Archive of SID.ir

Scientific Journal of Passive Defence
Vol. 15, No. 1, Spring 2024, Serial No. 57
ISSN: 2980-8030 , E-ISSN: 2008-6849

Elaborating Resilience Indices in Petroleum Product Transmission Line Projects

G. Hajimoradi , A. Rajabpoor , H. Sahami *
Assistant Professor of Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran

(Received: 29/05/2023, Revised: 05/01/2024, Accepted: 28/01/2024, Published: 04/05/2024)
DOR:20.1001.1.20086849.1403.15.1.1.8

ABSTRACT

Energy transmission lines are among the basic infrastructures of the country, and any accident or possible threats can impose huge costs and irreparable losses on the country's economy, and many vital activities of the country face serious problems and the national security of the country. challenged The purpose of this research is to explain the index of resilience indicators and to introduce strategies to increase resilience in the projects of oil product transmission lines. In this research, firstly, based on the studies conducted, the index of the effective indicators in increasing the resilience of oil product transmission line projects was extracted against possible threats. Considering the factor score in the perspective of the related views were categorized. This important reason led to ordering and reducing the number of statements in order to facilitate the review. Since the factor of forecasting, procurement and cyber protection and as a result the index of the indicators related to this factor has received more points, in conclusion and based on the findings of the research, the solutions to increase the resilience in the projects of Petroleum product transmission lines are provided.

Keywords: Resilience, Petroleum Product Transmission Lines, Safety and Security, Key Component Analysis

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University © Authors

*Corresponding Author Email: hsahami15@gmail.com

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نشریه علمی پدافند غیرعامل

سال پانزدهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، (پیاپی ۵۷): صص ۱۱-۱

علمی – پژوهشی

شاپای چاپی: ۶۹۴۹-۲۰۰۸ | شاپای الکترونیکی: ۸۰۳۰-۲۹۸۰

تبیین شاخص‌های تاب‌آوری در پروژه‌های خطوط انتقال فراورده‌های نفتی

گلناز حاجی مرادی[۱]، آرمین رجب پور[۲]، حبیب الله سهامی[۳*]

DOR: 20.1001.1.20086849.1403.15.1.1.8

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۱۵ تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۲/۱۵

چکیده

خطوط انتقال انرژی در زمره زیر ساخت‌های اساسی کشور محسوب می‌شود که هرگونه حادثه و یا وقوع تهدیدات احتمالی می‌تواند هزینه‌های گزاف و خسارات جبران‌ناپذیری را بر اقتصاد کشور تحمیل کرده و بسیاری از فعالیت‌های حیاتی کشور را با مشکلات جدی مواجه ساخته و امنیت ملی کشور را به چالش کشاند. هدف از این پژوهش تبیین شاخص‌های تاب‌آوری و معرفی راهکارهای افزایش تاب‌آوری در پروژه‌های خطوط انتقال فراورده‌های نفتی است. در این پژوهش ابتدا بر اساس مطالعات صورت گرفته شاخص‌های موثر در افزایش تاب‌آوری پروژه‌های خطوط انتقال فراورده های نفتی، در برابر تهدیدات احتمالی استخراج گردید در ادامه با استفاده از تحلیل مولفه‌های اصلی شاخص‌ها، با در نظر گرفتن امتیاز عاملی در دیدگاه‌های مربوط دسته‌بندی گردیدند. این مهم موجب نظم‌دهی و تقلیل گزاره‌ها به‌منظور سهولت در بررسی گردید. از آنجایی که عامل پیش‌بینی، تدارکات و حفاظت سایبری و در نتیجه شاخص‌های مرتبط با این عامل امتیاز بیشتری را به خود اختصاص داده است، در خاتمه و بر اساس یافته‌های پژوهش، راهکارهای افزایش تاب‌آوری در پروژه‌های خطوط انتقال فراورده‌های نفتی ارائه شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری، خطوط انتقال فراورده‌های نفتی، ایمنی و امنیت، تحلیل مولفه‌های اصلی

[۱و۲] کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

[۳] استادیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران (hsahami15@gmail.com)- نویسنده مسئول

* این مقاله یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط و ضوابط مجوز Creative Commons Attribution (CC BY) توزیع شده است.

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع) © نویسندگان

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۱- مقدمه

حوادث غیرمترقبه مجموعه رخدادهای غیرقابل پیش بینی هستند که در اثر بلایای طبیعی و یا دستکاری-های انسانی رخ می‌دهند. تاکید و توجه به چگونگی کاهش آسیب‌پذیری ناشی از وقوع حوادث غیرمترقبه و افزایش تاب آوری، اهمیت بسیار زیادی دارد. تاب‌آوری به‌عنوان توانایی مقاومت در برابر اثرات تهدید و همچنین مواجهه با اثرات آن و بازتوانی سریع تعریف می‌شود و به عبارت دیگر تاب‌آوری سازگاری مثبت در واکنش به شرایط نامطلوب است[۱].

همه ساله اعتبارات زیادی صرف احداث زیرساخت‌های حیاتی در کشور می‌گردد و از سوی دیگر هر روزه در گوشه‌ای از جهان شاهد تخریب و انهدام زیرساخت‌های ملی کشورها در اثر بمباران-ها و آتش ویرانگر دشمنان هستیم و امروزه این روند، متوقف نشده و ادامه خواهد یافت. از آنجاکه زیر ساخت‌های حیاتی در هر کشوری به صورت شبکه وار و به صورت هم افزا به تداوم و توسعه فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و... یک کشور گره خورده است بایستی جایگاه هر زیر ساخت و میزان اهمیت آن مشخص گردد[۲].

ارزیابی میزان آسیب پذیری زیرساخت‌های حیاتی همواره دغدغه اصلی رهبران حوزه راهبردی کشور جهت مدیریت، رصد و سنجش مصونیت و امنیت وضعیت موجود است. بدیهی است جهت مقابله با آسیب پذیری زیرساخت‌ها و احتمال وقوع تهدیدات علیه آنها و به کارگیری صحیح و نافذ ابزار بازدارنده و کارامد، لازم است عوامل موثر در کسب اطلاعات نیروی متخاصم یا عوامل آسیب رسان به زیرساخت‌ها را شناسایی نمود . راهکاری برای مقابله با آن ارائه نمود [۳].

یکی از مهم‌ترین روش‌های پدافند غیرعامل زیرساخت‌ها، حفاظت فیزیکی از تأسیسات حیاتی آن‌ها است. این حفاظت سبب می‌شود تا احتمال موفقیت آمیز بودن حمله فیزیکی و خرابکارانه کاهش یابد [۴]. حوادث سقوط از ارتفاع، آتش‌سوزی و انفجار و مسمومیت با گاز H_2S بیشترین فراوانی را در میان انواع حوادث در سطح شرکت نفت داشته‌اند. سقوط از ارتفاع از جنس حوادث فردی شغلی بوده H_2S از نوع حوادث فرآیندی و آتش سوزی، انفجار و نشتی گاز S هستند که در مقام مقایسه نسبتاً درصد قابل توجهی است [۵].

