فصلنامه علمی تخصصی
دوره ۱۰ ، شماره ۳، پائیز
صفحه: ۸۷-۷۳

Occupational Medicine Quarterly Journal
Vol. 10 , No. 3 , autumn 2018
Pages:73-87

[DOI: 10.18502/tkj.v10i3.233Â]
Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 8:07 IRDT on Monday June 3rd 2019

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

مصطفی یاری*[۱]، عادل مظلومی[۲]، علی‌اصغر حق‌بین[۳]

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 ۳/۷۵در 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 حفاظ‌های سیستم را نیز در نظر می‌گیرد.

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

[۱] مصطفی یاری، کارشناس ارشد، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۲] عادل مظلومی، دانش یار،دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۳] علی اصغر حق بین،کارشناس ارشد، شرکت ملی گاز ایران، تهران، ایران
*(نویسنده مسئول)؛ تلفن تماس: ۰۲۱۸۴۸۷۷۶۸۴، پست الکترونیک: Yari@nigc.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۳۱

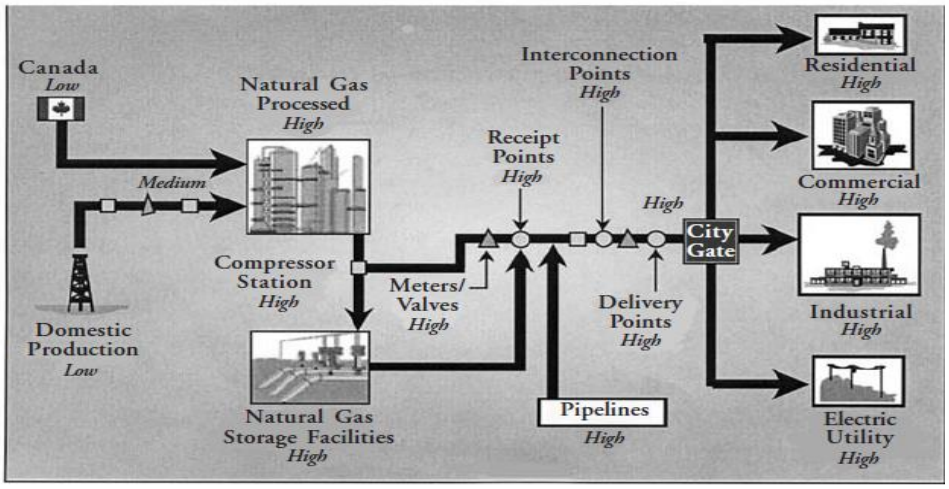
[DOI: 10.18502/tkj.v10i3.233Â]
Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 8:07 IRDT on Monday June 3rd 2019

مقدمه

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 آن و همچنین تهدیدات پیرامونی آن در هر محل می‌بایست با در نظر گرفتن کلیه جوانب مورد مطالعه قرار گیرد تا اولویت‌بندی در خصوص هزینه نمودن جهت پایدارتر کردن گاز بدست آید. بدین منظور روش‌هایی همچون SVA که با در نظر گرفتن اهمیت دارایی‌ها، جذابیت دارایی، تهدیدات مفروض برای دارایی‌ها و اثربخشی حفاظهای موجود اولویت‌بندی سناریوهای مختلف آسیب‌پذیری را مشخص می‌سازد، می‌تواند گام‌هایی روشن 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.



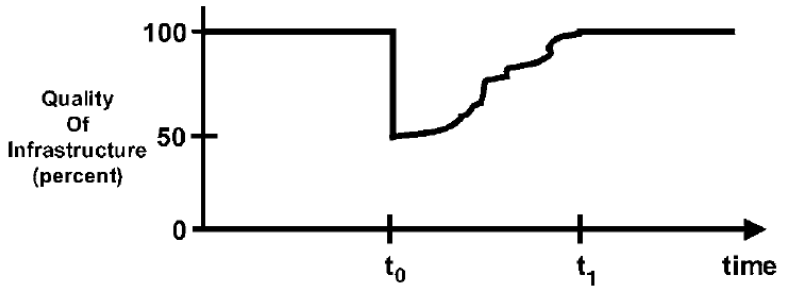
Source: National Petroleum Council, 2002.

