

## مدیریت ریسک در یک جایگاه سوخت‌رسانی به منظور کاهش حوادث و ارتقای کارآمدی سازمانی

جواد ملکوتی<sup>۱</sup>

محمد خندان<sup>۲</sup>

دکتر علیرضا کوهپایی<sup>۳</sup>

کیومرث سمعی<sup>۴</sup>

علیرضا قدرشناس<sup>۵</sup>

امیر بهرامی<sup>۶</sup>

### چکیده

گاز طبیعی، به علت وفور نسبی، سهولت استفاده، آلودگی زیست محیطی کمتر و قیمت ارزانتر نسبت به بنزین در اولویت قرار گرفته، تا جایی که گازسوز کردن اتومبیل‌ها و ایجاد جایگاه‌های عرضه آن با سرعت بالایی در حال افزایش است. این مطالعه با هدف شناسایی و تعیین انحرافات عملیاتی، ارزیابی ریسک و همچنین پیشنهاد راهکارهای کنترلی در کمپرسور گاز یکی از ایستگاه‌های CNG شهر قم در سال ۱۳۹۳ انجام شد. در این مطالعه توصیفی-مقطعی، به منظور ارزیابی ریسک، از تکنیک HAZOP استفاده شد. جمع‌آوری اطلاعات از طریق مشاهده مستقیم فرآیند و اجزای کمپرسور گاز، مصاحبه با کارکنان و متخصصین، تهیه P&IDs، PFDS، مرور دستورالعمل‌های عملیاتی، سوابق حوادث و شبه حوادث و سایر اطلاعات فنی انجام و در تیم مطالعه طی جلسات متعدد تحلیل شد. هفت انحراف عملیاتی شناسایی شده در عملکرد کمپرسور مورد استفاده در جایگاه سوخت‌رسانی گاز فشرده شده شامل عدم جریان و جریان کمتر، فشار بیشتر و فشار کمتر، وجود ترکیباتی به غیر از گاز در کمپرسور، جریان معکوس و دمای بیشتر بود. ۴۱/۳۴٪ از ریسک‌ها در محدوده قابل قبول و ۵۸/۶۶٪ در محدوده قابل قبول مشروط قرار گرفتند. بیشترین میزان‌های ریسک 3D، 2E، 2D و 3C و کمترین میزان برابر 4E تعیین گردید. ریسک عملیاتی کمپرسور گاز در جایگاه سوخت مورد بررسی در وضعیت قابل قبول است. استفاده از روش هزوپ در آنالیز ریسک جایگاه‌های سوخت‌رسانی CNG توصیه می‌گردد. تدوین دستورالعمل‌های عملیاتی، آموزش پرسنل، اجرای برنامه‌های نگهداری و تعمیرات و همچنین کالیبراسیون منظم ابزار دقیق می‌تواند در پیشگیری از بروز حوادث در ایستگاه‌ها نقش به‌سزایی داشته باشد. بدون تردید اتکای صنایع بیمه‌ای بر نتایج روش‌های ارزیابی ریسک می‌تواند منجر به بهره‌وری بالاتر صنایع بیمه‌ای شود.

**واژگان کلیدی:** ارزیابی ریسک، تکنیک مطالعه عملیات و خطر، کمپرسور گاز، جایگاه CNG، صنعت بیمه

۱. j.malakouti@yahoo.com

۲. Khandan.mo@gmail.com

۳. koohpaei@muq.ac.ir

۴. k.samiei@yahoo.com

۵. Ghadershenas\_52@gmail.com

۶. amir57phd@gmail.com

۱. کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی، دانشگاه علوم پزشکی

۲. کارشناسی ارشد ارگونومی، دانشگاه علوم پزشکی قم

۳. استادیار، دانشگاه علوم پزشکی قم

۴. دانشجوی دکتری مدیریت بازرگانی، اداره کل درمان مستقیم سازمان تأمین اجتماعی

۵. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، کارشناس شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران

۶. دانشجوی دکتری مدیریت بازرگانی، کارشناس پژوهشی پژوهشکده بیمه

## ۱. مقدمه

کاهش ذخایر و بالا رفتن قیمت جهانی محصولات نفتی از سویی و بروز آلودگی‌های شدید زیست محیطی از سوی دیگر سبب شده است تا کشورهای جهان توجه ویژه‌ای نسبت به جایگزین ساختن منابع سوختی فعلی داشته باشند. کشور ما نیز به علت مواجه بودن با مسائل اقتصادی و جهانی و به دلیل برخورداری از دومین منابع عظیم گاز طبیعی در جهان، به کارگیری و استفاده از گاز طبیعی را در دستور کار خود قرار داده است.