این خطوط از نقطه آغاز تا محل مصرف، در معرض تهدیدات طبیعی و غیر طبیعی قرار خواهد گرفت. حوادث طبیعی از قبیل سیل، طوفان و از همه مهم تر عبور خطوط لوله از خط گسل زلزله که میتواند آسیب جدی به آن وارد کند. یکی از خطرات غیر طبیعی که خطوط لوله را مورد تهدید قرار خواهد داد، انفجارهایی است که ممکن است در اثر انواع تهدیدات در نزدیکی آن اتفاق افتد. این انفجارها هم می‌تواند منشا غیرعمدی در اثر فعل و انفعالات داخلی لوله بوده و هم در اثر عوامل بیرونی عمدی انسان ساز باشد. انفجار عمدی انسان ساز که در سطح زمین انجام می‌شود، می‌تواند با ارتعاشی که در پهنه وسیعی از محیط خاک ایجاد می‌کند، خرابی‌های زیادی را به‌وجود آورد؛ لذا پیش‌بینی بارهای ضربه‌ای دینامیکی و بررسی پاسخ رفتاری سازه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است [۶]

هدف از طرح مبانی نظری رسیدن به تعاریف کاربردی در رابطه با موضوع اصلی تحقیق و یافتن چهارچوب نظری سازمان‌یافته در راستای تحقیق است. اصلی ترین موضوع بررسی مسائل مرتبط با تهدیدات، انتقال انرژی، تاب‌آوری و اصطلاحات مربوط به روش های به کار رفته در زمینه پژوهش می‌باشد. ارزیابی خطر زیرساخت‌ها در برابر تهدیدات یکی از مهم‌ترین ملاحظات پدافند غیرعامل است [۷]. ارزیابی آسیب‌پذیری سامانه برای آگاهی بهره‌بردار از عواقب و خسارات حوادث محتمل، امری ضروری است. بعضی شاخص های متداول جهت ارزیابی آسیب‌پذیری و امنیت سامانه قدرت عبارت‌اند از: شاخص فاصله تا مرز آسیب‌پذیری، شاخص امنیت رفع خطای بحرانی (CCT) و حاشیه انرژی (EM) [۸].

در مقابل این برداشت، مکاتب و نگرش‌های دیگری هم وجود دارند که منبع و موضوع تهدید و راه های مقابله را به شیوه متفاوتی تحلیل و تفسیر می کنند نظریه‌های مختلف امنیت، نگاهی متفاوت به مفهوم تهدید و ابعاد و همچنین نحوه ارزیابی آن دارند و این تفاوت ها می‌تواند به دیدگاه‌های متفاوتی درباره نحوه مدیریت تهدیدات بیانجامد [۹].

خطوط لوله انتقال انرژی از شریان‌های مهم اقتصادی کشور و از سرمایه های ارزشمند ملی به شمار می رود. بنابراین لازم است در صیانت از آن کلیه ی مجموعه های کارفرمایی، پیمانکاری و بهره برداری احساس مسئولیت نموده و برای طراحی، اجرا و نظارت در ساخت و نگهداری از آن از پیشرفته‌ترین فناوری‌ها ، معتبرترین استانداردها و دستورالعمل‌ها و کارامدترین نیروی انسانی استفاده نمایند. همچنین رعایت ضوابط ایمنی، امنیت و محیط زیست بایستی همواره مد نظر و در سرلوحه توجهات همه‌ی مسئولین و دست اندرکاران احداث و بهره برداری از تاسیسات صنایع نفت و گاز قرار داشته باشد [۱۰]. احداث خطوط انتقال یکی از ایمن‌ترین و کم هزینه‌ترین روش حمل و نقل در مهندسی ترابری می‌باشد [۱۱]. کشورها برای دستیابی به برتری اقتصادی، باید به منابع انرژی دسترسی و تسلط داشته باشند. چون که به‌دلیل نبود چشم اندازی روشن جهت انرژی‌های جایگزین نفت وگاز و از طرفی ارزانی این مواد سوختنی و گرانی دیگر منابع انرژی و همچنین روند رو به رشد تقاضای جهانی انرژی، روز به روز بر اهمیت این منابع در آینده

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

می‌افزاید. برای انتقال این منابع هیدروکربنی با ارزش استراتژیک، احتیاج به مسیرهایی است که از هر لحاظی دارای امنیت باشد؛ نظیر امنیت سرزمین، هزینه انتقال، مسافت خطوط انتقال و وجود زیرساخت‌های لازم جهت انتقال انرژی، تا با کمترین مشکل نقش ترانزیتی را بر عهده گیرند[۱۲].

در شرایطی که اقتصاد ایران به شدت وابسته به صادرات نفت خام میباشد و هرگونه خلل در روند صادرات نفت خام موجب ایجاد تلاطم در وضعیت اقتصادی کشور و حتی وضعیت بازار جهانی نفت خواهد شد عدم توجه کافی به زیر ساخت‌های لازم جهت صادرات نفت میتواند موقعیت‌های بحرانی و سختی را بر کشور تحمیل نماید.

۲- پیشینه تحقیق

رمضانی و همکاران در پژوهشی با عنوان ارزیابی آسیب پذیری شریان‌های حیاتی در برابر سنجنده‌های صوتی تهدیدات هوایی هوشمند و بدون سرنشین با تحلیل امواج صوت منتشرشده توسط زیرساخت‌ها، نحوه رفتار سنجنده‌های صوتی در کسب اطلاعات از زیرساخت‌ها و همچنین رفتار سامانه‌های راداری در پوشش فضای اطراف زیرساخت‌ها به ارزیابی آسیب پذیری آن ها پرداخته است. نقاطی برای استقرار سامانه های شناسایی درنظر گرفته و با کمک منطق فازی در چارچوب سامانه اطلاعات مکانی به مدلسازی پارامترهای موثر در دسترسی پرداخته شده است [۳].

جنیدی و همکاران در تحقیقی که با عنوان بررسی تهدیدات و میزان آسیب پذیری خطوط انتقال انرژی با رویکرد پدافند غیرعامل صورت پذیرفته است، با پژوهشی بر خطوط لوله انتقال انرژی به عنوان شریان‌های حیاتی و در نظر گرفتن شاخص‌های تحلیل تهدید از جمله شدت اثرگذاری، احتمال موفقیت و احتمال وقوع و همچنین شاخص‌های آسیب پذیری شامل آسیب‌های ثانویه، ضعف جزء، قابلیت بازسازی، قابلیت دسترسی، قابلیت شناسایی و اثرات هم افزا که با توجه به دیدگاه صاحب نظران امر تعیین شده بود، ابتدا تهدیدات مبنا مشخص و سپس با روش سلسله مراتبی AHP به وزندهی و اولویت‌بندی شاخص‌ها پرداخته است. در نهایت هم به دنبال اولویت بندی تهدیدات مبنا بر اساس کلیه شاخص ها صورت پذیرفته است [۶].

