



# علل و عوامل موثر بر آسیب‌پذیری در ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز با استفاده از مدل SVA و رویکرد مهندسی تاب‌آوری

مصطفی یاری<sup>۱\*</sup>، عادل مظلومی<sup>۲</sup>، علی‌اصغر حق‌بین<sup>۳</sup>

## چکیده

مقدمه: یک سیستم آسیب‌پذیر، ظرفیت بازیابی سریع پس از شوک‌ها را نداشته و ممکن است قادر به ارائه خدمات در شرایط تغییریافته نباشد. لذا هدف از انجام این مطالعه، شناسایی نقاط آسیب‌پذیر ایستگاه تقلیل فشار گاز و ارتقاء سطح ایمنی آن در برابر بحران‌های صنعتی با رویکرد مهندسی تاب‌آوری بود.

روش بررسی: این مطالعه توصیفی تحلیلی به صورت مقطعی و کاربردی در ایستگاه‌های تیپ تقلیل فشار گاز برون‌شهری انجام شد. قبل از انجام مطالعه نسبت به ترجمه و بومی‌سازی مستندات مربوط به روش ارزیابی SVA اقدام شد. پس از ترجمه فرم‌ها و رفع اشکالات مربوط به ترجمه و اصلاح آنها توسط پنل خبرگان، مراحل مطالعه در ۶ فاز جداگانه و بر اساس تکنیک SVA و الگوی مربوطه به نمره‌دهی، توسط پنل خبرگان (تیم VA) انجام گرفت.

نتایج: نهایتاً مشخص گردید دو بحران صنعتی انفجار و آتش‌سوزی و افت فشار گاز با امتیاز ۳/۷۵ نسبت به سایر بحران‌های صنعتی ذکر شده اثرات سوء بیشتری بر ایستگاه، همسایگان و مصرف‌کنندگان گاز آن ایستگاه می‌توانند داشته باشد. همچنین با اهمیت‌ترین دارایی‌های ایستگاه CGS به ترتیب مربوط به Heater، شیرهای ورودی و خروجی با امتیازهای ۲/۸ و Turbine meter با امتیاز ۲/۶ و بزرگترین تهدیدات افت فشار گاز و انفجار و آتش‌سوزی با امتیاز ۳/۷۵ در ایستگاه‌ها تلقی شد و با عنایت به اعداد آسیب‌پذیری که امتیازات کمتر از ۱۲۳ از ۵۰۰ را کسب نمودند، ۱۵ مورد راهکار ارائه گردید.

نتیجه‌گیری: به طور کلی می‌توان گفت SVA در مقایسه با سایر روش‌های مدیریت ریسک همچون HAZOP و QRA دیدی بازتر دارد و جهت جمع‌بندی دیدگاه‌های جذابیت، اهمیت، تهدید و حفاظه‌های سیستم را نیز در نظر می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: ایستگاه تقلیل فشار گاز، آسیب‌پذیری، مهندسی تاب‌آوری، شرکت ملی گاز ایران

<sup>۱</sup>مصطفی یاری، کارشناس ارشد، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

<sup>۲</sup>عادل مظلومی، دانش‌یار، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

<sup>۳</sup>علی‌اصغر حق‌بین، کارشناس ارشد، شرکت ملی گاز ایران، تهران، ایران

(نویسنده مسئول): تلفن تماس: ۰۲۱۸۴۸۷۷۶۸۴؛ پست الکترونیک: Yari@nige.ir

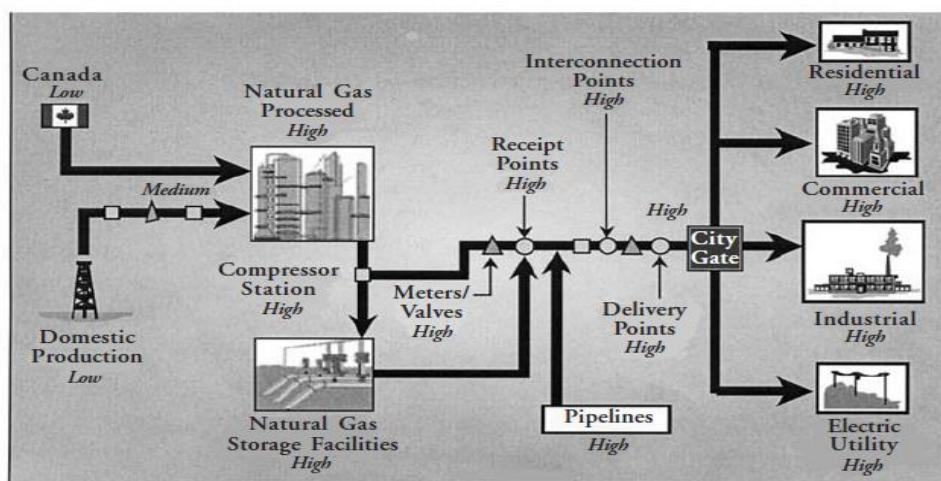
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۰۷

## مقدمه

آن و همچنین تهدیدات پیرامونی آن در هر محل می‌باشد با در نظر گرفتن کلیه جوانب مورد مطالعه قرار گیرد تا اولویت‌بندی در خصوص هزینه نمودن جهت پایدارتر کردن گاز بdst آید. بدین منظور روش‌هایی همچون SVA که با در نظر گرفتن اهمیت دارایی‌ها، جذابیت دارایی، تهدیدات مفروض برای دارایی‌ها و اثربخشی حفاظه‌های موجود اولویت‌بندی سناریوهای مختلف آسیب‌پذیری را مشخص می‌سازد، می‌تواند گام‌هایی روش پیش روی کارشناسان بررسی‌کننده‌(تیم) (VA) قرار دهد تا مزایایی همچون لزوم بهره‌مندی از سایر روش‌های کمی و کیفی، گنجاندن اهمیت و جذابیت دارایی در ارزیابی ریسک و غیره داشته باشند. لذا در این زمینه مطالعات مربوط به شناسایی آسیب‌پذیری‌ها و ایجاد تابآوری مرور شد.

منابع انرژی در هر کشوری به عنوان پاشنه آشیل و از نقاط آسیب‌پذیر کشورها است بالاخص که این منابع نیز به خودی خود مستقل نیستند و جهت تولید به یکدیگر به شدت وابسته می‌باشند. همچنین روز به روز با افزایش وابستگی سایر صنایع به این منابع، شاهد وابستگی بیشتر خواهیم بود (۱،۲).