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

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 معمولاً 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 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 نمودار۱ تعریف می‌نماید (۳،۴).

[DOI: 10.18502/tkj.v10i3.233Â]
Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 8:07 IRDT on Monday June 3rd 2019

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

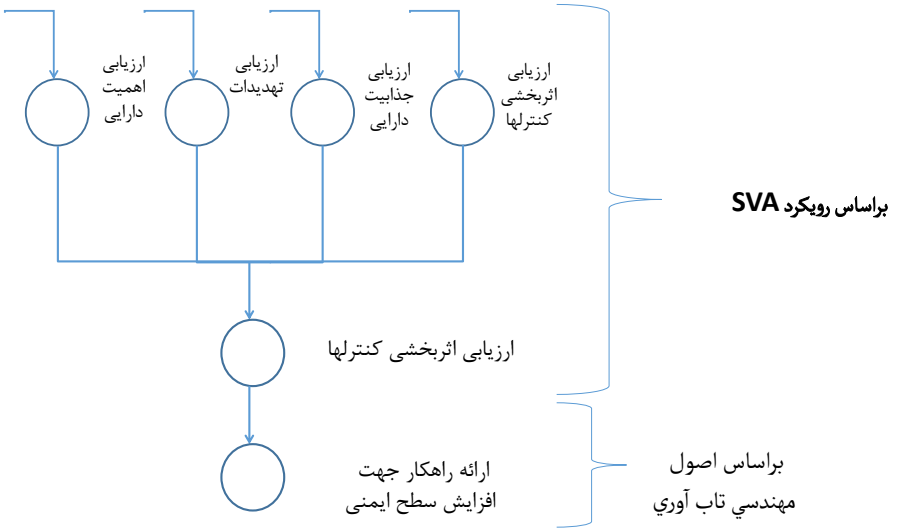


نمودار ۱. شماتیک مفهوم تاب‌آوری

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 گزینه‌های بهتری در اختیار تیم VA جهت پیشنهاد قرار داد که این مهم از طریق مرور 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 از رفتار فنر در مقابل فشار وارده بر روی آن می‌باشد که در زمان فشار بر روی فنر پایداری آن و در هنگام برداشتن فشار برگشت‌پذیری آن قابل تعریف است.

دو واژه تاب‌آوری(Resilience) و پایداری(قابلیت بقا Survivability) 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 برگشت‌پذیری بیشتر)، تاب‌آوری بیشتر خواهد بود. پس می‌توان عنوان کرد که پایداری(قابلیت بقا) زیرمجموعه‌ای از تاب‌آوری و نوع مشخصی از آن است (۵).



نمودار.۲ ارزیابی آسیب پذیری امنیتی

[DOI: 10.18502/tkj.v10i3.233Â]
Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 8:07 IRDT on Monday June 3rd 2019

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:

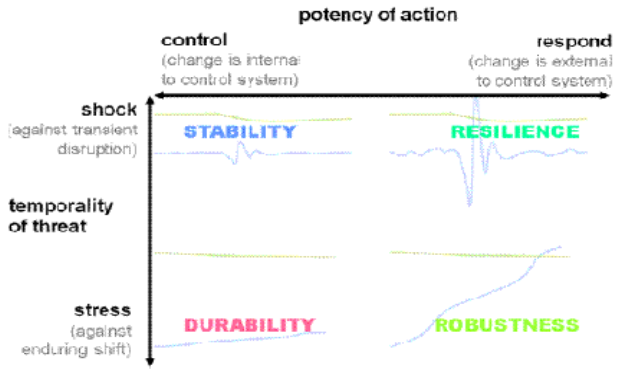
تاب‌آوری سیستم انرژی(۴)

- 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 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 بحالت تعادل بعد از تکانه‌های شدید

پرواضح است با عنایت به موارد مطروحه، 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).