موسوی و همکاران در پژوهشی مبنی بر ارزیابی آسیب پذیری زیرساخت‌های حیاتی در برابر تهدیدات انسان ساخت نمونه موردی: فرودگاه های بین المللی غیر نظامی، تعیین آسیب پذیری‌های کمی و کیفی پیشروی فرودگاه های غیرنظامی و اولویت بندی آن‌ها در هر یک از اجزای اصلی را به عنوان یکی از گام‌های مهم در مطالعات دفاع غیرعامل، دنبال کرده است [۱۳].

آلکارازا و زیدالی در سال ۲۰۱۵ پژوهشی با عنوان حفاظت از زیرساخت‌های حساس: الزامات و چالش های قرن ۲۱، انجام داده اند [۱۴]. آن‌ها معتقدند زیرساخت‌های حساس نقش خیلی مهمی در حمایت از جامعه مدرن بازی می کند. قابلیت اطمینان، عملکرد، استمرار خدمات، ایمنی، تعمیر و نگهداری و حفاظت از زیرساخت‌ها از اولویت های ملی برای کشورها در سراسر جهان می باشد. مؤلفان به بررسی آسیب پذیری و تهدیدات پیش روی زیرساخت‌های حساسِ مدرن با تاکید بر سیستم های کنترل صنعتی و راهکارهای حفاظت از آن‌ها پرداخته‌اند و همچنین به تعدادی از چالش های این حوزه مانند مدیریت امنیتی اشاره نموده‌اند.

بِرُون و همکاران در پژوهشی که با عنوان تحلیل آسیب پذیری زیرساخت‌های حیاتی در برابر حمالت و برنامه ریزی دفاعی صورت پذیرفته است، به معرفی تهدیدات انسان ساخت متوجه زیرساخت‌ها پرداخته و با توجه به تهدیدات راهکارهای کاهش آسیب پذیری ارائه نموده است. بیشترین تهدیدات متوجه زیرساخت‌ها، تهدید تروریستی و بمب گذاری معرفی شده و راهکارهایی مانند مکانیابی هوشمند پیشنهاد شده است [۱۵].

سهامی و معصومیان در پژوهشی با عنوان روش های حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی درصنعت نفت وگاز و ارایه راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری مبتنی بر مدیریت ریسک، روش های حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی درصنعت نفت وگاز را مورد مطالعه قرار داده و راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری مبتنی بر مدیریت خطر را ارائه داده‌اند [۱۶].

ریگاس در پژوهش خود با عنوان ایمنی خطوط گازی تحت فشار دفن شده در نزدیکی منبع انفجار، میزان ایمنی لوله های گاز تحت انفجارهای با منبع نزدیک را بررسی کرده است [۱۷].

حیرانی و بقایی پژوهشی با عنوان ارزیابی ریسک خطوط لوله انتقال نفت و گاز بر مبنای روش tie-Bow فازی شده انجام داده‌اند [۱۰]. یافته‌های تحقیق نشان داد که عوامل آسیب شخص ثالث، نقص اولیه در مواد و ساخت خط لوله با احتمال شکست دارای بالاترین درصد اهمیت در تخریب خط لوله‌های انتقال گاز و نفت می‌باشند. افزون بر این، اثرات سمی و آسیب محیط زیست

Archive of SID.ir

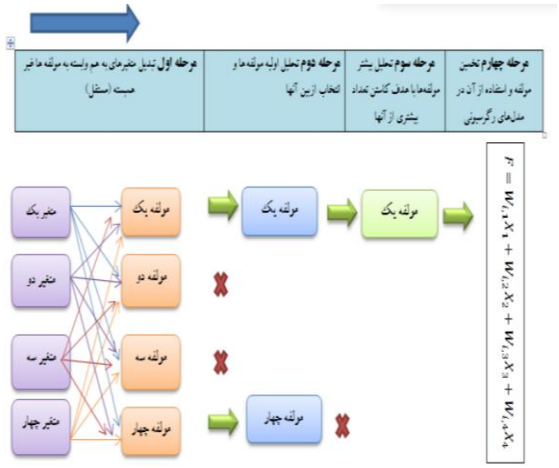
Archive of SID.ir

با احتمال رخداد از بارزترین پیامدهای ناشی از نشت نفت و گاز از خطوط لوله‌های انتقال بر اساس روش درخت پیامد هستند.

۳- روش تحقیق

پژوهش بر اساس هدف به سه گروه بنیادی، کاربردی و علمی تقسیم می‌شوند که این تحقیق از نوع کاربری می‌باشد. اطلاعات این پژوهش هم به صورت کمی و هم به صورت کیفی می‌باشد و از آن جایی که به دنبال یافتن جواب و چگونگی صورت مسئله می باشد در گروه تحقیقات توصیفی_تحلیل جای می گیرد. پس از استخراج شاخص های تاب آوری بر اساس مطالعات صورت پذیرفته، با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اصلی(PCA)، ۴ عامل به منظور دسته‌بندی و خلاصه‌سازی شاخص‌ها مشخص شد. از آنجایی که عامل اول امتیاز بیشتری را به خود اختصاص داده است در نتیجه شاخص‌های مرتبط با این عامل اهمیت بیشتری دارند. در نتیجه‌ی انجام این پژوهش راهکارهای افزایش تاب‌آوری ارائه شده‌اند. در این تحقیق با استفاده از روش کوکران با فرض اینکه حجم جامعه آماری یعنیN، برابر ۲۵ و مقدار کران خطا یعنیd، برابر ۰/۰۵ باشد، حجم نمونه برابر ۲۳ محاسبه شده است یعنی در این پژوهش برای امتیازدهی مطلوب، پرسش از ۲۳ نفر از متخصصان و صاحب نظران، انجام شده اما از آنجایی که ۹ نفر از متخصصین به دلایل مختلف امکان همکاری نداشته و پرسشنامه بدون پاسخ بوده است، حجم نمونه در این پژوهش ۱۴ در نظر گرفته شده است.

روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) ابعاد کلیه‌ی مشاهدات را بر اساس شاخص ترکیبی و دسته بندی مشاهدات مشابه کاهش می‌دهد. روش فوق نه تنها یکی از باارزشترین نتایج کاربرد جبر خطی است که در کلیه اشکال تحلیلی از علوم شبکه های عصبی تا نمودارهای کامپیوتری استفاده می شود، چرا که یک روش آسان و غیر پارامتریک برای استخراج اطلاعات مرتبط از یک مجموعه داده پیچیده است[۱۸] این روش نسبت به بقیه‌ی روش‌ها نتایج بهتری را ایجاد میکند و به منزله‌ی چرخش استاندارد توصیه می گردد[۱۹] در شکل (۱) مراحل روش تحلیل مولفه های اصلی ذکر شده است:



شکل(۱): مراحل روش تحلیل مولفه‌های اصلی، [۲۰]

روش تحلیل مولفه های اصلی راهی برای تعیین الگوی موجود در داده ها و بیان به گونه‌ایست که تفاوت‌ها و شباهت های آن‌ها برجسته شود. در جایی که پیداکردن الگوی موجود در داده ها در زمانی که آن ها دارای ابعاد مختلفی هستند به علت عدم توانایی در استفاده از ابزارهای ترسیمی دشوار است، روش "تحلیل مولفه های اصلی" ابزاری قوی برای تحلیل داده‌ها است. این روش دارای کاربردهای مختلفی در علوم گوناگون از روانشناسی تا کامپیوتر، اقتصاد، مدیریت و حسابداری است[۲۱]

۴- نتایج و بحث

در این مرحله از پژوهش جملاتی که دارای معنا و مفهوم یکسانی بودند، تلفیق داده شدند که در نتیجه ۵۰ جمله استخراج گردید. این جملات در جدول۱ با عنوان شاخص های تاب آوری قابل مشاهده‌است. در دسته‌بندی این جملات مکانیابی با تاکید بر امنیت سرزمینی، لوله‌های انتقال کنترل و مانیتورینگ، پدافند غیرعامل، جنس زمین، HSE و ماده عبوری از لوله ها در نظر گرفته شده‌است. همچنین شاخص‌های تاب‌آور در چهار گروه سایبری، تروریستی و اقتصادی در جدول جانمایی گردیده‌اند که این مهم موجب سهولت در تفهیم ماهیت هر شاخص گردیده است. در ادامه با استفاده از تحلیل مولفه‌های اصلی در نرم افزار SPSS، دسته بندی شاخص ها در ۴ دیدگاه(عامل) صورت پذیرفته است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول(۱): شاخص های تاب آوری استخراج شده

گروه	دسته	شماره گزاره	شاخص های تاب آوری
مکانیابی با تاکید بر امنیت سرزمینی	سایبری	Q_1	حفاظت ار اسناد و نقشه های مرتبط با جانمایی خطوط انتقال
	تروریستی	Q_2	مکانیابی بهینه قسمت های حائز اهمیت خطوط انتقال
		Q_3	جایابی و تعیین مسیر بهینه و قابل حفاظت
		Q_4	بازدارندگی و ملاحظات امنیتی در قلمرو سرزمینی
	اقتصادی	Q_5	تدارک داده‌های ماهواره ای خطوط لوله گذاری از مبادی معتبر
لوله‌های انتقال	سایبری	Q_6	اقدامات بازدارنده به منظور جلوگیری از حملات بدافزارها به اطلاعات
	تروریستی	Q_7	مقاوم سازی خطوط انتقال در برابر حملات و خورندگی
		Q_8	عدم همجواری خطوط انتقال با زیرساخت های حائز اهمیت
		Q_9	مقابله با حملات نوین مانند استفاده از پهپاد/ریزپرنده
		Q_{10}	رصد و پایش در قسمت‌های حساس منهول کنترل
		Q_{11}	پنهان سازی و مدفون سازی خطوط در عوارض مسکونی و پرجمعیت
	اقتصادی	Q_{12}	جلوگیری از شکست لوله زودتر از عمر مفید آن
		Q_{13}	تدارک، ذخیره سازی و انباشت لوله برای مقابله با تحریم های خارجی
کنترل و مانیتورینگ	سایبری	Q_{14}	استفاده از نیروی داخلی جهت پایش و راه اندازی سیستم ها
		Q_{15}	استفاده از شبکه های هوشمند خودکار و حفاظت سایبری مناسب
		Q_{16}	استفاده از نرم افزار و سخت افزار بومی جهت جلوگیری از رخنه اطلاعاتی
		Q_{17}	استفاده از فناوری های نوین کنترل و مانیتورینگ مانند فیبر نوری
		Q_{18}	فاصله کوتاهتر سنسورهای RTU از یکدیگر جهت کنترل و سرعت ارسال اطلاعات
		Q_{19}	فاصله کوتاه‌تر واحد کنترل مرکزی CCR از سنسور های داخلی
	تروریستی	Q_{20}	شناسایی و مقابله با پهپاد های کور کننده سیگنال آنتن های انتقال اطلاعات سنسورها
		Q_{21}	جلوگیری از خرابکاری در تاسیسات انتقال اطلاعات مانیتورینگ خط لوله
		Q_{22}	مقاوم سازی واحد مرکزی کنترل CCU
		Q_{23}	تدارک سنسورهای نوین لرزه ای جهت شناسایی به موقع حملات
		Q_{24}	پیش بینی تحریم سیستم‌ها و سنسور های مانیتورینگ
		Q_{25}	بومی سازی قطعات کنترل و مانیتورینگ
		Q_{26}	موازی سازی گشت موتوری و سیستم حفاظت پیرامونی در مناطق مستعد تهدید
		Q_{27}	پیش بینی افزایش قیمت ارز در تهیه قطعات وارداتی
		Q_{28}	تهیه قطعات تحریمی از مبادی غیر رسمی

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول(۱): شاخص های تاب آوری استخراج شده

گروه	دسته	شماره گزاره	شاخص های تاب آوری
پدافند غیرعامل	سایبری	Q_{29}	شناسایی تهدیدات سایبری و ارائه راهکار های پدافندی مناسب
		Q_{30}	ارزیابی و گزارش وضعیت امنیت سایبری موجود در حوزه انرژی
	تروریستی	Q_{31}	تقویت و استقرار واحد حراست
		Q_{32}	ایجاد حریم اختصاصی برای خطوط تغذیه و شبکه های توزیع گاز
		Q_{33}	کنترل سطح دسترسی افراد و عوامل متفرقه
		Q_{34}	جلوگیری از رخنه عوامل خرابکار به کادر کنترل و حفاظت
	اقتصادی	Q_{35}	مشخص شدن منابع تامین بودجه و مراحل پرداخت آن
جنس زمین	سایبری	Q_{36}	حفاظت از اطلاعات مرتبط با مشخصات توپوگرافی زمین
	تروریستی	Q_{37}	استفاده از عوارض زمین به منظور پنهان سازی و دشوار سازی دسترسی افراد متفرقه
	اقتصادی	Q_{38}	توجه به جنس، تراکم و پایداری زمین در انتخاب مسیر عبور لوله
		Q_{39}	نظارت و کنترل آب‌های زیرزمینی
		Q_{40}	در نظر گرفتن هزینه‌های احداث زهکش
HSE	سایبری	Q_{41}	قرنطینه سازی قسمت‌های آلوده به بدافزار
		Q_{42}	نصب سریع و به موقع وصله های امنیتی دریافت شده از سوی مراجع ذیربط
	تروریستی	Q_{43}	اقدامات بازدارنده جهت خنثی سازی انفجار درصورت حمله تروریستی
		Q_{44}	تکمیل پروژه و تامین حفاظت آن قبل از بهره برداری
		Q_{45}	تقویت سیستم‌های اطفاء حریق
	اقتصادی	Q_{46}	برنامه ریزی تامین اعتبارات برای کل پروژه
		Q_{47}	شناخت میزان خورندگی محلول به منظور بررسی عمر مفید لوله
ماده عبوری از لوله‌ها	سایبری	Q_{48}	ممانعت از افشا شدن اطلاعات ماده عبوری
	تروریستی	Q_{49}	توجه به ایمن سازی و پنهان سازی لوله‌های حامل مواد سمی مانند گاز با H2S بالا
	اقتصادی	Q_{50}	ارزش اقتصادی و عملکردی محصول یا خوراک عبوری

