مخاطرات عملیات جوشکاری در پالایشگاه به میزان ۳۳/۷ درصد کاهش خواهد یافت. راه‌های کنترلی توصیه شده بر کاهش احتمال وقوع رویدادها اثر بخشی بیش تری داشته به طوری که انتظار می‌رود در صورت اعمال راه‌های کنترلی توصیه شده، میانگین احتمال وقوع رویدادها را به میزان قابل توجه ۶۲/۷ درصد کاهش دهد. (جدول ۸) از سوی دیگر اثر بخشی اعمال راه‌های کنترلی بر شدت پیامد کم تر می‌باشد، به طوری که با اعمال راه‌های کنترلی توصیه شده انتظار می‌رود میانگین شدت پیامد مخاطرات مورد

اولویت خطر ۵ و پتانسیل خطر فوق‌العاده بالا، خطرناک ترین مخاطره به شمار می‌رود که متأسفانه فراوانی ۲۷ درصدی آن احتمال وقوع آن را نیز افزایش می‌دهد. بالا بودن پتانسیل خطر حریق و انفجار در محیط‌های پالایشگاهی به سبب نگره داری و استفاده از مقادیر قابل توجهی از مواد قابل احتراق و انفجار توجیه پذیر می‌باشد. حریق و انفجارهای زنجیره‌ای ناشی از جوشکاری در مجتمع‌های نفت، گاز، پتروشیمی و شیمیایی نظیر حادثه انفجار و آتش سوزی در مجتمع‌های شیمیایی اراک در سال ۱۳۸۷، نتایج به دست آمده از این مطالعه را تأیید می‌کند.

در مطالعه سال ۲۰۰۵ گروه مهندسی داونر، مخاطراتی مانند افتادن اشیاء، لیز خوردن، بریدن دست، مشکلات بینایی، گرد و غبار استنشاق شده و مشکلات شنوایی به عنوان مخاطرات با خطر بالا معرفی شدند. (Downer Engineering, 2005) همان گونه که مشاهده می‌شود بسیاری از مخاطرات شناسایی شده در مطالعه‌ی گروه داونر با مخاطرات گزارش شده در مطالعه حاضر مشابه می‌باشند. مواردی مانند افتادن اشیاء، بریدن دست، مشکلات شنوایی گرد و غبار استنشاق شده در هر دو گزارش موجود می‌باشند. مخاطراتی مانند کاهش میدان دید در پژوهش حاضر دیده نشد که شاید بتوان ناراحتی‌های چشمی را تا حدودی شبیه کاهش میدان دید و یا بیان دقیق‌تری از آن عنوان کرد. لیز خوردن نیز از مواردی بود که در پژوهش حاضر دیده نشد و از دلایل آن خیس نبودن محیط کار جوشکاری در پالایشگاه مورد مطالعه بود.



S.; Juengprasert, W.; Chuchaisangrat, B.; & Samakkaran, A., (2000). The Indigenous Fisherman Divers of Thailand: Strengthening Knowledge through Education and Information. *Journal of Safety Research*. 2000. 31. 159-168.

Kathirgamanathan, T.; Wong, T. K., (2005). Behavior based safety-implementation, leanings and results of loss prevention system in Exxon Mobil Malaysia. 2005 SPE Asia Pacific Health, Safety and Environment Conference and Exhibition Proceedings. 213-218.

Levy, J.; Moyer, M.; Crawford, A.; Musson, D., (2005). Evolution of the offshore drilling safety culture. *International Petroleum Technology Conference Proceedings*. 2005. 719-730.

Schiller, S.; Shah, J., (2005). Managing catastrophic risk: Quantitative methods that provide insight and decision support. *AIChE Spring National Meeting, Conference Proceedings* 2005. 4639-4659.

Rayson, M. P., (2000). Fitness for work: the need for conducting a job analysis. *Occupational Medicine*. 2000. 50(6). 434- 436.

Thrun, M. G., (2002). An Analysis of the Recouping Operations at XYZ Company. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the Master of Science Degree. 2002. University of Wisconsin-Stout. USA.

Lina, k., (1982). Safety Analysis of production line in the light metal industry. *Occupational Accident*. 1982. 4. 335-340.