وجود گاز طبیعی در ایستگاه‌های CNG، قابلیت نشت، احتراق و انفجار گاز و همچنین نزدیکی ایستگاه‌های سوخت رسانی به منازل مسکونی باعث شده تا عملکرد این جایگاه‌ها از حساسیت بالایی برخوردار باشد [۱،۲]. عدم وجود جایگاه‌های استاندارد سوخت‌رسانی سی ان جی در کشور، قرار گرفتن کشورمان بر روی کمربند زلزله و احتمال وقوع زلزله که نشت در ایستگاه‌های سوخت رسانی CNG را به دنبال خواهد داشت، مستعمل شدن تجهیزات و در نهایت کاهش قابلیت اطمینان ایستگاه‌های سوخت‌رسانی به دلیل بالا رفتن عمر استفاده از آنها و در نهایت پایین بودن سطح آگاهی عموم مردم نسبت به مسائل ایمنی در استفاده از جایگاه‌های سوخت، همگی سبب می‌شود که مسئله نقص ایمنی و خطر انفجار در جایگاه‌های سوخت‌رسانی CNG از اهمیت بیشتری برخوردار شود. این موضوعات ضرورت مطالعه و ارزیابی ریسک در جایگاه‌های سوخت‌رسانی CNG را دو چندان می‌نماید.

روش مطالعه عملیات و خطر (Hazard Operability Study (HAZOP)) یک روش شناسایی مخاطرات فرآیندی و عملیاتی می‌باشد که از طریق کشف پیامدهای تمامی حالات انحراف پارامترهای عملیاتی از شرایط طراحی شده، اقدام به ارزیابی مخاطرات می‌نماید. امروزه تکنیک مطالعه عملیات و خطر یا هزوپ بطور فزاینده‌ای در صنایع فرآیندی به عنوان ابزار کشف نواقص ایمنی [۶-۳]. و شناسایی مخاطرات فرایندهای شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۷-۱۱]. در این روش به منظور شناسایی مخاطرات سیستم از واژه‌های راهنمای کلیدی و فلودیاگرام‌های سیستم استفاده می‌شود و با تقسیم‌بندی سیستم به اجزای کوچک‌تر، پارامترهای عملیاتی نظیر فشار، دما، جریان و ویسکوزیته مورد بررسی قرار گرفته و پیامدهای حاصل از انحراف پارامترها ارزیابی و در نهایت اقدامات کنترلی پیشنهاد می‌گردد [۱۲]. تجهیزات عمده یک ایستگاه سوخت‌رسانی CNG شامل سامانه تامین توان، سامانه سنجش گاز، مخازن ذخیره‌سازی گاز فشرده، سامانه توزیع-کننده (دیسپنسر) و کمپرسور تشکیل شده است. به منظور کاهش رطوبت موجود در گاز طبیعی از خشک کن یا درایر استفاده می‌شود. مخازن توسط کمپرسور با فشاری بالاتر از فشار مخزن خودرو (بالاتر از ۲۰۰ بار) پر می‌شوند. وظیفه انتقال سوخت از کمپرسور یا مخازن ذخیره به مخزن خودرو را نیز سامانه توزیع‌کننده انجام می‌دهد. کمپرسور قلب ایستگاه CNG است و وظیفه فشرده کردن گاز طبیعی تا فشار ۲۵۰ بار را برعهده دارد. کمپرسورهای مورد استفاده در ایستگاه‌های CNG، عمدتاً از نوع سیلندر پیستونی (رفت و برگشتی) هستند که با استفاده از انرژی تولید شده توسط موتورهای الکتریکی یا موتورهای گازسوز، گاز طبیعی موجود در خطوط لوله و یا مخازن پرفشار فشرده کرده و جهت سوخت‌گیری در ایستگاه‌های CNG، آماده می‌نمایند.

به‌طور کلی اجزای یک کمپرسور پیستونی شامل کارتر، سیلندر، پیستون، رینگ‌های پیستون، واسطه (کریسکف)، میل لنگ، چرخ‌طیار، کاسه نمد، سوپاپ‌های مکش و رانش کمپرسور، سوپاپ محافظ، سامانه روغن کاری، بای پاس (میان بر) و سامانه خنک‌کننده می‌باشد.