۳-۱- روش تحلیل مولفه های اصلی

بنابر جدول حاصل از تحلیل مولفه‌های اصلی(جدول۲)، ۵۰ شاخص تاب‌آوری در ۴ عامل دسته بندی گردیده‌اند. عامل شماره ۱ با عنوان پیش‌بینی، تدارکات و حفاظت سایبری، علمل شماره ۲ با عنوان تجهیزات و فناوری‌های نوین، تحریم و بومی‌سازی، عامل شماره ۳ با عنوان نظارت، حفاظت اطلاعات و ایجاد حریم و عامل شماره ۴ با عنوان مکان‌یابی، ایمنی، فنی و مهندسی نام‌گذاری گردیده‌اند. نحوه‌ی دسته بندی گزاره‌ها با توجه به قدر مطلق امتیاز هر گزاره در هر یک از عامل‌ها است. گزاره‌ی مذکور در دسته‌بندی هر عاملی که در آن قدرمطلق امتیاز بیش‌تری داشته باشد، جای می‌گیرد. برای مثال Q_42 با توجه به اینکه امتیاز بیشتری در عامل شماره ۱ داشته است، در دسته بندی نهایی، گزاره‌ای از گزاره‌های عامل شماره ۱ محسوب می‌گردد.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول(۲): جدول حاصل از تحلیل مولفه های اصلی

Rotated Component Matrix

شاخص	۱	۲	۳	۴	شاخص	۱	۲	۳	۴
Q42	۰/۸۵۶	۰/۰۵۲	-۰/۰۵۴	۰/۲۱۱	Q31	۰/۰۳۸	۰/۱۶۷	۰/۷۳۳	۰/۰۰۵
Q29	۰/۷۴۵	۰/۱۲۶	۰/۱۱۶	-۰/۰۰۷	Q36	-۰/۱۱۳	-۰/۱۴۱	۰/۶۷۱	۰/۵۱۶
Q15	-۰/۷۱۶	-۰/۲۴۳	-۰/۱۷۵	-۰/۱۰۴	Q11	۰/۲۵۸	۰/۰۰۵	-۰/۶۰۲	۰/۰۶۸
Q41	۰/۶۸۱	۰/۲۱۰	-۰/۱۱۶	-۰/۱۵۴	Q32	۰/۱۶۴	۰/۱۹۵	۰/۵۹۵	۰/۱۶۸
Q5	-۰/۶۵۴	۰/۰۸۰	-۰/۱۵۴	۰/۱۷۸	Q33	-۰/۰۴۹	-۰/۳۰۱	۰/۵۲۱	۰/۰۴۸
Q13	۰/۶۴۸	-۰/۱۶۶	-۰/۲۲۹	۰/۰۴۸	Q34	۰/۴۳۰	-۰/۱۰۵	۰/۴۸۵	۰/۰۵۴
Q27	۰/۶۳۵	۰/۱۸۷	۰/۰۴۵	-۰/۱۳۵	Q23	-۰/۲۲۱	۰/۰۳۷	۰/۴۳۵	۰/۲۶۳
Q40	۰/۵۶۲	-۰/۲۸۹	۰/۲۸۸	۰/۰۶۱	Q48	-۰/۱۵۷	۰/۱۰۷	-۰/۴۳۰	۰/۳۰۹
Q37	-۰/۵۵۷	۰/۰۶۴	۰/۳۳۵	-۰/۰۶۱	Q30	۰/۲۸۸	-۰/۲۷۷	۰/۳۵	-۰/۰۷۳
Q8	-۰/۵۳۷	-۰/۰۳۸	۰/۰۱۱	-۰/۳۶۶	Q43	-۰/۱۳۹	۰/۲۷۰	۰/۳۳۷	۰/۲۳۸
Q28	۰/۴۹۲	۰/۲۸۳	-۰/۰۱۱	-۰/۴۱۹	Q50	-۰/۳۷۶	۰/۳۸۷	-۰/۰۱۴	۰/۶۸۵
Q22	-۰/۳۷۳	-۰/۱۵۸	-۰/۰۱۰	۰/۱۷۴	Q35	۰/۲۴۸	-۰/۱۹۴	۰/۱۷۶	۰/۶۴۷
Q21	-۰/۳۳۵	۰/۱۳۶	۰/۱۱۰	-۰/۰۹۶	Q49	-۰/۰۲۱	۰/۱۵۴	-۰/۱۵۵	۰/۶۰۶
Q20	-۰/۳۸۵	-۰/۸۲۱	۰/۲۲۰	-۰/۱۳۲	Q47	۰/۴۲۷	۰/۰۴۰	۰/۰۰۳	۰/۵۹۲
Q24	۰/۰۷۵	۰/۷۶۶	-۰/۲۴۸	۰/۰۸۳	Q2	-۰/۰۸۵	-۰/۱۶۴	۰/۲۳۸	۰/۵۷۱
Q26	۰/۰۷۱	۰/۷۰۹	-۰/۱۸۸	-۰/۱۴۱	Q4	-۰/۰۴۹	-۰/۵۰۲	۰/۰۰۳	۰/۵۶۴
Q17	-۰/۰۴۲	-۰/۶۹۰	-۰/۰۷۸	-۰/۱۷۸	Q16	۰/۲۹۱	-۰/۰۰۴	۰/۰۷۶	-۰/۵۳۰
Q39	-۰/۲۲۰	۰/۶۷۹	۰/۲۶۶	۰/۰۸۴	Q18	۰/۰۲۹	-۰/۴۴۵	-۰/۱۵۵	-۰/۴۹۰
Q19	-۰/۱۷۱	-۰/۶۵۹	۰/۴۴۳	-۰/۲۱۹	Q45	-۰/۳۴۱	۰/۱۰۵	۰/۰۲۲	-۰/۴۸۹
Q25	-۰/۰۸۹	۰/۵۹۲	۰/۱۷۷	-۰/۳۶۳	Q9	۰/۲۳۳	۰/۲۴۸	۰/۰۴۰	۰/۴۵۳
Q38	-۰/۲۵۲	۰/۵۰۷	۰/۳۳۹	۰/۰۴۱	Q12	۰/۳۸۲	-۰/۱۵۰	۰/۰۴۳	۰/۴۴۰
Q6	-۰/۳۹۳	-۰/۴۵۳	-۰/۳۷۴	۰/۱۸۰	Q44	۰/۰۶۳	۰/۰۸۶	۰/۱۳۱	۰/۴۲۰
Q14	-۰/۱۸۳	-۰/۳۷۳	-۰/۲۲۱	۰/۱۵۵	Q3	-۰/۰۶۷	۰/۰۴۴	-۰/۱۳۵	۰/۴۰۶
Q10	-۰/۱۲۱	۰/۲۳۸	-۰/۸۱۲	۰/۰۷۰	Q46	۰/۲۴۰	۰/۲۵۳	-۰/۱۴۱	-۰/۲۸۹
Q1	-۰/۱۰۰	۰/۳۹۱	۰/۷۶۵	-۰/۰۲۷	Q7	-۰/۰۶۰	-۰/۰۸۹	-۰/۱۷۷	۰/۱۸۹