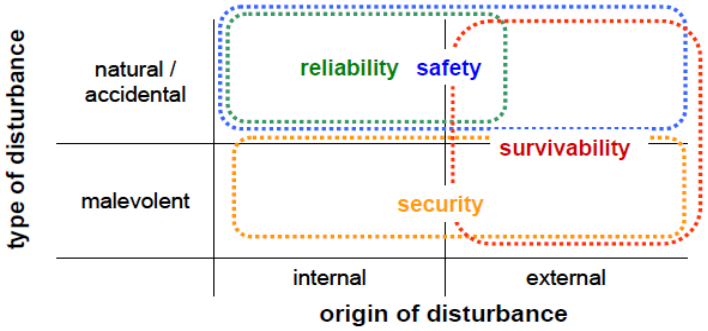


شکل ۲. طبقه بندی شرکت ها و راههای مقابله با بحرانها

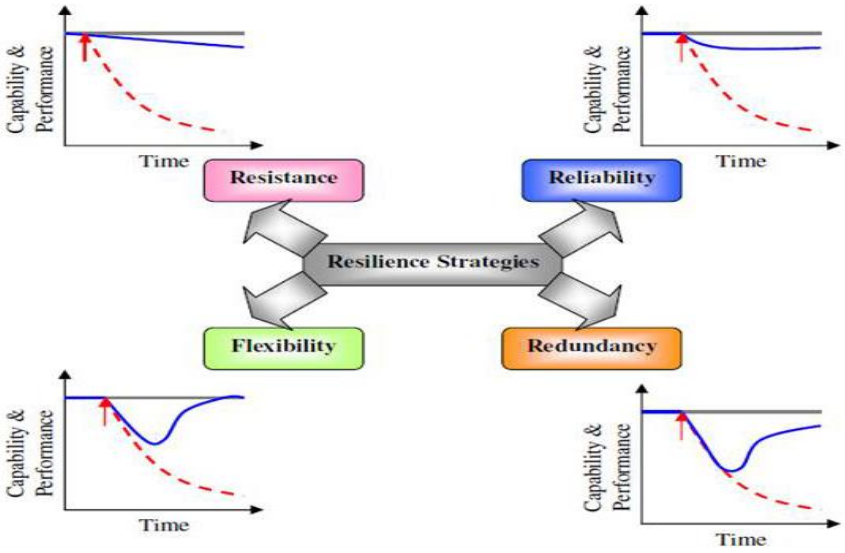
لذا شرکت‌ها برای ایمن‌سازی در وهله اول به دنبال یکی از راه‌های شکل۳ بر اساس نوع و ذات بحران خواهند بود و نهایتاً با ایجاد تغییرات در قابلیت بقاء، ایمنی، حراست و قابلیت اعتماد باعث تاب‌آور شدن سیستم خود می‌شوند (۸).

اگر بخواهیم بطور اجمالی به اقدامات کنترلی بپردازیم می‌توان به نتایج مطالعات خانم صالحی و همکارانشان اشاره نمود. ایشان در مطالعات خود ۴ 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.

[DOI: 10.18502/tkj.v10i3.233Â]
Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 8:07 IRDT on Monday June 3rd 2019



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



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

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 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.

[DOI: 10.18502/tkj.v10i3.233Â]
Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 8:07 IRDT on Monday June 3rd 2019

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 پدافندغیرعامل - طراحی	۴۸	ایمنی- پدافندغیرعامل 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

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 (نمودار۲) راهنمایی می‌کند.

روش SVA

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 شماره۳ درجه‌بندی می‌کند.

جدول ۲. راهنمای طبقه‌بندی اهمیت دارایی‌ها

مولفه‌های دارایی	اهمیت
دارایی با ارزش بسیار بالا، تاسیسات کاملا وابسته به دارایی است، می‌تواند سبب کشتار بسیار گردد، در ارائه خدمات وقفه طولانی ایجاد می‌نماید، پتانسیل زیان مالی بسیار سنگینی دارد، به یک تامین کننده وابسته است.	۴
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، تامین‌کنندگان محدودی دارد.	۳
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.	۲
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.	۱