این مطالعه با هدف شناسایی و ارزیابی مخاطرات عملیاتی در یک کمپرسور گاز که به طور مشترک در تمامی ایستگاه-های سوخت‌رسانی CNG مورد استفاده قرار می‌گیرد و به منزله حیاتی‌ترین بخش در جایگاه‌های سوخت‌رسانی CNG می‌باشد، انجام پذیرفت.

## ۲. روش بررسی

این مطالعه توصیفی مقطعی در سال ۱۳۹۳ در یکی از جایگاه‌های سوخت‌رسانی CNG شهر قم انجام شد. مطالعه هزوپ، فرآیندی سازمان یافته و ساختارمند بوده و به تجزیه و تحلیل خطرات یک سیستم از فاز طراحی تا فاز عملیاتی می‌پردازد [۱۲]. از آنجایی که عملیات متراکم کردن گاز در جایگاه‌های سوخت‌رسانی CNG یک فرآیند شیمیایی است که در آن پارامترهای عملیاتی متعددی دخیل می‌باشند، از روش هزوپ فرآیندی استفاده شد. به این منظور ابتدا از طریق بازدید از جایگاه و مشاهده مستقیم فرآیند و شناخت کامل و دقیق اجزای سیستم کمپرسور، مصاحبه با کارکنان و متخصصین، تهیه PFDs، P&IDs، مرور دستورالعمل‌های عملیاتی و سایر اطلاعات فنی و همچنین مطالعات کتابخانه‌ای پیرامون فرآیند فشرده‌سازی گاز، جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز صورت پذیرفت. تشکیل تیم هزوپ متشکل از تیم ارزیابی‌کننده و کارشناسان جایگاه‌های سوخت CNG از دیگر مراحل اجرایی مطالعه بود. در اجرای این روش از برگه کار هزوپ استفاده شد. این برگه شامل ۷ ستون شامل ردیف، انحراف، علت بروز انحراف، پیامد بروز انحراف، ریسک، اولویت‌بندی ریسک و راهکارهای پیشنهادی جهت کنترل انحرافات احتمالی بود. نوع انحرافات (پارامتر عملیاتی با در نظر گرفتن یک کلمه راهنما) [۳] [۱۲]، علت بروز انحرافات و همچنین پیامد بروز انحرافات در جلسات تیم هزوپ تعیین گردید. به این منظور ابتدا فرآیند متراکم کردن گاز در کمپرسور جهت متمرکز شدن بر روی انحرافات احتمالی (مشخص کردن گره‌ها) به قسمت‌های کوچکتری بخش‌بندی گردید. در تعیین گره‌های مطالعاتی از P&ID کمپرسور Horizontal که در شکل شماره ۱ ارائه شده است، استفاده شد. پس از تعیین نوع انحراف احتمالی، تمامی حالات انحراف ممکن بررسی و اثرات و پیامدهای حاصل از انحراف پارامترهای عملیاتی تعیین گردید. ریسک از دو پارامتر شدت خطر و احتمال وقوع خطر تشکیل شده است. شدت و احتمال وقوع خطر به ترتیب با توجه به جداول شماره ۱ و ۲ که برگرفته از استاندارد MIL-STD-882B [۱۲] می‌باشند، و همچنین اولویت‌بندی ریسک با توجه به جدول شماره ۳، در جلسات متعدد تیم کارشناسی هزوپ تعیین گردید. از آنجایی که سوابق و تجربیات تیم کارشناسی، نقش موثری در شناسایی انحرافات احتمالی و برآورد ریسک دارد، در این مطالعه از افراد با تجربه‌ی کاری مرتبط و بالای پنج سال استفاده شد. رتبه‌های شدت و احتمال وقوع خطر با توجه به اطلاعات در دسترس و پیامدهای احتمالی مخاطرات و سوابق حوادث و شبه حوادث مشابه در نظر گرفته شد؛ پس از تعیین اولویت‌بندی ریسک پیشنهاداتی جهت کنترل انحرافات ارائه گردید.