همانطور که گفته شد منابع تولید برق، یکی از واحدهایی است که به طور مستقیم با اکثر بخش‌های مختلف یک کشور در ارتباط می‌باشد که این بخش در کشورمان به شدت به گاز وابسته است. همچنین که هر روزه بر مشترکین مستقیم گاز نیز افزوده می‌گردد. لذا شناسایی نقاط آسیب‌پذیر صنعت عظیم گاز از لحظه برداشت از چاهها تا انتهای شبکه (شکل شماره ۱)، امری اجتناب‌ناپذیر در راه پایداری این صنعت مهم و حیاتی می‌باشد. در این میان شناخت صنعت و نقاط ضعف



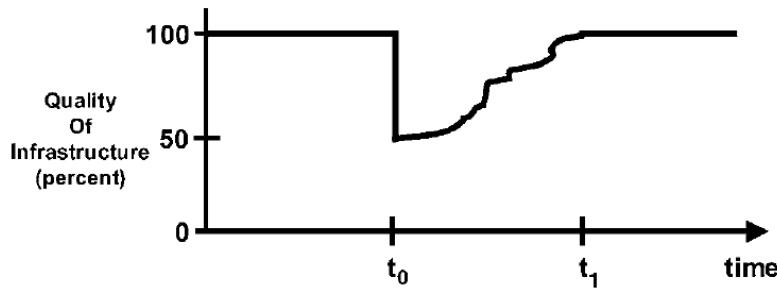
Source: National Petroleum Council, 2002.

شکل ۱. طرح شماتیک صنعت گاز از لحظه برداشت تا مصرف

مشتریان خود می‌شود. اوروک (O'Rourke) عقیده دارد سیستم‌های تابآور، ویژگی‌هایی همچون کاهش احتمال بروز شکست، پیامدهای حاصل از شکست (مانند از بین-رفتن حیات، پیامدهای اجتماعی، آسیب و اقتصاد منفی)، زمان بازسازی و بازیابی سیستم را دارند. ایشان تابآوری را نقطه مقابل کاهش ارائه خدمات در اثر وارد شدن شوک به سازمان می‌داند و این مهم را با رابطه زیر و نمودار ۱ تعریف می‌نماید (۳،۴).

مطالعه بر روی شبکه‌هایی همچون شبکه اینترنت شباهت زیادی می‌تواند به شبکه گاز (از تولید توسط پالایشگاهها تا توزیع آن به مصرف‌کنندگان) داشته باشد. شبکه‌ها در حالت کلی (اینترنت جهانی به عنوان نمونه) برای عملکرد طبیعی تجارت و اقتصاد جهانی مهم و ضروری هستند و عموماً در مواردی همچون دستیابی به اطلاعات، تهیه کالا و خدمات، اداره منابع مالی، برقراری ارتباط با یکدیگر و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. پایداری این شبکه‌ها نیز باعث حفظ آبرو و ارائه خدمات به

$$R = \int_{t_0}^{t_1} [100 - Q(t)] dt$$

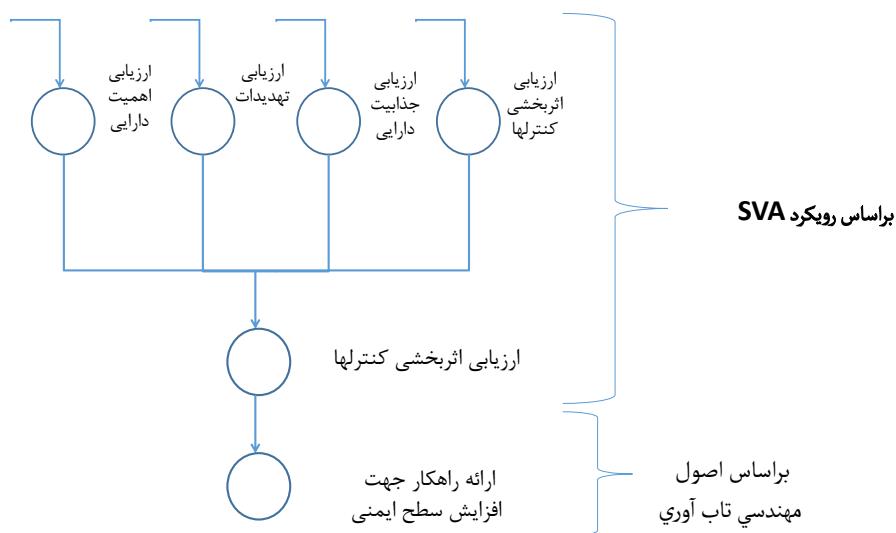


نمودار ۱. شماتیک مفهوم تابآوری

از رفتار فنر در مقابل فشار واردہ بر روی آن می‌باشد که در زمان فشار بر روی فنر پایداری آن و در هنگام برداشتن فشار برگشت پذیری آن قابل تعریف است. دو واژه تابآوری (Resilience) و پایداری (Survivability) بقا همیشه در کنار یکدیگر به کار رفته‌اند و ارتباطی همچون نمودار شماره ۲ با یکدیگر دارند، همانطور که مشخص است هر چقدر آسیب‌پذیری سیستم و زمان بازیابی کمتر (قابلیت‌بقاء و برگشت پذیری بیشتر)، تابآوری بیشتر خواهد بود. پس می‌توان عنوان کرد که پایداری (قابلیت بقا) زیرمجموعه‌ای از تابآوری و نوع مشخصی از آن است (۵).

در این راستا ایستگاههای تقلیل فشار گاز به عنوان یکی از نقاط با اهمیت و نزدیک به مصرف‌کننده نقش بسزایی در خدمات‌رسانی پایدار به مشترکین پایین دست خود دارد لذا در این مطالعات تمرکز مطالعات بر ارزیابی آسیب‌پذیری این ایستگاهها خواهد بود. ضمناً تعاریف، روش مطالعه و چگونگی در نظر گرفتن اقدامات کنترلی با رویکرد مهندسی تابآوری غنای بیشتری به مطالعات و گرینه‌های بهتری در اختیار تیم VA جهت پیشنهاد قرار داد که این مهم از طریق مروء مطالعات گذشته بدست آمد. از این جمله تعاریف می‌توان به موضوعات ذیل اشاره کرد:

مبحث تابآوری برای اولین بار در علوم فیزیک و برای مطالعه رفتار یک فنر استفاده شده است. این واژه برگرفته



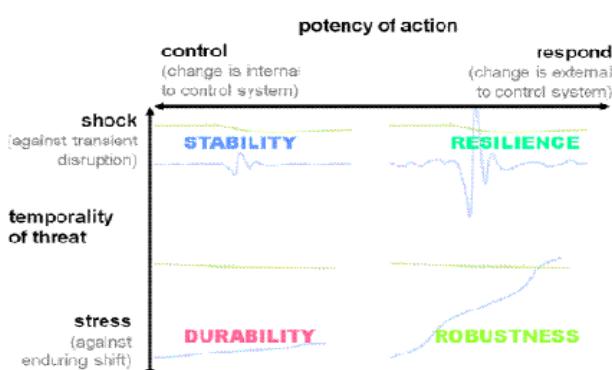
نمودار ۲. ارزیابی آسیب‌پذیری امنیتی

- بازگشت به شرایط ارائه خدمات
- پایداری دارایی‌ها، شبکه‌ها و سیستم‌ها با استفاده از پیش‌بینی، جذب و بازیابی سریع در مقابل بحران‌ها
  - پایداری خدمات در برابر بحران‌ها
- تابآوری در فیزیک (۶)
- سرعت بازگشت سیستم بهالت تعادل بعد از تکانه‌های شدید
- پرواضح است با عنایت به موارد مطروحة، هر شرکتی در هر اندازه و با هر نوع مقتضیات به دنبال تابآور نمودن خود باشد. در این راستا مطابق با شکل شماره ۲، بر اساس پتانسیل موجود در شرکت‌ها برای مقابله با بحران‌ها و نوع تهدیدات پیش روی شرکت‌ها استراتژیهای متفاوت مقابله تعریف می‌شود (۷).

