Scientific Journal of Passive Defence
Vol. 14, No. 1, Spring 2023, Serial No. 53
ISSN: 2980-8030 , E-ISSN: 2008-6849

Passive Defense Components in the Design of Storage Tanks for Hazardous Chemical Industries

M. Modiri *, A. Aslani Katouli, Y. Mosaei Oskooi, B. Salehi
*Professor, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran
(Received: 30/01/2022, Revised: 05/04/2022, Accepted: 15/10/2022, Published: 21/04/2023)
DOR: 20.1001.1.20086849.1402.14.1.2.2

ABSTRACT

Every year, many irreparable accidents occur in process systems such as oil, gas and petrochemicals due to their acute operating conditions and the large volume of flammable and explosive materials they contain. Process industries often deal with hazardous chemicals and operating units under high temperature and pressure conditions such as transmission lines, condensing facilities and reactors. One of the most important units of these industries are storage tanks, which are located in all stages of process industries. According to studies and studies in this field, there are several solutions for the privacy of tanks, but they have not been studied from the perspective of passive defense. Therefore, we considered it necessary to conduct a special study on creating a relatively safe space for these storage tanks. The purpose of this study is to investigate the components of passive defense in the design of storage tanks for hazardous chemical industries. The method of this research is developmental-applied in terms of type and descriptive-analytical -survey in terms of research method, in which it answers through questions, interviews and data collection and factor analysis (PCA). In terms of how to collect data, it is a field method that includes collecting initial data by methods such as observation, questionnaire, interview and review of documents of constructed projects. Factor analysis with SPSS with high degree of certainty is a way to reduce the dimensions of a problem with many variables in statistical modeling, thus 4 areas of 40 main components, which show the highest variability in the model (without using the main variables) Give, was determined. According to experts, these four areas were named "passive defense area," "crisis management area," "process area" and "health, safety and environmental safety area." These factors can be introduced as hidden variables. In the next step to identify and rank the key factors of success (CSF), variables were ranked in each area. Dangerous chemical industries have been stored in storage tanks.

Keywords: Hazardous Chemical Industries, Ppetrochemical Industries, Reservoirs, Storage Tanks, Factor Analysis, Relatively Safe

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: mmodiri@ut.ac.ir

نشریه علمی پدافند غیرعامل

سال چهاردهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، (پیاپی ۵۳): صص ۲۴-۱۱

علمی- پژوهشی

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

موئلفه‌های دفاع غیرعامل در طراحی حریم مخازن ذخیره صنایع شیمیایی خطرزا

مهدی مدیری[۱*]، ابوالفضل اسلانی کتولی[۲]، یونس موسایی اسکویی[۳]، بهنام صالحی[۴]

DOR: 20.1001.1.20086849.1402.14.1.2.2

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۱/۱۶ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۲/۰۱

چکیده

هر ساله حوادث غیرقابل جبران بسیار زیادی در سیستم‌های فرآیندی نظیر نفت، گاز و پتروشیمی بخاطر شرایط حاد عملیاتی و حجم بسیار زیاد مواد قابل اشتعال و انفجاری که دارند اتفاق می‌افتد. صنایع فرآیندی اغلب با مواد شیمیایی خطرزا و واحدهای عملیاتی تحت شرایط دما و فشار بالا نظیر خطوط انتقال، تاسیسات میعانی و راکتورها سروکار دارند. یکی از مهم‌ترین واحدهای این صنایع، مخازن ذخیره هستند که در تمامی مراحل صنایع فرآیندی قرار دارند. طبق بررسی‌ها و مطالعات انجام گرفته در این زمینه، راهکارهای متعددی برای حریم مخازن وجود دارد اما از منظر پدافند غیرعامل بررسی نشده‌اند. از این رو لازم دانستیم که مطالعه‌ای ویژه در خصوص ایجاد حریمی نسبتا امن برای این مخازن ذخیره اتخاذ گردد. هدف از انجام این مطالعه بررسی موئلفه‌های پدافند غیرعاملی در طراحی حریم مخازن ذخیره صنایع شیمیایی خطرزا است. روش انجام این پژوهش به لحاظ نوع، توسعه‌ای- کاربردی و از لحاظ روش تحقیق، توصیفی- تحلیلی- پیمایشی می‌باشد که در آن، از طریق پرسش، مصاحبه و جمع‌آوری اطلاعات و تجزیه و تحلیل عاملی (PCA) به پاسخ می‌رسد، از لحاظ نحوه جمع‌آوری داده‌ها، روش میدانی بوده که شامل جمع‌آوری داده‌های اولیه به روش‌هایی مثل مشاهده، پرسشنامه، مصاحبه و بررسی اسناد پروژه‌های ساخته‌شده می‌باشد. تجزیه و تحلیل عاملی با SPSS با میزان قطعیت بالا روشی برای کاهش ابعاد یک مسئله با متغیرهای زیاد در مدل‌سازی آماری است، به این ترتیب ۴ حوزه از ۴۰ موئلفه اصلی، که بیشترین میزان تغییرپذیری را در مدل (بدون استفاده از متغیرهای اصلی) نشان می‌دهند، تعیین شد. که با نظر خبرگان این چهار حوزه به نام‌های "حوزه پدافند غیرعامل" و "حوزه مدیریت بحران" و "حوزه فرآیندی" و حوزه بهداشت، ایمنی و امنیت محیطی" نام‌گذاری شدند. این عوامل را به عنوان متغیرهای پنهان می‌توان معرفی کرد که جنبه‌ای از ویژگی‌های غیرقابل اندازه‌گیری را مشخص می‌کنند. در گام بعدی برای شناسایی و رتبه‌بندی عوامل کلیدی موفقیت (CSF)، اقدام به رتبه‌بندی متغیرها در هر حوزه گردید. در پایان نیز به‌منظور کاربردی نمودن پژوهش به ارائه ملاحظات و راهکارهای پدافند غیرعاملی در حریم مخازن ذخیره صنایع شیمیایی خطرزا پرداخته شده است.