جدول ۳. کاربرگ تعیین اهمیت دارایی

نام شرکت:	**ناحیه/ایستگاه:**						
آدرس و کد محل:							
اعضای تیم :VA							
نام دارایی	**وظایف بحرانی دارایی**	**اهمیت دارایی**					**میانگین**
		ارزش ریالی	**خطرات به وجود آمده**	**میزان وابستگی سیستم**	**مدت زمان توقف سیستم**	**شدت خسارات مالی**	

در این راستا تعیین وظایف بحرانی تجهیزات و تاسیسات مورد مطالعه، آنالیز پیامد حوادث، دارایی‌های فرآیندی، مواد سمی بسیار خطرناک، مواد فعال‌کننده یا پیشران‌های سلاح‌های شیمیایی، سیستم‌های بدون افزونگی (Redundancy)، نتایج آنالیز پیامد حوادث و حوادث بزرگ، مواردی که بتوانند باعث بروز خطاهای

[DOI: 10.18502/tkj.v10i3.233Â]
Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 8:07 IRDT on Monday June 3rd 2019

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 کامپیوتری، سیستم‌های مربوط به هوا، سیستم‌های آتش‌نشانی و... از جمله اطلاعاتی است که لازم است در اختیار تیم VA قرار گیرد 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 شماره۴) منعکس شده و نتیجتاً امتیاز دارایی با استفاده از رابطه زیر مشخص شود.

دارایی اهمیت × دارایی جذابیت = دارایی امتیاز

جدول ۴. کاربرگ تعیین جذابیت دارایی ها

نام شرکت:			ناحیه/ ایستگاه:				
آدرس و کد محل:							
اعضای تیم :VA							
نام دارایی	مرگ و میر	آسیب و خسارت به شرکت یا کشور			سهولت دسترسی	جلب توجه رسانه ها	میانگین
		اقتصادی	جغرافیایی	وابستگی سایر سازمانها			

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

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 ملی) وابسته می‌باشد.

پس از تعیین امتیاز دارایی‌ها، می‌بایست تهدید هر دارایی جفت شود. بدین منظور ماتریس تعیین تهدیدات مرتبط با دارایی‌ها مطابق با جدول ۵ در نظر گرفته شده و مشخص می‌سازد هر بحران بر کدام دارایی می‌تواند تاثیرگذار 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.

[DOI: 10.18502/tkj.v10i3.233Â]
Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 8:07 IRDT on Monday June 3rd 2019

جدول ۵. ماتریس جفت‌سازی دارایی و تهدید

تهدیدات / دارایی ها	Isolation joint (i.g)	شیر ورود و خروجی به ایستگاه	Header و خطوط لوله روزمین ی	Filter Separator	Shut off valve	Regulator	Safety valve	Turbine meter	پکیج بودرا کننده(Oderaizer)	شیرآلات قطع و وصل جریان	Heater
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											

جدول ۶. کاربرگ نمره‌دهی تهدیدات صنعتی

واحد:تقلیل فشار گاز	**شرکت ملی گاز ایران**						
تهدید	**مرگ و میر**	**توقف تولید**	**خسارت مالی**	**خسارت زیست محیطی**	**میانگین**	**احتمال رخداد**	**امتیاز**
بهره‌برداری در شرایط خاص (مانند افت شدید فشار گاز)،							
انفجار/ آتش سوزی							
قطع برق							
نشت مواد خطرناک							
از دست رفتن مواد اولیه یا ورودی‌ها							
گرفتگی یا مسدود شدن خطوط							

با عنایت به اینکه در این مقاله رویکرد تنها تهدیدات صنعتی در نظر گرفته شده بود، بجای کار برگ 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.

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:

[DOI: 10.18502/tkj.v10i3.233Â]
Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 8:07 IRDT on Monday June 3rd 2019

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

با توجه به موارد گفته شده ارزیابی آسیب‌پذیری با استفاده ازکاربرگ ارزیابی آسیب‌پذیری (جدول شماره۷) تکمیل می‌گردد. گفتنی است به منظور ارزیابی اثربخشی کنترل‌های موجود در صورتی که کنترل‌ها کاملا موثر ۱،کنترل‌ها موثر۲، کنترل‌ها نسبتا موثر ۳، کنترل‌ها کمی-موثر ۴ و بدون کنترل‌های موثر را ۵ امتیازدهی شدند و نهایتاً امتیاز نهایی آسیب‌پذیری با استفاده از رابط ذیر بدست آمد (۸).