گفتنی است مطالعات صورت گرفته در زمینه تابآوری طیف گسترده‌ای از رشته‌های علوم پایه و مهندسی، روانشناسی، اقتصاد، مهندسی مکانیک، تئوری سیستم‌ها و زیرساخت‌های حیاتی را شامل می‌شود. در سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰، تابآوری توسط جوامع دانشگاهی مطالعه و از دیدگاه‌های مختلف تعریف گردید تعاریف تابآوری در حوزه‌های مختلف و بسته به موضوع مورد تجزیه و تحلیل از قبیل دارایی، سیستم و جامعه تغییر پیدا کرد. در ذیل به برخی از این موارد اشاره می‌گردد:

#### تابآوری سیستم انرژی (۴)

- ارائه خدمات پس از بروز اختلال یا شکست
- پیشگیری از بروز حوادث و بحران‌ها
- تبدیل ایمنی واکنشی به کنشی
- پیشگیری، آمادگی و مقابله با حوادث جهت توسعه و

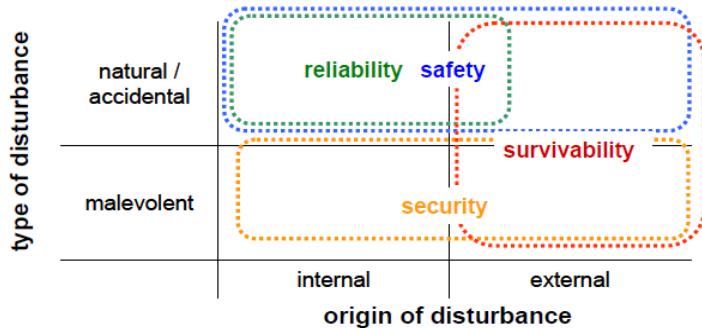


شکل ۲. طبقه‌بندی شرکت‌ها و راههای مقابله با بحرانها

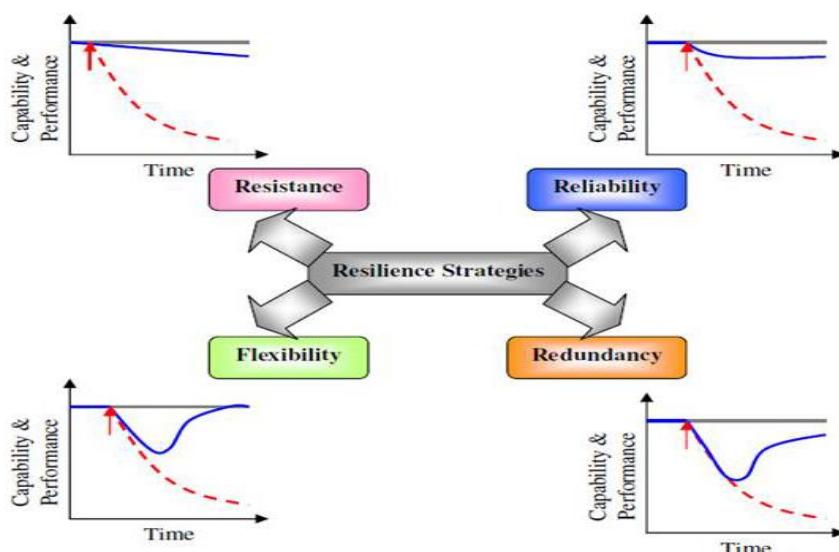
اشاره نمود. ایشان در مطالعات خود روش تابآوری شامل "ایجاد قابلیت اطمینان، مقاومت، بازسازی سریع و ایجاد طرح‌های موازی با تأسیسات" (شکل ۴) را بررسی نموده و اعتقاد دارند مقاومسازی و بازیابی سریع (Flexibility) بهتر از دو روش دیگر پاسخگو هستند.

لذا شرکت‌ها برای ایمن‌سازی در وهله اول به دنبال یکی از راههای شکل ۳ بر اساس نوع و ذات بحران خواهند بود و نهایتاً با ایجاد تغییرات در قابلیت بقاء، ایمنی، حراست و قابلیت اعتماد باعث تابآور شدن سیستم خود می‌شوند (۸).

اگر بخواهیم بطور اجمالی به اقدامات کنترلی بپردازیم می‌توان به نتایج مطالعات خانم صالحی و همکارانشان



شکل ۳. ارتباط بین نوع ، ذات بحران و راههای مقابله با بحرانها



شکل ۴. ارتباط بین نوع، ذات بحران و راههای مقابله

ایران(تیم VA) صورت گرفت. در این راستا جمع‌آوری اطلاعات گذشته مربوطه به حوادث، نقشه‌های P&ID نتایج ارزیابی ریسک گذشته تاسیسات مشابه، بر اساس گامهای مدل SVA شکل گرفت و در اختیار تیم VA قرار داده شد. اعضای تیم VA نیز سعی شد با توجه به نیاز به تجربه و دانش در حوزه‌های بهره‌برداری، طراحی و مهندسی، ایمنی و محیط زیست انتخاب شوند. همچنین با عنایت به مشکل شدن جمعبندی نظرات در صورت زیاد شدن اعضای VA، اولویت در انتخاب افراد با چند تخصص مطابق با جدول ۱ صورت گرفت.

با عنایت به موارد گفته شده هدف کلی از این پژوهش تعیین علل و عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری با استفاده از مدل SVA و رویکرد مهندسی تابآوری Resilience Engineering در یکی از ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز شرکت ملی گاز ایران تعریف گردید تا بتوان با ارتقاء سطح ایمنی و تابآوری، ارائه خدمات پایدار این نعمت الهی را باعث شویم (۹).