1. Piping and Instrumentation Diagram (P&ID)
2. Process Flow Diagram (PFD)
3. Guide Word +Parameter
4. Node

## جدول (۱) - شدت خطر منطبق بر استاندارد MIL-STD-882B

ردیف	توصیف	طبقه	تعریف
۱	فاجعه بار	۱	مرگ یا از کار افتادن سیستم
۲	بحرانی	۲	جراحی، بیماری شغلی یا صدمه ی شدید به سیستم
۳	مرزی	۳	جراحی، بیماری شغلی یا صدمه ی خفیف به سیستم
۴	جزئی	۴	جراحی، بیماری شغلی یا صدمه ی کمتر از حد خفیف به سیستم

## جدول (۲) - احتمال وقوع خطر منطبق بر استاندارد MIL-STD-882B

ردیف	توصیف	طبقه	تعریف حادثه
۱	مکرر	A	وقوع مکرر آن محتمل است.
۲	محتمل	B	در طول عمر سیستم چندین بار رخ خواهد داد.
۳	گاه به گاه	C	گاهی اوقات وقوع آن در طول عمر سیستم محتمل است.
۴	بعید	D	وقوع آن غیر محتمل است ولی ممکن است در طول عمر سیستم رخ می دهد.
۵	غیر محتمل	E	بسیار غیر محتمل است، می توان فرض کرد که خطر رخ نخواهد داد.

## جدول (۳) - ماتریس ارزیابی و قضاوت ریسک

شدت خطر احتمال وقوع	فاجعه بار (۱)	بحرانی (۲)	مرزی (۳)	جزئی (۴)
مکرر (A)	1A	2A	3A	4A
محتمل (B)	1B	2B	3B	4B
گاه به گاه (C)	1C	2C	3C	4C
خیلی کم (D)	1D	2D	3D	4D
غیر محتمل (E)	1E	2E	3E	4E
			غیر قابل قبول	
			نامطلوب	
			قابل قبول با تجدید نظر	
			قابل قبول بدون تجدید نظر	

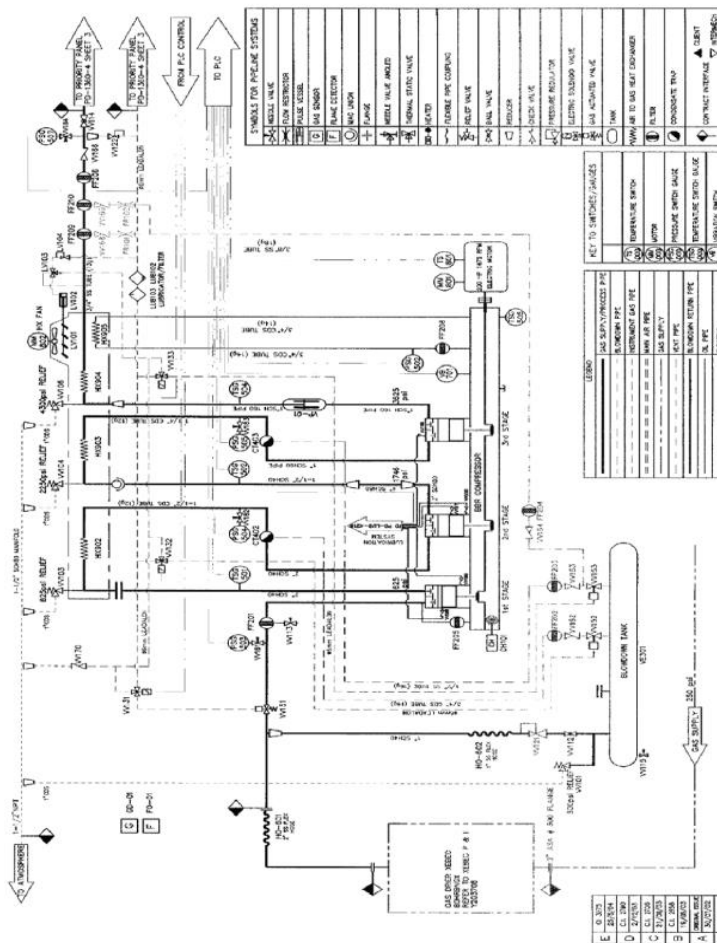
## ۳. یافته های تحقیق

در بررسی صورت گرفته مجموعاً هفت انحراف عملیاتی شامل عدم جریان<sup>۱</sup> گاز، جریان کمتر<sup>۲</sup> گاز، فشار کمتر<sup>۳</sup> گاز، فشار بیشتر<sup>۴</sup> گاز، وجود مواد<sup>۵</sup> در گاز، جریان معکوس<sup>۶</sup> و دمای بیش از حد<sup>۷</sup> شناسایی شد. نمونه ای از برگه کار تکمیل شده هزوپ مربوط به فشار بیشتر در جدول شماره ۴ ارائه گردیده است.

