آنالیز ایمنی جوشکاری در پالایشگاه تهران و اثر بخشی راه‌های کنترلی

محمد جواد جعفری[۱*]، فریبا کوهی[۲]، محمد موحدی[۳]، تیمور الله‌یاری[۴]

Jafari1952@yahoo.com و *m_jafari@sbmu.ac.ir*

چکیده

مقدمه: ایمنی مشـاغل پرمخاطره به ویژه در فعالیت‌های پالایشـگاهی دارای اهمیت خاصی است. در این مقاله، مخاطرات جوشـکاری در پالایشـگاه تهران با استفاده از روش آنالیز ایمنی شغلی ارزیابی شـده و اثربخشی راه‌های کنترلی در کاهش خطـر مخاطرات مورد مطالعه قرار گرفته اسـت. این مطالعه توصیفی بـر 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 ۲ روش مشـاهده و مصاحبه با شاغلین تعیین گردید. سپس مخاطرات هر مرحله با استفاده از روش مشاهده، مصاحبه پر کردن چک لیسـت آنالیز ایمنی شغلی شناسایی شـد. برای ارزیابی میزان خطر مخاطرات موجود، از عدد اولویت ریسک استفاده گردید. عدد اولویت خطر، طبق استاندارد شماره AS/NZS ۲۰۰۴/۴۳۶۰کشورهای 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.

یافته ها: نتایج نشـان داد که در شـرایط 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 بررسـی دارای عدد خطر ۴ با پتانسـیل خطر بالا، ۶/۱٪ دارای عدد اولویت خطر ۳ با پتانسـیل 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.

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

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

۱. دکترای مهندسـی بهداشـت 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 نفـت از جمله مطالعه کوهی در سـال ۱۳۸۸ و جعفری و همکاران در سال ۱۳۸۹ نشان داده اسـت که جوشکاری، پرمخاطره‌ترین شغل در این مجتمع‌ها می‌باشـد (Kouhi, ۲۰۰۹, Jafari, et al; ۲۰۱۰). شناسـایی، ارزیابی و مدیریت خطر ناشی از اجرای مشاغل پرمخاطره نظیـر جوشـکاری در مجتمع‌هایی که خطر حریـق و انفجار دارند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار اسـت. روش‌های مختلفی جهت شناسـایی، ارزیابی و مدیریت خطر ابداع و توسـعه یافته‌اند. هر یک از این روش ها، دارای هدف، عملکرد و ابزارهای مختلفی هسـتند که به تناسـب هـدف و نیازمندی های هـر مطالعه و کاربرد آن، مورد اسـتفاده قرار می‌گیرند. طیف گسـترده‌ای از روش‌های توسـعه یافتـه در *(Hyatt, 2003, Mariken, Everdij; 2006)* معرفی شده‌اند.

در این میان آنالیز ایمنی شـغلی، یکی از روش‌های شناسـایی خطر اسـت که خطای انسـانی و روش اجرای مراحل مختلف یک شـغل را مـورد توجه قرار می‌دهد. سـابقه اجرای این روش در کشـورهای صنعتی به حدود سـال های قبل از ۱۹۳۰ می‌رسد. آنالیز ایمنی شغلی بـه عنوان یک ابزار مدیریتی به حـذف خطرات و کاهش جراحات و حـوادث محیط کار کمک می‌کنـد. *(Benavides, et al; 2003)* برخی از پژوهشـگران نظیـر نینِس، آنالیز ایمنی شـغلی را به عنوان یکی از اولیـن و مهم‌ترین مراحل اولیه در یـک برنامه ایمنی تلقی می‌نمایند. *(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 می‌کند. *(Sharpe, Hardt; 2009)*