#### روش بررسی

این مطالعه توصیفی تحلیلی در سال ۱۳۹۵ با همکاری کارشناسان و نخبگان منتخب شرکت ملی گاز

جدول ۱. لیست اعضای تیم VA

متخصص	تجربه(سال)	سطح تحصیلات	سن (سال)	تجربه کاری
E1	۹	دانشجوی دکتری محیط زیست	۳۸	عمران- محیط زیست
E2	۲۵	کارشناس ارشدمهندسی پدافندگیرعامل - طراحی	۴۸	ایمنی- پدافندگیرعامل و مدیریت بحران
E3	۱۵	کارشناس ارشد مکانیک	۴۴	طراحی و اجرا- ایمنی
E4	۱۳	کارشناس ارشد- مهندسی شیمی	۴۰	بهره برداری- ایمنی
E5	۲۶	کارشناس ارشد- مهندسی شیمی	۴۹	بازرسی- بهره برداری- آموزش HSE

**SVA روش**

همه دارایی‌های بحرانی شناسایی شده دارای اهمیت برابر نیستند لذا تیم VA اهمیت هر دارایی بحرانی را با عنایت به موارد ذکر شده در روش SVA، جدول راهنمای ۲ و کاربرگ جدول شماره ۳ درجه‌بندی می‌کند.

**فازهای مطالعه بر اساس مدل SVA**

روش SVA به عنوان یک روش توصیفی، تحلیلی و با استفاده از استنتاج گروهی، نسبت به شناسایی و اولویت‌بندی آسیب‌پذیری‌های دارایی‌ها در برابر تهدیدات مختلف مطابق با فلوچارت (نمودار ۲) راهنمایی می‌کند.

جدول ۲. راهنمای طبقه‌بندی اهمیت دارایی‌ها

اهمیت	مولفه‌های دارایی
۴	دارایی با ارزش سییار بالا، تاسیسات کاملاً وابسته به دارایی است، می‌تواند سبب کشتار بسیار گردد، در ارائه خدمات وقفه نسبتاً طولانی ایجاد می‌نماید، پتانسیل زیان مالی بالایی دارد، به یک تامین کننده وابسته است.
۳	دارایی با ارزش بالا، تاسیسات وابسته به دارایی است، می‌تواند سبب کشتار بسیار گردد، در ارائه خدمات وقفه نسبتاً طولانی ایجاد می‌نماید، پتانسیل زیان مالی بالایی دارد، تامین کننده‌گان محدودی دارد.
۲	دارایی با ارزش متوسط، تاسیسات وابستگی نسبی به دارایی دارد، نسبتاً می‌تواند سبب کشتار و وقف در ارائه خدمات گردد، پتانسیل زیان مالی متوسط دارد.
۱	دارایی با ارزش کم، تاسیسات وابستگی اندکی به دارایی دارد، نمی‌تواند سبب کشتار گردد، ارتباط نسبتاً کمی با ارائه خدمات دارد، پتانسیل زیان مالی کمی دارد.

جدول ۳. کاربرگ تعیین اهمیت دارایی

نام شرکت:	ناحیه/ایستگاه:	
آدرس و کد محل:	VA:	
نام دارایی	وظایف بحرانی دارایی	اعضای تیم:

پیشran‌های سلاح‌های شیمیایی، سیستم‌های بدون افزونگی (Redundancy)، نتایج آنالیز پیامد حوادث و حوادث بزرگ، مواردی که بتوانند باعث بروز خطاهای

در این راستا تعیین وظایف بحرانی تجهیزات و تاسیسات مورد مطالعه، آنالیز پیامد حوادث، دارایی‌های فرآیندی، مواد سمی بسیار خطرناک، مواد فعل کننده یا

یا توسط ایشان بررسی گردد تا بتوان به درستی کاربرگ تعیین اهمیت دارایی‌ها را تکمیل نمود.

به مانند شناسایی دارایی‌ها و زیرساخت‌های بحرانی، لازم است فاکتور جذابیت دارایی‌ها در کاربرگ تعیین جذابیت دارایی‌ها (جدول شماره ۴) منعکس شده و نتیجتاً امتیاز دارایی با استفاده از رابطه زیر مشخص شود.

دارایی اهمیت  $\times$  دارایی جذابیت = دارایی امتیاز

آبشاری، خطاهایی که کارایی کل سیستم را از بین می‌برد، خطاهای معمول شوند، به شکل کلی سیستم‌هایی همچون سیستم الکتریسیته، سوخت‌های نفتی، گاز طبیعی، سیستم‌های ارتباط از راه دور، سیستم‌های حمل و نقل، منابع داده‌ها و اطلاعات آب آشامیدنی و فرایندی، خدمات اضطراری، سیستم‌های کامپیوترا، سیستم‌های مربوط به هوا، سیستم‌های آتش‌نشانی و... از جمله اطلاعاتی است که لازم است در اختیار تیم VA قرار گیرد

#### جدول ۴. کاربرگ تعیین جذابیت دارایی ها

نام شرکت:					نام دارایی	
آدرس و کد محل:						
اعتراض نیم VA:						
میانگین	جلب توجه رسانه ۱۵	سپولت دسترسی	آسیب و خسارت به شرکت یا اکشور	هرگ و هیر		
			و استکنی سایر سازمانها	اقتصادی جغرافیایی		

هدف بسیار جذاب- ۵ هدف جذاب- ۴ جذابیت متوسط برای حمله - ۳ جذابیت کم - ۲ بدون جذابیت - ۱

مرتبط با دارایی‌ها مطابق با جدول ۵ در نظر گرفته شده و مشخص می‌سازد هر بحران بر کدام دارایی می‌تواند تاثیر گذارد، باشد.

شناسایی و ارزیابی تهدیدات به تشخیص تهدیدات واقعی و ارزیابی کنترل‌های لازم برای مدیریت تهدیدات کمک می‌کند. بدین منظور جدول شماره ۶ با در نظر گرفتن مرگ و میر، توقف یا آسیب به تاسیسات، محیط زیست و نیز احتمال بروز تهدید امتیاز مزبور را می‌سنجد.

لازم به ذکر است امتیاز جذابیت دارایی به نوع اثر(پتانسیل بیشترین تلفات، پتانسیل بیشترین آسیب و زیان اقتصادی به تاسیسات و شرکت، پتانسیل بیشترین آسیب و زیان اقتصادی به ناحیه جغرافیایی و پتانسیل بیشترین آسیب و زیان اقتصادی به زیرساختهای ملی) و نوع هدف (مناسب بودن مواد فرآیندی هدف برای یک اسلحه یا آسیب به مردم عادی و مطرح بودن نماد یا دارایی، ملک)، واپسته می باشد.

## جدول ۵. ماتریس جفت‌سازی دارایی و تهدید

دارایی ها	تهدیدات
بهره‌برداری در شرایط خاص (مانند افت شدید فشار گاز)،	شیرآلات قطع و وصل جریان (Oderaizer)؛
انفجار / آتش‌سوزی	کمپرسور و خروجی به ایستگاه
قطع برق	شیر ورود و خروجی به ایستگاه
نشت مواد خطرناک	DAR و Header و خطوط لوله روزمندی
از دست رفتن مواد اولیه یا ورودی‌ها	Safety valve
کمبود منابع انرژی یا سوخت	Regulator
فرو ریختن، نشست و سقوط ساختمان ها یا تاسیسات	Shut off valve
	Filter Separator
	Isolation joint (i.g.)