1. No Flow
2. Less Flow
3. Less Pressure
4. More Pressure
5. As well as
6. Reverse Flow
7. More Temperature

جدول (۴) - نمونه برگه کار (تکمیل شده) HAZOP

انحراف	علت بروز انحراف	پیامد حاصل از انحراف	ریسک	الویت بندی ریسک	راهکارهای پیشنهادی جهت کنترل انحرافات
انحراف فشار بیشتر More Pressure	نقص در سیستم خنک کننده	افزایش فشار به دلیل افزایش دما	۳D	قابل قبول با تجدیدنظر	آموزش پرسنل / تدوین و اجرای دقیق برنامه نت
	خرابی رگولاتور و فشارسنج کمپرسور	افزایش فشار در خروجی پمپ و آسیب به لوله های انتقال دهنده و افزایش احتمال انفجار	۴C	قابل قبول	کالیبراسیون / آموزش پرسنل / تدوین و اجرای دقیق برنامه نت
	خرابی سوپاپ محافظ	افزایش فشار در خروجی پمپ و آسیب به لوله های انتقال دهنده و افزایش احتمال انفجار	۴C	قابل قبول	آموزش پرسنل / تدوین و اجرای دقیق برنامه نت / استفاده از شیرهای فشار شکن Relief valve
	متناسب نبودن Bender باسایز Tube	افزایش فشار در اتصالات	۴E	قابل قبول	انتخاب صحیح و متناسب اتصالات با فشار ورودی و خروجی
	افزایش دما	افزایش فشار	۴E	قابل قبول	ایجاد سایبان بر روی کمپرسور



شکل (۱) - P&ID کمپرسور Horizontal دارای مخزن بازیافت Blow Down

در انحراف مربوط به "عدم جریان گاز"، عللی همچون خرابی سیستم‌های خنک‌کننده هوا و مبدل‌های حرارتی گاز، خرابی سوپاپ محافظ، متناسب نبودن تابلوی برق با ظرفیت کمپرسور، متناسب نبودن موتور با کمپرسور و اختلال در حرکت میل لنگ از مهم‌ترین دلایل بروز انحراف بودند که در بسیاری از موارد منجر به از کارافتادن و خرابی کمپرسور می‌گردند.

در خصوص انحراف مربوط به "جریان کمتر گاز" دلایلی همچون نقص در شیر تخلیه کمپرسور، نقص در سامانه روغن‌رسانی، وجود نشستی در اتصالات کمپرسور، انسداد فیلتر و درست عمل نکردن درایر از علل بروز انحراف تعیین گردیدند که می‌تواند شامل پیامدهایی نظیر افت فشار گاز خروجی از کمپرسور، ساییدگی قطعات کمپرسور و اختلال در عملکرد موتور، افزایش احتمال احتراق و انفجار و همچنین کاهش کارایی کمپرسور باشد.

در بررسی علل بروز انحراف "فشار کمتر"، نقص در سیستم خنک‌کننده، نقص در شیر تصفیه و مکش، خراب شدن رگولاتور، نقص در سیستم روغن‌رسانی، خرابی کاسه نمدهای کمپرسور و نقص در قطعات داخلی کمپرسور به دلیل پایان یافتن عمر مفید آنها از مهمترین دلایل شناسایی شدند که می‌تواند تبعاتی نظیر کاهش کارایی کمپرسور، افت فشار و افزایش اصطکاک بین قطعات داخلی موتور به دنبال داشته باشند.

در انحراف مربوط به "فشار بیشتر" دلایلی همچون افزایش دما و نقص در سیستم خنک‌کننده، خرابی رگولاتور و فشارسنج کمپرسور، خرابی سوپاپ محافظ و متناسب نبودن Bender با سایز لوله تعیین گردید که می‌تواند پیامدهایی نظیر افزایش فشار خروجی کمپرسور و در نتیجه آسیب به لوله‌های انتقال دهنده، افزایش فشار در اتصالات و احتمال انفجار را به دنبال داشته باشد.

بروز انحراف "وجود ترکیباتی به غیر از گاز" در کمپرسور می‌تواند به علت نقص در سامانه روغن‌رسانی موتور (کارتر) اتفاق بیفتد که پیامد آن مخلوط شدن گاز و روغن و آسیب به قطعات می‌باشد.