Rmazy, j., (2005). Identifying nursing hazards in the emergency department: A new approach to nursing job hazard analysis. *Accident Analysis & Prevention*. 2005. 13. 269 - 271.

Bentley, T. A.; Parker, R. J.; Ashby, L., (2005). Understanding felling safety in the New Zealand forest industry. *Applied Ergonomics*. 2005. 36.165 – 175.

Downer Engineering, D., (2005). Job Safety & Environment Analysis (JSA)/ Safe Work Method Statement.

Danfield, B., (2008). TREE RING SCAFFOLDING. US Department of agriculture Forest Service.

Jafari, A., (2007). Job safety analysis in Abadan oil refinery. 2nd National HSE engineering conference. Sharif University. Tehran. Iran. 2007. (In Persian).

Standards Australia and Standards New Zealand, AS/NZS 4360., (2004). Risk management. Sydney. NSW. ISBN07337 5904 1.

Jafari, M. J.; Gharari, N.; Sheikhi, H. R., (2009). The reliability of a tunnel boring machine. *IJOH*. 2009. 1. 19 – 24.

Suardina, J.; Mannana, S.; El-Halwagi, M., (2007). The integration of Dow's fire and explosion index (F&EI) into process design and optimization to achieve inherently safer design. *Loss Prevention in the Process Industries*. 2007. 20(1). 79 – 90.

مطالعه به میزان ۲۴/۵ درصد کاهش یابد. علت عدم امکان کاهش شدت پیامد ناشی از حریق و انفجار در مجتمع‌های پالایشگاهی نفت، گاز، و پتروشیمی به این دلیل است که پس از ساخت این مجتمع‌ها امکان تغییر در فرآیند به منظور ایمن سازی آن وجود نداشته و راه های کنترلی منحصرأ محدود به روش هایی است که احتمال رویداد را کاهش می دهد. به همین دلیل طراحی و ساخت فرآیندهای ایمن این مجتمع‌ها دارای اهمیت ویژه‌ای است. (Jafari, et al; 2009)

راه‌های کنترلی توصیه شده توسط کارشناسان شرکت کننده در مطالعه حاضر عمدتاً مبتنی بر آیین نامه‌های استاندارد و ایمنی جوشکاری است. در مطالعات مشابه نظیر مطالعه انجام شده توسط دانفیلد در وزارت کشاورزی آمریکا نیز راه‌های کنترلی توصیه شده براساس استانداردها و مقررات ایمنی تدوین گردیده است. (Danfield, 2008)

### تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد سرکار خانم فریبا کوهی می باشد. بدین وسیله از کمک‌های دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و پالایشگاه تهران تشکر و قدردانی می گردد.

### فهرست منابع

Kouhi, F., (2009). Job safety analysis in 5 most dangerous jobs of Tehran oil refinery. A thesis presented in application for the degree of MSc in Occupational Health Engineering. Shahid Beheshti Medical University. 2009, Tehran, Iran, (In Persian).

Jafari, M. J.; Kouhi, F.; Movahedi, M.; Allah-Yari., (2010). The effect of job safety analysis on risk perception of workers at high risk jobs in a refinery. *Iran Occupational Health.*, 6(4), winter 2010, 12-25. (In Persian).

Hyatt, N., (2003). Guidelines for Process Hazards Analysis, Hazards Identification & Risk Analysis. 3rd Ed. Ontario, Canada: Dyadem press, 2003.

Mariken, H. C.; Everdij (Nlr)., (2006). H. A. P. B. N. Safety Methods Database. V.0/5, n, NLR, 28 August 2006.

Benavides, F. G.; Delclos, G. L.; Cooper, S. P.; Benach, J., (2003). Comparison of fatal occupational injury surveillance systems between the European Union and the United States. *American journal of industrial medicine*. ISSN 0271-358. pp. 385-391

Ninness, J., (2005). Taking a world view of occupational health and safety. *Visions Conference*

Sharpe, A.; Hardt, J., (2009). Five Deaths a Day: Workplace Fatalities in Canada, 1993-2005. Centre for the Study of Living Standards. December 2009.

Gold, D.; Geater, A.; Aiyarak, S.; Wongcharoenyong,