## جدول ۶. کاربرگ نمره‌دهی تهدیدات صنعتی

واحد: تقلیل فشار گاز شرکت ملی گاز ایران

امتیاز	احتمال	ردیاد	میانگین	خسارت	زیست	محیطی	خسارت مالی	توقف تولید	مرگ و میر	تهدید
										بهره‌برداری در شرایط خاص (مانند افت شدید فشار گاز)،
										انفجار / آتش‌سوزی
										قطع برق
										نشت مواد خطرناک
										از دست رفتن مواد اولیه یا ورودی‌ها
										کمبود منابع انرژی یا سوخت
										فرو ریختن، نشست و سقوط ساختمان ها یا تاسیسات

گرفتگی یا مسدود شدن خطوط

جهت آنالیز آسیب‌پذیری، آخرین امتیاز مربوط به کنترل‌های موجود نیز شناسایی و به محاسبات امتیاز تهدیدات و دارایی‌ها اضافه می‌گردد. از نظر SVA کنترل‌های حفاظتی لازم است رفتارهای زیر را دنبال کنند:

با عنایت به اینکه در این مقاله رویکرد تنها تهدیدات صنعتی در نظر گرفته شده بود، بجای کاربرگ شناسایی تهدیدات (که عمدتاً برداشت از آن تهدیدات امنیتی و انسان ساز می‌باشد) کاربرگ شناسایی تهدیدات صنعتی پس از ترجمه فرم‌ها و رفع اشکالات مربوط به ترجمه و اصلاح آنها توسط پنل خبرگان بومی شده، تکمیل گردید.

با توجه به موارد گفته شده ارزیابی آسیب‌پذیری با استفاده از کاربرگ ارزیابی آسیب‌پذیری (جدول شماره ۷) تکمیل می‌گردد. گفتنی است به منظور ارزیابی اثربخشی کنترل‌های موجود در صورتی که کنترل‌ها کاملاً موثر نباشند، کنترل‌ها موثر ۲، کنترل‌ها نسبتاً موثر ۳، کنترل‌ها کمی-۱، کنترل‌ها موثر ۴ و بدون کنترل‌های موثر را ۵ امتیازدهی شدند و نهایتاً امتیاز نهایی آسیب‌پذیری با استفاده از رابط ذیر بدست آمد (۸).

- بازداشت (DETER) هر بحران تا جایی که امکان دارد.
  - شناسایی کردن (DETECT) هر بحران اگر رخ داد.
  - به تاخیر انداختن (DELAY) منشا بحران تا آگاهی یافتن گروههای مقابله با بحران.
  - پاسخ دادن (RESPOND) خنثی نمودن بحران با تخلیه، رفتن در پناهگاه، تماس با مراکز معین و امدادرسان، کنترل نشت و...

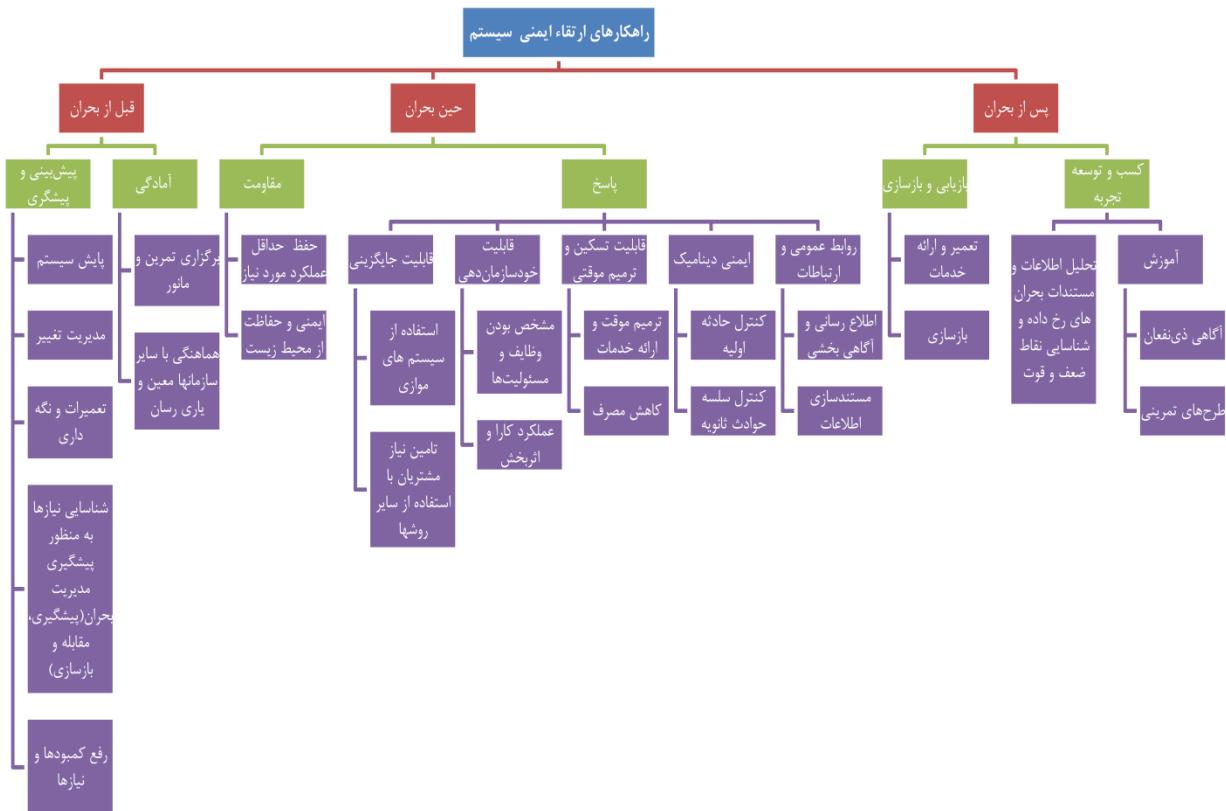
تاثیر کنترلهای موجود  $\times$  امتیاز دارایی  $\times$  نمره تهدید = امتیاز آسیب پذیری

#### جدول ۷. کاریگ ارزیابی، آسیب‌پذیری دارایی‌ها

ارائه راهکارهای ارتقای تابآوری

راهکار ارتقای ایمنی سیستم بر اساس رویکرد مهندسی تابآوری مطابق با نمودار ۳ تعیین شد و مقرر گردید تیم VA از آنها جهت کاهش ریسک آسیب‌پذیری تجهیزات استفاده کند (۱۰).