"جریان معکوس گاز" از دیگر انحرافات احتمالی شناسایی شده است که می‌تواند به دلیل اشتباه در بستن شیر تخلیه سیلندر در هنگام تعمیرات بوقوع بپیوندد که پیامد آن ممکن است انفجار لوله‌ها و کمپرسور باشد. استفاده از شیرهای کنترل به منظور عبور یک‌طرفه گاز می‌تواند در پیشگیری از بروز این انحراف موثر واقع گردد.

در انحراف دمای بیش از حد، عللی همچون خرابی سامانه خنک‌کننده، خرابی و نقص در سامانه روغن‌رسانی و افزایش دور موتور به دلیل افزایش جریان برق، شناسایی گردید که بروز این انحراف می‌تواند با افزایش فشار در فرآیند متراکم سازی گاز، اختلال ایجاد نماید.

از جمله توصیه‌های کنترلی ارائه شده، طراحی و استفاده از کاشف‌های گاز در اطراف کمپرسور، انجام آزمون‌های غیرمخرب، آموزش به پرسنل در خصوص اهمیت وظایف و پیامدهای سهل‌انگاری و بی‌احتیاطی در انجام وظایف محوله، تدوین و نظارت بر اجرای دقیق و منظم برنامه نگهداری و تعمیرات (نت)، کالیبراسیون منظم تجهیزات ابراز دقیق و پایش و تحلیل منظم داده‌های حاصل از ابراز دقیق بود.

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج بررسی‌های به عمل آمده، همان‌طور که ذکر شد هفت انحراف عملیاتی شناسایی شده در عملکرد کمپرسورهای مورد استفاده در جایگاه‌های سوخت‌رسانی گاز فشرده شامل عدم جریان و جریان کمتر، فشار بیشتر، فشار کمتر، وجود ترکیباتی به غیر از گاز در کمپرسور، جریان معکوس و دمای بیشتر بود. بیست و نه علت در بروز این هفت انحراف عملیاتی شناسایی گردید. منطبق بر انتظار، با توجه به طراحی‌های دقیق امروزی، کمپرسورهای مورد استفاده در

جایگاه‌های سوخت‌رسانی گاز فشرده، در تمامی ریسک‌ها در محدوده قابل قبول بودند؛ بر این مبنای ۴۱/۳۴٪ از ریسک‌های شناسایی شده در محدوده قابل قبول و ۵۸/۶۶٪ از ریسک‌ها در محدوده قابل قبول با تجدیدنظر قرار گرفته است. همچنین کمترین ریسک با میزان 4E مربوط به خرابی سوپاپ محافظ، نشتی در اتصالات کمپرسور، متناسب نبودن Bender با سایز لوله، افزایش دما، نقص در سامانه روغن‌رسانی (کارتر) و افزایش دور موتور به دلیل افزایش جریان برق بود.

بدری و همکارانش در مطالعه‌ی خود در ایستگاه‌های سوخت‌رسانی CNG مهم‌ترین سناریوهای پیش‌بینی شده را مربوط به خطر نشت گاز و انفجار ارزیابی کردند [۱] که این مسئله نیز در نتایج حاصله از این مطالعه به عنوان بیشترین پیامد مورد ارزیابی قرار گرفته است. علت بسیاری از انحرافات احتمالی شناسایی شده، مربوط به ضعف در سیستم نگهداری و تعمیرات، عدم رعایت دستورالعمل‌های عملیاتی در جایگاه‌های سوخت‌رسانی و خطاهای اپراتور می‌باشد. در بررسی حوادث در صنایع مختلف مشخص می‌گردد که خطاهای انسانی یکی از مهم‌ترین علل وقوع حوادث می‌باشند که هم در عملکرد مستقیم کارکنان و هم در طراحی‌ها امکان بروز دارند [۱۵-۱۳] توجه به خطاهای انسانی کارکنان جایگاه‌های سوخت‌رسانی CNG یک اقدام مهم مدیریتی در ارتباط با کنترل ریسک در جایگاه‌های سوخت می‌باشد [۱۶]. همچنین در مطالعات متعددی، ارتباط نزدیکی بین نحوه عملکرد سیستم نگهداری و تعمیرات تجهیزات و بروز حوادث بزرگ نشان داده شده است [۱۷-۱۹].