تاثیر کنترلهای موجود × امتیاز دارایی × نمره تهدید = امتیاز آسیب پذیری

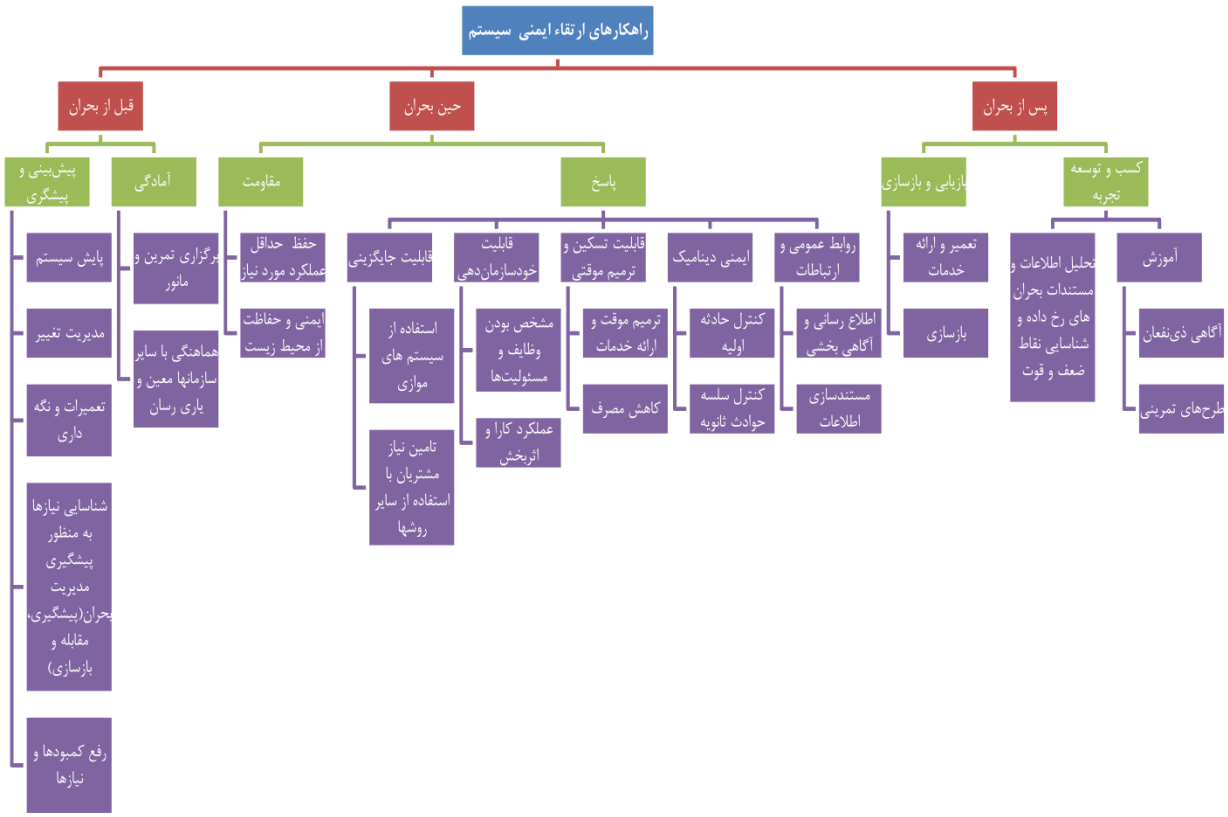
جدول ۷. کاربرگ ارزیابی آسیب‌پذیری دارایی‌ها

تاسیسات:							واحد:
کد و آدرس محل:							
تیم VA:							
سناریو			نمره تهدید	اهمیت دارایی	اثربخشی حفاظ	امتیاز آسیب پذیری	
تهدید		دارایی	حفاظ های موجود				

ارائه راهکارهای ارتقای تاب‌آوری

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

[DOI: 10.18502/tkj.v10i3.233Â]
Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 8:07 IRDT on Monday June 3rd 2019



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

نتایج

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 جذابترین 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.