همانطور که در مقدمه اشاره گردید با عنایت به راهکارهای معروف شده در مطالعات استرنبنز (Sterbenz)، کستت (Castet)، مدل ارائه شده دفتر نخست وزیر انگلستان و... و نیز با استفاده از نظر و تجارت خبرگان،



نمودار ۳. استراتژی و چهارچوب ارتقای ایمنی سیستم با استفاده از رویکرد مهندسی تاب آوری

## نتایج

دارایی‌ها بودند. دو بحران صنعتی انفجار و آتش‌سوزی و افت فشار گاز با امتیاز ۳/۷۵ نسبت به سایر بحران‌های صنعتی ذکر شده اثرات سوء بیشتری بر ایستگاه، همسایگان و مصرف‌کنندگان گاز آن می‌توانستند داشته باشند. نهایتاً این موضوعات همگی در کاربرگ ارزیابی آسیب‌پذیری دارایی‌ها جدول شماره ۸ آسیب‌پذیری‌های تاسیسات را در برابر بحران‌های صنعتی مشخص ساختند.

با استفاده از الگوی روش ارزیابی و اطلاعات بررسی شده توسط تیم VA آسیب‌پذیرترین نقطه ایستگاه با امتیاز ۱۲۳ (سقف امتیاز ۵۰۰) نشان داد طراحی صورت گرفته تقریباً ایمن می‌باشد. از نظر شاخص اهمیت دارایی، هیتر و شیرهای ورودی و خروجی ایستگاه با امتیاز ۲/۸ و از نقطه نظر جذابیت دارایی، هیتر، شیرهای ورودی و خروجی و عایق اتصال ایستگاه با امتیاز ۲/۳۳ جذابیت‌رین

جدول ۸: کاربرگ ارزیابی آسیب‌پذیری دارایی‌ها

شرکت ملی گاز				واحد: ایستگاه تقلیل فشار گاز		
امتیاز آسیب‌پذیری	اثریابی حفاظ	اهمیت دارایی	نمره تهدید	سناریو		
				حفاظه‌های موجود	دارایی	تهدید
۷۳/۳۹۵	۳	۶/۵۴	۳/۷۵	در حال حاضر بعضی از ایستگاه‌های قیمی خط by pass دارند (Delay)	شیر ورودی و خروجی به ایستگاه	بهره‌برداری در شرایط خاص (مانند افت شدید فشار گاز)،
۶۸/۱۵۲۵۰	۳	۶/۰۵۸	۳/۷۵		Header و خلوط لوله روزمنی	
۴۷/۱۸۲۵	۳	۴/۱۹۴	۳/۷۵		Shut off valve	

۴۲/۹۴۲۵۰	۳	۳/۹۰۶	۳/۷۵	<p>در تاسیسات هیچ گونه (F&amp;G) بازدارنده، شناسایی (Shut off valve) و تاخیر انداز و پاسخ‌دهنده (Shut off valve) باز می‌گردند. این امکان وجود دارد تنظیماتی برای عملکرد Shut off در فشار پسیار پایین در نظر گرفت (Respond)</p>	Safety valve	<p>شیرآلات قطع و وصل جریان شیر ورودی و خروجی به ایستگاه و خلطوط لوله رو زمینی Shut off valve Safety valve شیرآلات قطع و وصل جریان Isolation joint (i.g) Filter Separator Regulator Turbine meter پکیج بودرا (Oderizer) Heater</p>	<p>انفجار / آتش سوزی</p>
۴۲/۹۴۲۵۰	۳	۳/۹۰۶	۳/۷۵		Shut off valve		
۱۲۲/۳۲۵	۵	۶/۵۲۴	۳/۷۵		Safety valve		
۱۱۳/۵۸۷۵	۵	۶/۰۵۸	۳/۷۵		Shut off valve		
۷۸/۶۳۷۵	۵	۴/۱۹۴	۳/۷۵		Shut off valve		
۷۳/۲۳۷۵۰	۵	۳/۹۰۶	۳/۷۵		Shut off valve		
۷۳/۲۳۷۵۰	۵	۳/۹۰۶	۳/۷۵		Shut off valve		
۱۱۲۵۸۷۵	۵	۶/۰۵۸	۳/۷۵		Shut off valve		
۸۷/۳۷۵	۵	۴/۶۶	۳/۷۵		Shut off valve		
۷۸/۶۳۷۵	۵	۴/۱۹۴	۳/۷۵		Shut off valve		
۱۰۵/۷۸۷۵	۵	۵/۶۲۴	۳/۷۵		Shut off valve		
۸۱/۳۷۵	۵	۴/۳۴	۳/۷۵		Shut off valve		
۱۲۲/۳۲۵	۵	۶/۵۲۴	۳/۷۵		Shut off valve		
۳۷/۵۱۳	۲	۶/۵۲۴	۲/۸۷۵	برخی از هیترها نیازمند برق به صورت دائم هستند ولی برخی دیگر فقط با چند باتری نیز عملکرد خود را خواهند داشت. (Deter)	Heater	قطع برق	
۱۷/۳۶	۲	۴/۳۴	۲	این ماده گرچه سمی ترین ماده ایستگاه CGS است اما با این حال اطلاعاتی در مورد سمیت آن در خصوص انسان‌ها وجود ندارد (A <sub>3</sub> )، MSDS همچنین دستورالعمل شیستشوی بشکه‌های مرکاپتان و انجام مانور نشت مرکاپتان (مانور زیست محیطی) وجود دارد (Respond)	پکیج بودرا کننده (Oderizer)	نشت مواد خطرناک	
۲۴/۴۱۲۵۰	۳	۴/۳۴	۱/۸۷۵	در حال حاضر این ماده از چند تولید کننده خارجی تأمین می‌شود و بزودی به تولید داخلی خواهد رسید (Delay)	پکیج بودرا کننده (Oderizer)		
۳۶/۶۹۷۵	۳	۶/۵۲۴	۱/۸۷۵	در خصوص از دست رفتن گاز ورودی، بحرانی همچون افت فشار گاز خوده داد در حال حاضر بعضی از ایستگاهها قدبیمی خط by pass دارند	شیر ورودی و خروجی به ایستگاه	<p>از دست رفتن مواد اولیه با ورودهای</p>	
۲۴/۰۷۶۲۵	۳	۶/۰۵۸	۱/۸۷۵	Shut off valve	Header و خلطوط لوله رو زمینی		
۲۳/۵۹۱۲۵	۳	۴/۱۹۴	۱/۸۷۵	Shut off valve			
۲۱/۹۷۱۲۵	۳	۳/۹۰۶	۱/۸۷۵	Safety valve			
۲۱/۹۷۱۲۵	۳	۳/۹۰۶	۱/۸۷۵	شیرآلات قطع و وصل جریان			
۲۴/۰۷۶۲۵	۳	۶/۰۵۸	۱/۸۷۵	<p>برای سایر تجهیزات، تجهیزات موادی در نظر گرفته شده است ولیکن در خصوص گرفتگی این خطوط تنها باید آن برطرف گردد.</p>	Isolation joint (i.g)	<p>گرفتگی یا مسدود شدن خطوط</p>	
۲۶/۱۲۵	۳	۴/۶۶	۱/۸۷۵		Filter Separator		
۲۳/۵۹۱۲۵	۳	۴/۱۹۴	۱/۸۷۵		Regulator		
۲۴/۰۷۶۲۵	۳	۶/۰۵۸	۱/۸۷۵		Header و خلطوط لوله رو زمینی		
۲۳/۵۹۱۲۵	۳	۴/۱۹۴	۱/۸۷۵		Shut off valve		
۲۱/۹۷۱۲۵	۳	۳/۹۰۶	۱/۸۷۵		Safety valve		