به‌طور کلی روش‌های نگهداری و تعمیرات تجهیزات را می‌توان به چهار بخش عمده تقسیم نمود. این چهار بخش شامل روش عکس‌عملی یا اصلاحی، روش مبتنی بر زمان یا دوره‌ای، روش مبتنی بر وضعیت پیش‌بینانه و در نهایت نگهداری و تعمیرات بازدارنده می‌باشند. استفاده از روش‌های نگهداری و تعمیرات بازدارنده و مبتنی بر پایش وضعیت، به عنوان کارآمدترین روش به منظور ارتقای ایمنی و کاهش هزینه و همچنین ارتقای کیفیت و بهره‌وری توصیه می‌گردد. بر این مبنای همانطور که در توصیه‌های ارائه شده در قسمت راهکارهای پیشنهادی جهت کنترل انحرافات در برگه کار HAZOP ذکر شده است، بیشترین اقدامات کنترلی مربوط به رعایت و اجرای برنامه‌های نگهداری و تعمیرات تجهیزات به صورت منظم می‌باشد؛ چراکه با اجرای دقیق برنامه‌های نگهداری و تعمیرات، قبل از بروز خرابی‌ها به نواقص احتمالی پی برده شده و رفع عیب صورت می‌پذیرد.

به صورت کلی در توصیه‌های کنترلی، بر آموزش، بازرسی و نگهداری و تعمیرات تجهیزات به عنوان عناصر موثر در کاهش میزان مخاطرات تاکید شده است. تاکنون در مطالعات متعددی به تاثیر آموزش بر ارتقای فرهنگ ایمنی و همچنین تدوین و اجرای برنامه‌های بازرسی و نگهداری و تعمیرات در کاهش مخاطرات اشاره شده است [۲۱-۲۰]. همچنین با عنایت به اهمیت آگاهی از پارامترهای عملیاتی در فرآیند فشرده‌سازی گاز، کالیبراسیون دقیق تجهیزات و ابزار دقیق از اهمیت بسزایی برخوردار بوده و می‌تواند از بروز انحرافات احتمالی جلوگیری نماید.

ایجاد نظامی مؤثر به منظور کنترل صحت و دقت پارامترهای وسایل اندازه‌گیری که منجر به تطابق اندازه‌گیری‌های انجام شده با استانداردهای جهانی می‌شود، امری ضروری است. اگرچه کالیبره کردن تجهیزات در ابتدای به کارگیری آنها و در لحظه ساخت پر اهمیت است، اما حصول اطمینان از کاربرد دستگاه‌های کالیبره در مدت فعالیت آن دستگاه، نکته‌ای است که باعث ایجاد اعتماد به نتیجه اندازه‌گیری شده و علاوه بر کاهش زمان تشخیص، سبب کاهش هزینه‌های واقعی می‌گردد [۲۲].

براساس بررسی انجام شده، استفاده از روش آنالیز ریسک HAZOP در بررسی انحرافات در کمپرسور جایگاه‌های سوخت‌رسانی CNG موثر می‌باشد. به نظر می‌رسد با وجود استفاده از تجهیزات پیشرفته و کاهش ریسک ناشی از نقص

تجهیزات، بروز خطاهای انسانی و عدم توجه به بازرسی‌های دوره‌ای و همچنین نگهداری پیشگیرانه، محتمل باشد. بر این مبنا آموزش پرسنل جایگاه‌های گاز و همچنین ایجاد سامانه مدیریت خطر و ارزیابی ریسک از جمله اقدامات لازم و ضروری تلقی می‌شود. همچنین استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل حالات نقص و اثرات آن (FMEA)، برای شناسایی و آگاهی از علت‌های نقص و خرابی‌های احتمالی در دستگاه کمپرسور می‌تواند نتایج تکمیلی را ارائه نماید. البته در اجرای تکنیک FMEA فقدان اطلاعات ثبت شده در ارتباط با خرابی‌ها و نرخ‌های نقص در تعیین میزان ریسک یکی از چالش‌های پیش روست که با بهبود مستندسازی می‌توان بر آن غلبه نموده و در جلوگیری از بروز حوادث در جایگاه‌های گازرسانی گامی جدی برداشت. در نهایت و با توجه به نتایج این روش ارزیابی می‌توان بیان داشت چنانچه ارزیابی ریسک فرآیندها با استفاده از روش‌های ارزیابی به انجام رسیده و سپس حق بیمه صنایع بر اساس میزان ریسک اندازه‌گیری شده موجود در فرآیند تنظیم گردد، می‌توان انتظار داشت که کارفرمایان دقت بیشتری در رعایت مسایل ایمنی و بهداشتی داشته و از سوی دیگر صنعت بیمه هم با بهره‌وری بیشتر فعالیت نماید.