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

در ادامه به تشریح هر یک از شاخص‌های مرتبط به ۴ عامل استخراج شده در جداول(۳) الی (۶) پرداخته شده است. در جداول زیر هر شاخصی که امتیاز نهایی بالاتری دارد، از اهمیت بیش‌تری برخوردار است.

جدول(۳): شاخص‌های مرتبط به عامل‌شماره ۱ (پیش‌بینی، تدارکات و حفاظت سایبری) و امتیاز عاملی هر شاخص

	شماره گزاره	شاخص های تاب آوری	امتیاز عاملی
۱	Q_5	تدارک داده‌های ماهواره ای خطوط لوله گذاری از مبادی معتبر	۰/۶۵۴
۲	Q_8	عدم همجواری خطوط انتقال با زیرساخت‌های حائز اهمیت	۰/۵۳۷
۳	Q_{13}	تدارک، ذخیره سازی و انباشت لوله برای مقابله با تحریم های خارجی	۰/۶۴۸
۴	Q_{15}	در نظر گرفتن هزینه‌های احداث زهکش	۰/۵۶۲
۵	Q_{21}	جلوگیری از خرابکاری در تاسیسات انتقال اطلاعات مانیتورینگ خط لوله	۰/۳۳۵
۶	Q_{22}	مقاوم سازی واحد مرکزی کنترل CCU	۰/۳۷۳
۷	Q_{27}	پیش بینی افزایش قیمت ارز در تهیه قطعات وارداتی	۰/۶۳۸
۸	Q_{28}	تهیه قطعات تحریمی از مبادی غیر رسمی	۰/۴۹۲
۹	Q_{29}	شناسایی تهدیدات سایبری و ارائه راهکارهای پدافندی مناسب	۰/۷۴۵
۱۰	Q_{37}	استفاده از عوارض زمین به منظور پنهان‌سازی و دشوار سازی دسترسی افراد متفرقه	۰/۵۵۷
۱۱	Q_{40}	استفاده از شبکه های هوشمند خودکار و حفاظت سایبری مناسب	۰/۷۱۶
۱۲	Q_{41}	قرنطینه سازی قسمت های آلوده به بدافزار	۰/۶۸۱
۱۳	Q_{42}	نصب سریع و به موقع وصله های امنیتی دریافت شده از سوی مراجع ذیربط	۰/۶۶۶

جدول(۴): شاخص‌های مرتبط به عامل‌شماره ۲ (تجهیزات و فناوری‌های نوین، تحریم و بومی‌سازی)و امتیاز عاملی هر شاخص

	شماره گزاره	شاخص های تاب آوری	امتیاز عاملی
۲	Q_6	اقدامات بازدارنده به منظور جلوگیری از حملات بدافزارها به اطلاعات	۰/۴۵۳
۳	Q_{14}	استفاده از نیروی داخلی جهت پایش و راه اندازی سیستم‌ها	۰/۳۷۳
۴	Q_{17}	استفاده از فناوری‌های نوین کنترل و مانیتورینگ مانند فیبر نوری	۰/۶۹۰
۵	Q_{19}	فاصله کوتاهتر واحد کنترل مرکزی CCR از سنسورهای داخلی	۰/۶۵۹
۶	Q_{20}	شناسایی و مقابله با پهپادهای کور کننده سیگنال آنتن‌های انتقال اطلاعات سنسورها	۰/۸۲۱
۷	Q_{24}	پیش بینی تحریم سیستم‌ها و سنسورهای مانیتورینگ	۰/۷۶۶
۸	Q_{25}	بومی سازی قطعات کنترل و مانیتورینگ	۰/۵۹۲
۹	Q_{26}	موازی سازی گشت موتوری و سیستم حفاظت پیرامونی در مناطق مستعد تهدید	۰/۷۰۹
۱۰	Q_{38}	توجه به جنس، تراکم و پایداری زمین در انتخاب مسیر عبور لوله جهت عدم نیاز به بهسازی خاک	۰/۵۰۷
۱۱	Q_{39}	نظارت و کنترل آب‌های زیرزمینی	۰/۶۷۹

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول (۵): شاخص‌های مرتبط به عامل‌شماره ۳ (نظارت، حفاظت اطلاعات و ایجاد حریم) و امتیاز عاملی هر شاخص

	شماره گزاره	شاخص های تاب آوری	امتیاز عاملی
۱	Q_1	حفاظت ار اسناد و نقشه های مرتبط با جانمایی خطوط انتقال	۰/۷۶۵
۲	Q_{10}	رصد و پایش در قسمت‌های حساس منهول کنترل	۰/۸۲۱
۳	Q_{11}	پنهان سازی و مدفون سازی خطوط در عوارض مسکونی و پرجمعیت	۰/۶۰۲
۴	Q_{23}	تدارک سنسورهای نوین لرزه ای جهت شناسایی به موقع حملات	۰/۴۲۳
۵	Q_{30}	ارزیابی و گزارش وضعیت امنیت سایبری موجود در حوزه انرژی	۰/۳۸۵
۶	Q_{31}	تقویت و استقرار واحد حراست	۰/۳۷۷
۷	Q_{32}	ایجاد حریم اختصاصی برای خطوط تغذیه و شبکه های توزیع گاز	۰/۵۹۵
۸	Q_{33}	کنترل سطح دسترسی افراد و عوامل متفرقه	۰/۵۲۱
۹	Q_{34}	جلوگیری از رخنه عوامل خرابکار به کادر کنترل و حفاظت	۰/۴۸۵
۱۰	Q_{36}	حفاظت از اطلاعات مرتبط با مشخصات توپوگرافی زمین	۰/۶۷۱
۱۱	Q_{43}	اقدامات بازدارنده جهت خنثی سازی انفجار درصورت حمله تروریستی	۰/۳۳۷
۱۲	Q_{48}	ممانعت از افشا شدن اطلاعات ماده عبوری	۰/۴۳۰

جدول(۶): شاخص‌های مرتبط به عامل‌شماره ۴ (مکان‌یابی، ایمنی، فنی و مهندسی) و امتیاز عاملی هر شاخص