جدول ۸: کاربرگ ارزیابی آسیب‌پذیری دارایی‌ها

واحد: ایستگاه تقلیل فشار گاز					شرکت ملی گاز		
	سناریو						
تهدید	دارایی	حفاظهای موجود	نمره تهدید	اهمیت دارایی	اثربخشی حفاظ	امتیاز آسیب پذیری
بهره‌برداری در شرایط خاص (مانند افت شدید فشار گاز)،	شیر ورودی و خروجی به ایستگاه	در حال حاضر بعضی از ایستگاه‌های قدیمی خط by pass دارند (Delay)	۳/۷۵	۶/۵۲۴	۳	۷۳/۳۹۵
	Header و خطوط لوله روزمینی		۳/۷۵	۶/۰۵۸	۳	۶۸/۱۵۲۵۰
	Shut off valve		۳/۷۵	۴/۱۹۴	۳	۴۷/۱۸۲۵

[DOI: 10.18502/tkj.v10i3.233Â]
Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 8:07 IRDT on Monday June 3rd 2019

	Safety valve		۳/۷۵	۳/۹۰۶	۳	۴۳/۹۴۲۵۰
	شیرآلات قطع و وصل جریان		۳/۷۵	۳/۹۰۶	۳	۴۳/۹۴۲۵۰
انفجار/ آتش سوزی	شیر ورودی و خروجی به ایستگاه	در تاسیسات هیچ‌گونه بازدارنده ،شناسایی (F&G) و تاخیر انداز و پاسخ‌دهنده (شیر آب آتش‌نشانی) وجود ندارد ولیکن این امکان وجود دارد تنظیماتی برای عملکردShut off در فشار بسیار پایین در نظر گرفت (Respond)	۳/۷۵	۶/۵۲۴	۵	۱۲۲/۳۲۵
	Header و خطوط لوله رو زمینی		۳/۷۵	۶/۰۵۸	۵	۱۱۳/۵۸۷۵
	Shut off valve		۳/۷۵	۴/۱۹۴	۵	۷۸/۶۳۷۵
	Safety valve		۳/۷۵	۳/۹۰۶	۵	۷۳/۲۳۷۵۰
	شیرآلات قطع و وصل جریان		۳/۷۵	۳/۹۰۶	۵	۷۳/۲۳۷۵۰
	Isolation joint (i.g)		۳/۷۵	۶/۰۵۸	۵	۱۱۳۵۸۷۵
	Filter Separator		۳/۷۵	۴/۶۶	۵	۸۷/۳۷۵
	Regulator		۳/۷۵	۴/۱۹۴	۵	۷۸/۶۳۷۵
	Turbine meter		۳/۷۵	۵/۶۲۴	۵	۱۰۵/۷۸۷۵
	پکیج بودرا کننده(Oderaizer)		۳/۷۵	۴/۳۴	۵	۸۱/۳۷۵
	Heater		۳/۷۵	۶/۵۲۴	۵	۱۲۲/۳۲۵
قطع برق	Heater	برخی از هیترها نیازمند برق به صورت دائم هستند ولی برخی دیگر فقط با چند باتری نیز عملکرد خود را خواهند داشت. (Deter)	۲/۸۷۵	۶/۵۲۴	۲	۳۷/۵۱۳
نشت مواد خطرناک	پکیج بودرا کننده (Oderaizer)	این ماده گرچه سمی‌ترین ماده ایستگاه CGS است اما با این حال اطلاعاتی در مورد سمیت آن در خصوص انسان‌ها وجود ندارد(A_3) همچنین MSDS ، دستورالعمل شستشوی بشکه های مرکاپتان و انجام مانور نشت مرکاپتان (مانور زیست محیطی) وجود دارد (Respond)	۲	۴/۳۴	۲	۱۷/۳۶
از دست رفتن مواد اولیه یا ورودیها	**پکیج بودرا کننده** (Oderaizer)	در حال حاضر این ماده از چند تولید کننده خارجی تامین می شود و بزودی به تولید داخلی خواهد رسید(Delay)	۱/۸۷۵	۴/۳۴	۳	۲۴/۴۱۲۵۰
	شیر ورودی و خروجی به ایستگاه	در خصوص از دست رفتن گاز ورودی ، بحرانی همچون افت فشار گاز رخ خواهد داد در حال حاضر بعضی از ایستگاهها قدیمی خط by pass دارند (Delay)	۱/۸۷۵	۶/۵۲۴	۳	۳۶/۶۹۷۵
	Header و خطوط لوله رو زمینی		۱/۸۷۵	۶/۰۵۸	۳	۳۴/۰۷۶۲۵
	Shut off valve		۱/۸۷۵	۴/۱۹۴	۳	۲۳/۵۹۱۲۵
	Safety valve		۱/۸۷۵	۳/۹۰۶	۳	۲۱/۹۷۱۲۵
	شیرآلات قطع و وصل جریان		۱/۸۷۵	۳/۹۰۶	۳	۲۱/۹۷۱۲۵
گرفتگی یا مسدود شدن خطوط	Isolation joint (i.g)	برای سایر تجهیزات، تجهیزات موازی در نظر گرفته شده است ولیکن در خصوص گرفتگی این خطوط تنها باید آن برطرف گردد. (Respond)	۱/۸۷۵	۶/۰۵۸	۳	۳۴/۰۷۶۲۵
	Filter Separator		۱/۸۷۵	۴/۶۶	۳	۲۶/۱۲۵
	Regulator		۱/۸۷۵	۴/۱۹۴	۳	۲۳/۵۹۱۲۵
	Header و خطوط لوله رو زمینی		۱/۸۷۵	۶/۰۵۸	۳	۳۴/۰۷۶۲۵
	Shut off valve		۱/۸۷۵	۴/۱۹۴	۳	۲۳/۵۹۱۲۵
	Safety valve		۱/۸۷۵	۳/۹۰۶	۳	۲۱/۹۷۱۲۵