در خصوص کاربرد روش آنالیز ایمنی شـغلی، پژوهش‌های بسـیاری انجام گرفته و مقالات متعددی انتشـار یافته اسـت. در سـال ۲۰۰۰، مارینـا هیپـورن مطالعـات آنالیز ایمنی شـغلی را برای شـرکت‌های Telstra، Kodak، Monsanto، Shell، و BHP انجام داد. ایشـان همچنین، به مطالعه ارزیابی ایمنی شـغلی و مطالعه عملیات و خطـر(HAZOP) در زمینه گواهینامه‌های شـماره 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 سـال 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 روش‌های مورد استفاده در ایمنی براساس رفتار بود. *(Kathirgamanathan, Wong; 2005)* در همان سـال لِوی و همکارانش از روش آنالیز ایمنی شـغلی جهت کاهش تعداد و شدت حوادث اسـتفاده کردند. *(Levy, et al; 2005)* در سـال ۲۰۰۵، شـیلر و شـاه به منظـور مدیریت خطـرات فاجعه بـار، از روش آنالیز ایمنی شـغلی بهره بردند. *(Schiller, Shah; 2005)* در سال ۲۰۰۰ ری‌سون در مطالعه خود اقدامات لازم برای تناسـب افراد با کار، طراحی مجدد وظایف سـخت و انتخاب افراد مناسـب برای شغل با توجه به توانایی افراد را معرفی و روش مناسب برای کمی سازی تقاضاهای فیزیکی و تحقق این اسـتراتژی‌ها را آنالیز ایمنی شغلی معرفی نمود. *(Rayson, 2000)* در سـال ۲۰۰۲، ترون مطالعه آنالیز ایمنی شـغلی را در بخش Axle – Housing انجام داد و در بخشـی که کارگران مجبور به حمـل ابزار ۳۵ تا ۴۰ پوندی از کف زمین به پالت بودند طراحی مجدد صورت گرفت. در همان سـال ترون عملیات احیـاء کاکائو را در یک شرکت تولیدی نیز آنالیز کردد. *(Thrun, 2002)*

از تحقیقـات قدیمی‌تر می‌توان به مطالعه لینا در سـال ۱۹۸۲ اشـاره کـرد که آنالیز ایمنی شـغلی را در خط تولید صنعت فلزات سـبک به کار گرفـت. *(Lina, 1982)* در سـال ۲۰۰۵، رمزی و همـکاران او از دانشگاه پنسـیلوانیا روش آنالیز ایمنی شغلی را برای مشاغل پرستاری بخش اورژانس به کار گرفتند. *(Rmazy, 2005)* در سال ۲۰۰۵ میلادی مطالعـه‌ای با عنـوان "درک ایمنی درخت اندازهـا در صنایع جنگلی نیوزلند" توسـط بنتلـی و همکارانش انجام گرفـت. این مطالعه خطر فاکتورهای مهم شـغل درخت‌اندازی را که به روش دسـتی- ماشینی انجام می‌گرفت شناسایی کرد و سپس به آنالیز آمار حوادث ۵ سال قبل از آن پرداخـت و این اطلاعات را با داده‌های به دسـت آمده از طریق آنالیز ایمنی شغلی درخت‌اندازی مقایسه نمود. *(Bentley, et al; 2005)*

در محدوده جسـتجوهای انجام شـده، منابع و مراجع معتبری که به آنالیز ایمنی شغلی در مشاغلی شبیه به مشاغل موجود در مطالعه حاضر پرداخته باشـند مشاهده نشد. تنها گزارش فنی گروه مهندسی داونر در سال۲۰۰۵ بود که به بررسی آنالیز ایمنی مشاغل جوشکاری، برشکاری و داربست بندی پرداخته است. *(Downer Engineering, 2005)*

در مورد شـغل داربسـت‌بندی مطالعه دیگری توسـط دانفیلد وجود دارد کـه مربـوط به وزارت کشـاورزی آمریـکا می‌باشـد. در مطالعه مذکور خطرات اصلی مراحل مختلف داربسـت‌بندی ذکر و راهکارهای کنترلی که بیشـتر مبتنی بر آیین‌نامه‌های موجود برای داربسـت‌بندی اسـت استفاده گردیده است. *(Danfield, 2008)* در ایران نیز جعفری و همکاران در سـال ۱۳۸۶ این روش را در شرکت پالایش نفت آبادان به کار گرفتند. *(Jafari, 2007)*

در مطالعه حاضر، با اسـتفاده از روش تحلیل ایمنی شـغلی، خطرات ناشـی از عملیات جوشـکاری مـورد تجزیه و تحلیل قـرار گرفت. به

جدول ۱: مراحل عملیات جوشکاری با گاز استیلن

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

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

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

همین منظور، خطرات هر مرحله از عملیات جوشکاری مشخص شده و راهکارهای کنترلی ارایه گردید. برای ارزیابی خطر در روش آنالیز ایمنی شغلی، از عدد اولویت خطر مخاطرات استفاده گردید. این عدد برای قبل و بعد از ارایه 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 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; 2004)* 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