	شماره گزاره	شاخص های تاب‌آوری	امتیاز عاملی
۱	Q_2	مکانیابی بهینه قسمت‌های حائز اهمیت خطوط انتقال	۰/۵۷۱
۲	Q_3	جایابی و تعیین مسیر بهینه و قابل حفاظت	۰/۴۰۶
۳	Q_4	بازدارندگی و ملاحظات امنیتی در قلمرو سرزمینی	۰/۵۶۴
۴	Q_7	مقاوم سازی خطوط انتقال در برابر حملات و خورندگی	۰/۱۸۹
۵	Q_9	مقابله با حملات نوین مانند استفاده از پهپاد/ریزپرنده	۰/۴۵۳
۶	Q_{12}	جلوگیری از شکست لوله زودتر از عمر مفید آن	۰/۴۴۰
۷	Q_{16}	استفاده از نرم افزار و سخت افزار بومی جهت جلوگیری از رخنه اطلاعاتی	۰/۵۳۰
۸	Q_{18}	فاصله کوتاهتر سنسورهای RTU از یکدیگر جهت کنترل و سرعت ارسال اطلاعات	۰/۴۹۰
۹	Q_{35}	مشخص شدن منابع تامین بودجه و مراحل پرداخت آن	۰/۶۴۷
۱۰	Q_{44}	تکمیل پروژه و تامین حفاظت آن قبل از بهره برداری	۰/۴۲۰
۱۱	Q_{45}	قویت سیستم‌های اطفاء حریق	۰/۴۸۹
۱۲	Q_{46}	برنامه ریزی تامین اعتبارات برای کل پروژه	۰/۲۸۹
۱۳	Q_{47}	شناخت میزان خورندگی محلول به منظور بررسی عمر مفید لوله	۰/۵۹۲
۱۵	Q_{49}	توجه به ایمن سازی و پنهان سازی لوله‌های حامل مواد سمی مانند گاز با H2S بالا	۰/۶۰۶
۱۶	Q_{50}	ارزش اقتصادی و عملکردی محصول یا خوراک عبوری	۰/۶۸۵

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۵- جمع بندی و نتیجه‌گیری

خطوط انرژی یکی از مهم‌ترین و حساس‌ترین زیر ساخت‌های هر کشوری محسوب میشوند که در صورت بروز حادثه عمدی یا غیر عمدی در این خطوط علاوه بر هزینه های گزاف، موجب زیان‌های جبران ناپذیری و وسیعی در محدوده، همچون انفجار و آتش سوزی‌های وسیع می‌شود. همچنین در صورت عدم برنامه ریزی برای افزایش تاب‌اوری در برطرف کردن نیازهای مربوط به این خطوط، در صورت بروز مشکل تداوم بسیاری از فعالیت‌های ضروری با مشکل مواجه خواهد شد. با وجود گسترده بودن دامنه تهدیدات به بیان تعدادی از آن‌ها همچون حمله نظامی پالایشگاه ها و خطوط انتقال انرژی، حملات تروریستی در زمینه تاسیسات انرژی، شکست خطوط انتقال انرژی بر اثر مکان یابی نا صحیح بر روی گسل در زمان زلزله، فرسایش خطوط انتقال انرژی بر اثر عوامل جوی و گذر زمان و حوادث ناشی از آن، عدم توجه به انتقال مناسب خطوط از مسیرهایی با دسترسی محدود، امنیت سرزمین و وجود زیر ساخت‌های لازم، عدم مطالعات کافی در زمینه مسیر های انتقال انرژی و بعضا استفاده از مسیر های طولانی تر و پر هزینه تر، انفجارات ناشی از فعل و انفعالات داخلی لوله، بلایای طبیعی همچون سیل و طوفان، عدم انتخاب خاک با چگالی مناسب برای مسیر عبور لوله ها، عدم مکان یابی و جایگذاری مناسب شیرهای تنظیم فشار، عدم پیش بینی بارهای ضربه ای دینامیکی و بررسی پاسخ رفتاری سازه، خطای انسانی، نرم افزاری، سخت افزاری و سازمانی، عدم پیش بینی احتمال وقوع تهدید و شناسایی ابعاد تهدید، عدم توجه کافی به محافظت از خطوط انتقال انرزی و عدم مطالعات پدافندی و به کارگیری تمهیدات آن به منظور افزایش ایمنی و کاهش آسیب پذیری در این حوزه و عدم شناسایی اثرات ابشاری ناشی از مشکلات قطع عملکرد در سیستم و.... پرداخته شده است.

در این پژوهش ابتدا با مطالعات صورت گرفته شاخص های موثر در افزایش تاب‌آوری پروژه‌های خطوط انتقال فراورده‌های نفتی، در برابر تهدیدات احتمالی استخراج گردید در ادامه با استفاده از تحلیل مولفه‌های اصلی شاخص‌ها با در نظر گرفتن امتیاز عاملی در دیدگاه های مربوط دسته بندی گردیدند. این مهم موجب نظم دهی و تقلیل گزاره‌ها به منظور سهولت در بررسی گردید. همچنین عامل اول دارای امتیاز عاملی بیشتر و در نتیجه اهمیت بیشتری است.

درادامه به بیان پیشنهادات در این حیطه می‌پردازیم این پیشنهادات همان راهکار های افزایش تاب‌آوری و کاهش آسیب پذیری می‌باشد:

۱. مکانیابی مناسب با توجه به عوامل موثر اعم از امنیت سرزمینی و دسترسی محدود به منظور جلوگیری از حملات نظامی و تروریستی

۲. بررسی متناوب عدم شکست پوشش داخلی لوله، عدم شکست بازدارنده‌های داخلی و مهار کننده و کارکرد صحیح پایش و نظارت داخلی

۳. در نظر گرفتن خورندگی سیال عبوری و خوردگی (داخلی یا خارجی)، عدم وجود نقص ساختاری در هنگام ساخت و یا نصب و عدم وجود نقص عملیاتی (نارسایی سامانه)

۴. طراحی مناسب خطوط انتقال انرژی با توجه به فشار داخلی لوله

۵. افزایش تعداد نیروی حراست و تشکیل تیم گشت زنی بااستفاده از افراد بومی در مسیر خط لوله

۶. ایجاد حریم اختصاصی برای خطوط تغذیه و شبکه‌های توزیع گاز

۷. انجام اقدامات پدافندی به منظور پیش بینی تهدیدات نظامی

۸. عدم ایجاد خطوط انتقال انرژی بر روی گسل

۹. تسطیح و کوبیدن محل انتخاب شده و ایجاد شیب در جهت شیب طبیعی زمین و شن ریزی و کوبیدن زمین در صورت پودری بودن زمین

۱۰. بازسازی اساسی کانال‌های آب کشاورزی و مسیل ها در محل تقاطع با مسیر خط لوله به منظور جلوگیری از فرسایش لوله‌ها به دلیل وجود آب راکد در اطراف محل تقاطع