[DOI: 10.18502/tkj.v10i3.233Â]
Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 8:07 IRDT on Monday June 3rd 2019

بحث

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 valveها به صورتی که همزمان با یکدیگر وارد عمل نشوند و از ازدیاد خروج گاز و احتمال آتش‌سوزی/ انفجار بکاهد.

۱- تغییر و تنظیم Shut offها 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 و Normally open) 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 می شود 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

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 می کنند و ساختار شبکه انتقال و گاز رسانی درختی است)

پژوهش های پیشنهادی:

۱- تعریف ماده ای همچون کائوچو که جایگزین I.J های 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 نوریان، نیکبحت 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 نوریان 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

[DOI: 10.18502/tkj.v10i3.233Â]
Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 8:07 IRDT on Monday June 3rd 2019

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 موارد 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، جغرافیای 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 حفاظها وجود داشته و با نگاه به Safeguard ها امتیاز ریسک را مشخص نموده‌اند.

بطور کلی می توان گفت در خصوص روش‌های استفاده شده در مطالعات نوریان، مسعودی آشتیانی و نیکبخت، SVA روش‌های مدیریت ریسک HAZOP و QRA را تایید نموده و پیشنهاد می‌کند قبل از انجام 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 حفاظهای سیستم را نیز در نظر می‌گیرد. با توجه به موارد مطروحه 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 جمع بندی دیدگاههای مختلف است. از طرفی با عنایت به نتایج بدست آمده که نقاط ضعف سازمانها را نمایان می‌سازد انتشار گزارشات این مطالعات دقت بیشتری را می طلبد.

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, Ukerc/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.

[DOI: 10.18502/tkj.v10i3.233Â]

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 8:07 IRDT on Monday June 3rd 2019

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 .

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.

[DOI: 10.18502/tkj.v10i3.233Â]
Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 8:07 IRDT on Monday June 3rd 2019

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)[1], Yari M(MSc)[2*], Haghbin A(MSc)[3]

[1]Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
[2]HSE Department, National Iranian Gas Company, Tehran, Iran.
[3]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
Received: 2016.12.27 ***accepted: 2017.04.20***