## بحث

- پیشنهادات مرتبط با ایجاد آمادگی، تدوین یا اصلاح دستورالعملها:
- ۱- نگارش دستورالعملهای واکنش در شرایط اضطراری با توجه به سناریوهای مربوطه (تعریف و تعیین تکلیف در خصوص افرادی که اجازه قطع و وصل شیرها را دارند. گوشزد در خصوص مواد پیروفوریک)
  - ۲- تعریف شیرهایی که لازم است باز و بسته شوند. جهت اطمینان از عملکرد آنها لازم است به صورت دوره‌ای نیز تست شوند و به دستورالعملهایی همچون بازدید از ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز توسط گروههای امداد اضافه شود.
  - ۳- تمرین و برگزاری مانور با همکاری سازمانهای یاری‌رسان و شرکت‌های معین با عنایت به سناریوهای محتمل
  - ۴- آگاه نمودن مردم در خصوص بحرانهای احتمالی در ایستگاهها محل سکونت و نحوه عملکرد ایشان در صورت بروز بحرانها مختلف
  - ۵- تعریف راههای ارتباطی دوسویه با مردم
  - ۶- آماده نمودن محل‌هایی جهت تامین مایحتاج مردم در بحران‌های سرما و قطع گاز (در محلهایی که مردم کمی زندگی می‌کنند و ساختار شبکه انتقال و گاز رسانی درختی است)
- پژوهش‌های پیشنهادی:
- ۱- تعریف ماده‌ای همچون کائوچو که جایگزین لـLـهای لاستیکی شود و هم در برابر دمای بالا و همچنین الکتریسته مقاوم و عایق باشد.
  - ۲- بررسی امکان حذف Heater و جایگزینی همچون المنتها و یا عایق نمودن خطوط در برابر سرما
  - ۳- تعیین سطوح عملکردی مورد انتظار ایستگاهها و همچنین طبقه بندی آنها در این خصوص نویان، نیکبخت و مسعودی که مطالعات مشابهی در ایستگاه CGS هر یک روش خاصی جهت ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌ها انتخاب نموده و راهکارهایی ارائه داشته‌اند. در خصوص اهمیت دارایی‌ها نویان و میگلی (با انجام HAZOP پیش از مطالعات) ممکن است بر حسب سلیقه ارزیابان ارزش ریالی دارایی‌ها، مخاطرات، میزان وابستگی سازمان و... در نظر گرفته شده باشد. مسعودی و همکارانش نیز روش

با توجه به نتایج و جدول شماره ۸، امتیاز آسیب‌پذیری دارایی‌ها بین ۲۱ الی ۱۲۳ تعیین شد. این در حالی است که سقف امتیاز آسیب‌پذیری ۵۰۰ امتیاز بود. لذا به نظر می‌رسد طراحی و راهکارهای موجود، تاسیسات CGS را ایمن نموده است. با این حال، بنا به نظر تیم VA عدد آسیب‌پذیری ۴۰ به عنوان شاخص حداکثر عدد آسیب‌پذیری قابل پذیرش تعیین گردید و بر این اساس ۱۵ دارایی اولیه نیاز به تعریف راهکار کنترلی در برابر تهدیدات صنعتی دانسته شد و نهایتاً راهکارها در سه دسته فرآیندی، پیشنهادات مرتبط با ایجاد آمادگی، تدوین یا اصلاح دستورالعملها پیشنهاد شدند.

## پیشنهادات فرآیندی

۵- تنظیم Safety valve ها به صورتی که همزمان با یکدیگر وارد عمل نشوند و از ازدیاد خروج گاز و احتمال آتش‌سوزی / انفجار بکاهد.

۱- تغییر و تنظیم Shut off ها به صورتی که در فشارهای خیلی پایین (که نشان دهنده Fracture کامل بین شیر و محل برداشت اطلاعات از خط توسط لوله Sensing می‌باشد) گاز را قطع بنماید. گفتنی است این موضوع زمانی شدنی است که گاز برگشتی نیز وجود نداشته باشد.

۲- به منظور جلوگیری از برگشت گاز در صورت Fracture کامل، شیرهای یکطرفه در انتهای هر Run و در انتهای ایستگاه نصب گردد.

۶- اضافه کردن شیری بیرون از ایستگاه و در فاصله ایمن جهت قطع گاز ایستگاه به صورتی که به سرعت گاز را با Actuator (Normally open و Normally closed) قطع نماید و Hand wheel نباشد.

۳- طراحی و ایجاد خط کنارگذر جهت افزایش تابآوری با استفاده از ایجاد سیستم جایگزین بسته به اهمیت مشترکین و سطح مورد انتظار عملیاتی.

۴- اصلاح ساختار شبکه‌های گاز رسانی به صورت رینگ (به جز در مواقعی که محل مربوطه فقط از یک ایستگاه تامین می‌شود و البته در انتهای شبکه انتظار ساختار درختی است)

۵- اصلاح ساختار شبکه انتقال گاز و تکمیل نمودن شبکه جهت داشتن شبکه انتقال به شکل رینگ

نیکبخت، SVA روش‌های مدیریت ریسک و HAZOP را تایید نموده و پیشنهاد می‌کند قبل از انجام QRA مطالعات نتایج مربوطه را به منظور جمع‌بندی در اختیار اعضای VA قرار گرفته شوند. همانطور که در این مطالعات نیز نتایج HAZOP انجام شده در CGS شرکت گاز اصفهان نیز در اختیار اعضای تیم VA قرار گرفت. لذا با عنایت به موارد گفته شده به نظر می‌رسد جهت جمع‌بندی مطالعات مختلف مدیریت ریسک انجام شده در سیستم‌ها، روش VA دیدی کلان داده و جهت جمع‌بندی دیدگاه‌های جذابیت، اهمیت، تهدید و حفاظه‌های سیستم را نیز در نظر می‌گیرد. با توجه به موارد مطروحة و مزایای روش SVA پیشنهاد می‌گردد حداقل در تاسیسات در فاز بهره‌برداری تاسیسات حیاتی و حساس کشور چنین مطالعات صورت پذیرد تا شاهد ارتقاء تابآوری و ایمنی کشور باشیم.

لازم به ذکر است جهت انجام چنین مطالعاتی مهمترین موضوع محدودیتهای سازمانها در ارائه اطلاعات، نیاز به کار گروهی و جمع‌بندی دیدگاه‌های مختلف است. از طرفی با عنایت به نتایج بدست آمده که نقاط ضعف سازمانها را نمایان می‌سازد انتشار گزارشات این مطالعات دقیق‌بیشتری را می‌طلبد.