۱۱. تحلیل خطر و بر آورد اصل فایده بر هزینه با توجه به تحلیل ریسک در حفظ و نگهداری از دارایی‌ها

۱۲. بررسی نقشه‌های جایگذاری شیر های تنظیم فشار و همچنین بررسی شیر ها از نظر سالم و تمیز بودن و همچنین گیریس کاری آن ها قبل از نصب

۱۳. محاسبه خطر کمی خطوط لوله و ارائه برنامه نگهداری و تعمیرات برای افزایش قابلیت اطمینان سیستم

۱۴. توجه به نیروی انسانی و ارائه آموزش های لازم به ایشان

۱۵. شناسایی تهدیدات و ابعاد تهدید به منظور عدم غافلگیری در زمان بحران

۱۶. ارزیابی آسیب‌پذیری

۱۷. ایجاد تمهیدات لازم به منظور پایداری لوله در شرایط بارگذاری دینامیکی خط لوله

۱۸. رعایت الزامات HSE

۱۹. بررسی شدت اثرگذاری در وقوع تهدید به عنوان مهم ترین شاخص از دیدگاه پدافند غیرعامل

۲۰. ایجاد تفاهم‌نامه همکاری با نزدیکترین مراکز انتظامی (کلانتری) محدوده خطوط لوله جهت انجام اقدامات لازم در مواقع اضطراری.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

به منظور بهبود مطالعات بـه بیـان پیشـنهادات زیـر بـرای سـایر پژوهشگران می پردازیم:

- استخراج سایر تهدیدات در حوزه خطوط انتقال انـرژی و بیـان راهکارها برای کاهش ریسک و افزایش تاب آوری
- مطالعه اختصاصی و بررسـی گسـترده هـر یـک از تهدیـدات و راهکارهای مقابله و کاهش آسیب پذیری در برابر آن تهدید
- مشاهده میدانی و بررسی موقعیت قرار گیری و جزئیات خطوط انتقال انرژی
- بررسی نتایج پژوهش‌های مشابه بـرای دسـت یـابی بـه نتـایج جدید

۶- مراجع

[1] G. Hajimoradi, A. Rajabpour, and H. Sahami, "Analysis of the distribution of medical services and the optimal location of the hospital in district 4 of Tehran metropolis" Geography and Development, vol. 20 (68), pp. 138-162, 2022. (In Persian)

[2] M. Shahbazi, M. Shafiei, and Z. Abotalebi, "Network approach to critical infrastructure," Strategic Report of the Economic Research Delegation, Center for Strategic Studies, Expediency Council, 2011.

[3] Ramezani, M. R. Malek, H. Sahami, R. Hosnavi, "Vulnerability Assessment of Critical Infrastructure against Acoustic Sensor of Smart and Unmanned Aerial Threats," vol. 2, no. 7, pp. 149-157, 2016. (In Persian)

[4] M. H. Ranjbar, M. Marani, and A.Pirayesh, "Providing a model for assessing the physical protection of critical facilities for passive defense against physical and sabotage threats" Journal of Modern Defense Science and Technology, vol. 8 , no.4 , pp. 387-398 2017 (In Persian)

[5] F. Miraj, M. Abdolahzadeh Rad, and E. Jahani Nik, "Investigating important incidents in National Iranian Oil Company", Scientific monthly of oil and gas exploration & production. no: 1, 2018 (In Persian)

[6] M. Joneidi, O.R. Mikaeeli and M. Nabegheh, "Investigating the threats and vulnerabilities of energy transmission lines with passive defense approach," Safe City Journal, vol. 1, no. 4 , 2019 (In Persian)

[7] Abbasi, "The assessment of the perception of United States threat against I.R.Iran" vol. 11, no. 37, 2012 (In Persian)

[8] M. H. Ranjbar, and A. Pirayesh " Provide a way to assess and reduce the risk of the power system against terrorist threats" Journal of Modern Defense Science and Technology, vol. 7 , no. 4, pp. 387-398 , 2016 (In Persian)

[9] L. Meng, Q. Kang, C. Han, and M. Zhou, "Determining the Optimal Location of Terror Response Facilities under the Risk of Disruption"; IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., vol. 19, pp. 476 – 486, 2018.

[10] P. Heyrani and A. Baghaei, "Risk assessment of oil and gas transmission lines based on fazy tie-Bow" , Quarterly journal of health and occupational safety, vol. 6, no. 1, 2017. (In Persian)

[11] M. Pourhossein Zakariaei, S. Faridnia, and A. Ghrbani, " The experience of Iranian project managers in construction of water and oil and gas transmission lines based on quality management and cost reduction," Journal of Civil Engineering and Research, no. 1, 2018. (In Persian)

[12] Z. Tabatabayii, "Geopolitical Analysis of energy's transportation Routs in khazar sea, M.A thesis of Tarbiyat modares University, 2005.

[13] S. R. Moosavi, Y. Peivastegar, and H. Kalantari Khalilababd, "Vulnerability of critical infrastructures against manmade threats, Case study: Civil International Airports" Secure city, vo. 1, no. 3 , 2018. (In Persian)

[14] C. Alcaraza and S. Zeadally, "Critical infrastructure protection: Requirements and challenges for the 21st century". International journal of critical infrastructure protection, pp. 53–66, 2015.

[15] G. Brown, M. Carlyle, J. Salmeron, and K. Wood, "Analyzing the Vulnerability of Critical Infrastructure to Attack and Planning Defenses".Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS),USA. 2005

[16] H. Sahami and M. H. Masoomian, "Methods for protecting critical infrastructure in the oil and gas industry and providing vulnerability reduction solutions based on risk management," The first national and international conference on crisis management in pipelines and facilities, Tehran, 2021. (In Persian)

[17] F. Rigas, "safety of buried pressurized gaz piplines near explosion source", proceedings of 1th st mandala gas processing symposium. H. alfodalo.g.v. rex reklaitis and m.m el-halwagi (editors), 2010.

[18] S. Wold, K. Esbensen, and P. Geladi, " Principal component analysis: an appropriate tool for water quality evaluation and management_ application to a tropical lake system ," Ecological Modelling, vol. 178(3), pp. 295-311, 1987.

[19] M. Eskandari, B. Omidvar, M. Modiri, and M. A. Nekoei, "Providing the pattern for the prioritization of critical infrastructures in targeted attacks," Crisis Management Quarterly no. 16, 2018. (In Persian)

[20] A.Mohtadi, ,R. Hejazi, S.A. Hosseini, and M. Momeni," Application of principal component analysis technique in straw data of variables affecting stock returns," Accounting, financial and auditing research, vol, 10, no. 27, pp. 25-52, 2018 (In Persian)

[21] F. Mohades, "Method of analyzing basic components and investigating factors: A Case Study of extracting asset price index and investigating its effect on inflation ," Central Bank Library www.cbi.ir 2020 (In Persian)

Archive of SID.ir