## ۵. تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از کلیه کارکنان آن معاونت و همچنین کلیه کارکنان و مدیران شرکت ملی پخش و پالایش فرآورده‌های نفتی تشکر و قدردانی می‌گردد.



## منابع

1. Badri N, Nourai F. Quantitative risk assessment to site CNG refueling stations. *Chemical Engineering Transactions* 2010; 19: 255-260. (In Persian)
2. Tao W, Xiaolong L. Risk analysis and accident consequence simulation of a CNG filling parent station. *Natural Gas Industry* 2010; 30(9): 105-109.
3. Song Y, Bai G. Application of hazard and operability study in liquefied natural gas receiving terminal. *Chemical Engineering (China)* 2012; 40(2): 74-78.
4. Ghasemzadeh, K, Morrone P. production in silica membrane reactor via methanol steam reforming: Modeling and HAZOP analysis." *International Journal of Hydrogen Energy* 2013; 38(25): 10315-26. (In Persian)
5. GuiyingY, Bin F. The application of HAZOP in the risk evaluation of catalytic reforming device. *Safety Health & Environment* 2013; 10: 019.
6. Zheng DF. Application of HAZOP study in key SOP of oil and gas pipelines. *Advanced Materials Research* 2014; 827: 112-117.
7. Arghami S, Abbasi S, Bakhtom S, Ziaei M. Comparing of HAZOP and ETBA techniques in safety risk assessment at gasoline refinery industry. *African Journal of Basic & Applied Sciences* 2014; 6(1): 01-05.
8. Wu J, Zhang L, Jinqui H, Lind M, Zhang X, Jorgensen SB, et al. An integrated qualitative and quantitative modeling framework for computer-assisted HAZOP studies. *AIChE Journal* 2014; 60(12): 4150-73.
9. Ezzat KH, Ossaama Y, Kamal N, Farag H. Risk assessment for propane cooler in natural gas liquefaction plant. *Advances in Chemical Engineering and Science* 2015; 5: 270-281.
10. Janošovský J, Labovský J, Jelemenský L. Ammonia synthesis fundamentals for a model-based HAZOP study. *Acta Chimica Slovaca* 2015; 8(1): 5-10.
11. Ziauddin A, Mandala P, Kumar KD, Karthikeyan M. HAZOP for propylene recovery plant at HOC ambalamugal. *International Journal on Occupational Health & Safety, Fire & Environment – Allied Science.* 2014; 1(1): 009-013.
12. Ericson CA. Hazard analysis techniques for system safety, John Wiley & Sons. 2005.
13. Rahimi K, Nasl Saraji G. Assessment of human error probability index for gas compressor station musters (region 3 of gas transmission operation). *sjsph* 2010; 7(4): 51-68. (In Persian)
14. Afshari D. Human error examination in an coiler device control room of Ahvaz pipe Mill by SHERPA and HET methods. *Iran Occupational Health* 2013; 10(3): 69-77. (In Persian)
15. Ghasemi M. Nasl saraji G. Control of human error and comparison level risk after correction action with the SHERPA method in a control room of petrochemical industry." *Iran Occupational Health* 2011; 8(3): 14-22. (In Persian)
16. Cai, LJ, Yao AL. Study on safety management and reconcile mechanism of human factors in natural gas fuelling station. *World Automation Congress (WAC), 2012; IEEE.*
17. Barzegar A. Shahanaghi K. "Maintenance strategy selection by risk based inspection approach. *IJIEPM* 2011; 22(2): 193-204. (In Persian)
18. Kletz T. Hazop-past and future. *Reliability Engineering & System Safety* 1997; 55(3): 263-266.
19. Kumar U. Maintenance strategies for mechanized and automated mining systems: a reliability and risk analysis based approach. *Journal of Mines, Metals and Fuels* 1998; 46(11-12): 343-354.

20. Sanaenasab H, Ghofranipour F. The Effect of composed precede-proceed model, social cognitive and adult learning theories to promote safety behaviors in employees. *Journal of Kermanshah University of Medical Sciences* 2008; 12(1). (In Persian)
21. Zaroushani V, Safari Varriani A. Risk assessment in a foundry unit by energy trace and barrier analysis method (ETBA). *Iran Occupational Health* 2010; 6(4): 7-14. (In Persian)
22. Nabi Nezhad A. necessary to calibrate the veterinary instruments and strategies. *Journal of Veterinary Laboratory Research* 2012; 4(1): 81. (In Persian)