جدول۳: 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 جزیی است.	جزیی	۲
جراحت/ بیماری ناتوان کننده است.	مرزی	۳
ازکار 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	غیر محتمل (۱)	خیلی کم (۲)	گاه به گاه (۳)	محتمل (۴)	مکرر (۵)
فاجعه‌بار	(۵)	۴	۵	۵	۵	۵
بحرانی	(۴)	۳	۴	۴	۵	۵
مرزی	(۳)	۲	۳	۳	۴	۴
جزیی	(۲)	۲	۲	۳	۳	۳
ناچیز	(۱)	۱	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 کوتاه ترین 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

ریسک و با استفاده از جدول ۵ ارزیابی گردید.

احتمال وقوع رویداد و شدت پیامد از تجزیه وتحلیل 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 درنظر 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 کاهش احتمال وقوع یا کاهش شدت پیامد و یا کاهش هم زمان هر دوی آن ها 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 دستورالعمل های 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

جدول ۶: آمار توصیفی آنالیز ریسک مخاطرات جوشکاری

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

آزمون آماری غیر پارامتریک ویلکاکسون استفاده شد.

یافته‌ها

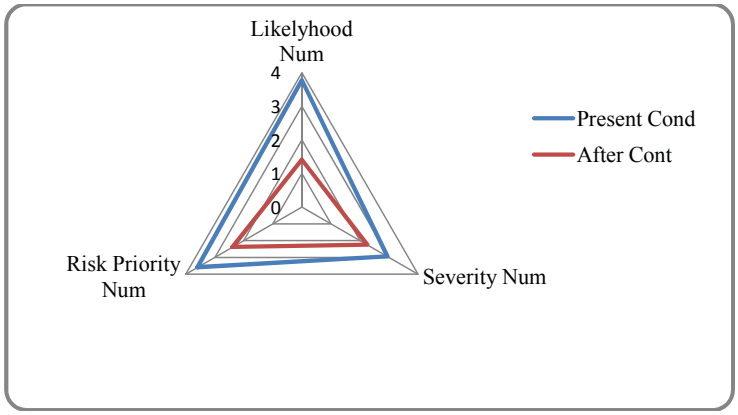
نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در شرایط موجود، بیش ترین عدد اولویت خطر برابر ۵ یعنی با پتانسیل خطر فوق‌العاده بالا و مربوط به خطر حریق و انفجار می‌باشد. در همین حال، کم ترین عدد اولویت خطر برابر ۳ یعنی با پتانسیل خطر متوسط می‌باشد. میانگین عدد اولویت خطر مخاطرات مورد بررسی در شرایط موجود مساوی (۰/۹۱۱±۳/۵۹) 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 (۱/۰۷۰±۲/۳۸) یعنی با پتانسیل خطر پایین کاهش خواهد یافت (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



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

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 اطاقک‌های 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 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 SPSS۱۶ 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 می شوند که ضروری است نسبت به کاهش خطر آن ها 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.

تحلیل 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 بالاهستند. 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

جدول۷: 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

جدول۸: 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
۱-۲	آتش گرفتن لباس های کارگر	۴	۳	۴	۲	۲	۲
۱-۳	ایجاد ترکیبات خطرناک و قابل انفجار	۲	۵	۵	۱	۵	۴
۱-۲	آتش‌سوزی 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 آتش‌سوزی و انفجار	۳	۵	۵	۱	۵	۴
۱-۱۰	آتش‌سوزی و انفجار	۳	۵	۵	۱	۵	۴

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 نگه 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 اشیا، 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.

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.

متاسفانه 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

مطالعه به میـزان ۲۴/۵ درصد کاهش یابد. علـت عدم امکان کاهش شـدت پیامد ناشی از حریق و انفجار در مجتمع‌های پالایشگاهی نفت، گاز، و پتروشـیمی به این دلیل اسـت که پس از ساخت این مجتمع‌ها امـکان تغییر در فرآیند به منظور ایمن سـازی آن وجود نداشـته و راه های کنترلی منحصراً محدود به روش هایی است که احتمال رویداد را کاهش می‌دهد. به همین دلیل طراحی و سـاخت 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 مشـابه نظیر مطالعه انجام شـده توسـط 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 کارشناسـی ارشـد سـرکار خانم فریبا کوهی می‌باشد. بدین وسیله از کمک‌های دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و پالایشگاه تهران تشکر و قدردانی می‌گردد.

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, 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.