مطالعاتشان HAZOP بوده است. در مطالعات نیکبخت توجهی به ارزش ریالی، میزان وابستگی به سیستم، مدت زمان توقف سیستم و شدت خسارات مالی نشده است. لذا در تعیین ریسک اهمیت دارایی می‌توان گفت روش حاضر نسبت به سایر روش‌ها کامل‌تر است. لازم به ذکر است جذابیت نیز در مطالعات نوریان، مسعودی آشتیانی و نیکبخت که اشاره گردید شامل موضوعات آسیب و خسارت اقتصادی، جغرافیایی و وابستگی سایر سیستم‌ها، سهولت دسترسی و جلب توجه رسانه‌ها در نظر گرفته نشده است (۱۰، ۱۱، ۱۲).

در مطالعات نوریان، مسعودی آشتیانی و نیکبخت اولویت‌بندی‌های صورت گرفته بین مخاطرات مشابه مطالعه اخیر شکل گرفته است. لازم به ذکر است در مطالعات نیکبخت و مسعودی تهدید آتش‌سوزی جزء به عنوان با اهمیت‌ترین تهدیدات ذکر گردیده‌اند. با این حال با توجه به رویکرد جفت‌سازی بحرانها و داراییها، سناریوهای دقیق‌تری در مطالعات اخیر تعریف می‌گردد. گفتنی است در مطالعات نوریان، مسعودی آشتیانی و نیکبخت نیز ارزیابی اثربخشی حفاظه‌ها وجود داشته و با نگاه به Safeguard ها امتیاز ریسک را مشخص نموده‌اند. بطور کلی می‌توان گفت در خصوص روش‌های استفاده شده در مطالعات نوریان، مسعودی آشتیانی و

## References:

- 1- Kolevar K. *Energy, critical infrastructure and key resources sector-specific*. Plan as input to the National Infrastructure Protection, Department of energy, May 2007.
- 2- Brown M H, Christie R, Troy G. *Energy Security*. National Conference of state legislature, April 2003.
- 3- A CARRI Report. *Definitions of community resilience: an analysis*. Community and & regional resilience institute 2013.
- 4- Bodin P, Wiman BLB. *Resilience and other stability concepts in ecology: notes on their origin, validity and usefulness*. Kalmar University, Sweden 2004.
- 5- Castet JF, Saleh JH. *On the concept of survivability, with application to spacecraft and space-based networks*. Reliability Engineering & System Safety 2012; 99:123-138.
- 6- Chaudry M, Ekins P, Ramachandran K, Shakoor A, Skea J, Strbac G, Wang X, Whitaker J. *Building a resilient UK energy system*. The Uk Energy Research Centre, Uker/Wp/Es/2009/023, 2009
- 7- Matthew GR. *Multi-attribute tradespace exploration for survivability*. Massachusetts Institute Of Technology, June 2009.
- 8- American Petroleum Institute. *Security Vulnerability Assessment Methodology for the Petroleum and Petrochemical Industries*. Second Edition, October 2004.
- 9- *Section A: Introduction, Definitions and Principles of Infrastructure Resilience*. Cabinet Office2010.
- 10- Nikbakht M. Department of Mechanical and Manufacturing, Faculty of Engineering University Putra Malaysia, 43400, Serdang, Selangor, Malaysia. *Hazard Identification and Accident Analysis on City Gate Station in Natural Gas Industry*. Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Kuala Lumpur, Malaysia, January 22 – 24, 2011.

- 11- Nouriyan GH, Migeli Boushehriyan A. *Quantitative Risk assessment at the CGS gas pressure reduction station using the risk matrix and reliability.* the second national conference of crisis management and HSE in vital arteries. industry and urban management, tehran, permanent secretariat of the national crisis management conference and HSE,2014. HSE‘ [http://www.civilica.com/Paper-DMHSE02-DMHSE02\\_104.html](http://www.civilica.com/Paper-DMHSE02-DMHSE02_104.html) .
- 12- Masoudi Ashtiani AM, Yousefzadegan MS, Saatchi A, Kazemi Ashtiani Y. *Identification of Risk Centers at Gas Pressure Reduction Station (CGS) using HAZOP.* Third National Iranian Gas Conference, Tehran, National Iranian Gas Company2009.. [http://www.civilica.com/Paper-IGF03-IGF03\\_038.html](http://www.civilica.com/Paper-IGF03-IGF03_038.html).

## ***Causes and risk factors of vulnerability with modified SVA model and Resilience Engineering approach in National Iranian Gas Company about one of City Gate Stations***

***Mazlomi A(PhD)<sup>1</sup>, Yari M(MSc)<sup>2\*</sup>, Haghbin A(MSc)<sup>3</sup>***

<sup>1</sup>Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

<sup>2</sup>HSE Department, National Iranian Gas Company, Tehran, Iran.

<sup>3</sup>HSE Department, National Iranian Gas Company, Tehran, Iran.

### ***Abstract***

***Introduction:*** Vulnerability introduces the sensitivity of a system versus internal faults or external threats. A vulnerable system cannot recover itself aftershocks and may be disabled to provide services. In this study in order to achieve a resilient city gate station (CGS), vulnerability of the system was identified via SVA procedure. Moreover, using the resilience engineering approach, safety level of a CGS was improved against industrial crises.

***Methods:*** The present cross-sectional descriptive analytical study was conducted in a CGS according to typical design of stations. During this study, SVA procedure, forms and tables were modified and prepared to evaluate vulnerability. In the next stage, the study was conducted in 6 phases according to SVA model and experts panel.

***Results:*** According to the results two industrial crises (explosion / fire and gas pressure drop) were more important than other industrial crises mentioned (regarding adverse effects on the station, the station neighbors and gas consumers). According to this study, the most important assets of CGS station were respectively heater, valves, inlet and outlet and turbine meter and the biggest threat were gas pressure drop and explosion / fire in the station. Finally, regarding the vulnerability scores, 15 solutions were presented to improve the safety level of CGS stations.

***Conclusion:*** SVA modeling in comparison to other methods of risk management such as HAZOP and QRA has a wider vision and in order to conclude the viewpoints, takes into account attractiveness, importance, and system protections and threats as well.

***Keywords:*** City gate station, Vulnerability, Resilience engineering, National Iranian Gas Company

#### ***This paper should be cited as:***

Mazlomi A, Yari M, Haghbin A. ***Causes and risk factors of vulnerability with modified SVA model and Resilience Engineering approach in National Iranian Gas Company about one of City Gate Stations.***  
Occupational Medicine Quarterly Journal 2018; 10(3):73-87.

---

\* Corresponding Author:

Tel: +982184877684

Email: [Yari@nigc.ir](mailto:Yari@nigc.ir)

Received: 2016.12.27

accepted: 2017.04.20