کلید واژه‌ها: صنایع شیمیایی خطرزا، صنایع پتروشیمی، حریم مخازن، مخازن ذخیره، تحلیل عاملی، نسبتا امن

[۱] استاد گروه برنامه‌ریزی شهری - پژوهشکده برنامه‌ریزی شهری - دانشگاه مالک اشتر- تهران - ایران- نویسنده مسئول (mmodiri@ut.ac.ir)

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد، پژوهشکده انرژی، مجتمع پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

[۳] دانشیار شیمی آلی، مجتمع مواد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

[۴] پژوهشگر، پژوهشکده انرژی، مجتمع پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

* 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

۱- مقدمه

به عقیده بیشتر صاحب‌نظران جهانی مجتمع‌های پتروشیمی، پایانه‌های نفتی، پالایشگاه‌ها، و خطوط لوله، جهت حملات نظامی اهداف بسیار مناسب و مطلوبی به شمار می‌روند، چراکه از نظر روانی و رسانه‌ای بسیار خبرساز بوده و پیامدهای حمله به اینگونه تاسیسات بسیار شدید است. این زیرساخت‌های حیاتی، هم بعنوان اهداف مناسبی برای انهدام سرمایه‌های مادی و هم به عنوان اهداف سیاسی، محسوب می‌گردند [۱].

در پالایشگاه‌های صنعت پتروشیمی انواع مختلف مخازن مواد خطرناک که می‌تواند ایجاد خطر (انفجار، آتش‌سوزی) نمایند، وجود دارند. به همین منظور پالایشگاه‌های پتروشیمی لزوماً باید به گونه‌ای طراحی شوند تا ریسک وقوع چنین اتفاقاتی به حداقل برسد. در بسیاری از موارد عواقب انفجار در بخشی از پالایشگاه، تأثیرات مستقیمی بر روی تأسیسات دیگر بخش‌ها دارد. که علت اصلی آن ارزیابی نادرست در زمینه‌ی حریم مخازن در تاسیسات پتروشیمی است. انفجارهای تروریستی در مجتمع‌های پتروشیمی از جمله مواردی هستند که نیاز به توجه خاصی دارند.

طراحی نسبی ایمن‌سازی ذاتی روشی است تا به جای کنترل تهدیدات یا ابزارهای نظیر کاهش میزان مواد و تعداد واحدهای عملیاتی خطرناک در تاسیسات شیمیایی، از بروز آن‌ها جلوگیری نماییم. در حال حاضر نگاه مدیریتی مجموعه‌های تولیدی و فرآوری مواد شیمیایی کشورمان در زمینه اقدامات ایمن سازی عمدتا مبتنی بر تقویت ساختارهای واحدهای بهداشت، ایمنی و محیط زیست و نیز ابزارهای کنترلی و ابزار دقیق جهت کنترل حوادث می باشد که در ۱۰ سال اخیر اصول پدافند غیرعامل در تاسیسات خاص مدنظر قرار گرفته است. این در حالی است که با طراحی نسبتا امن با شناخت موئلفه‌های تاثیرگذار درطراحی حریم مخازن ذخیره می‌توانند در بلندمدت، سطح بالاتری از ایمنی، تداوم تولید و پایداری بیشتر به همراه سودآوری بیشتر را برای تاسیسات مربوطه فراهم نماید. پیاده سازی این امر نیازمند آگاهی بیشتر طراحان واحدهای فرآیندی در سه سطح مهندسی، تدارکات، ساخت و راه‌اندازی مدیران عملیاتی و پیمانکاران تاسیسات شیمیایی در زمینه اصول طراحی نسبتا امن می باشد[۲].

مخازن ذخیره‌سازی مواد شیمیایی خطرزا به دلیل ماهیت (قابلیت اشتعال و سمّی بودن) و مقادیر فراوان مواد ذخیره‌شده در آن (میلیون‌ها لیتر)، یک منبع خطر بسیار جدی و مهم برای کارکنان و تجهیزات خود از یک سو و مردم، ساختمان‌ها، اماکن و محیط زیست همجوار از سویی دیگر، محسوب می‌شوند. عوامل خارجی فراوانی این توانایی را دارند که این خطر بالقوه را تبدیل به بالفعل نموده و حوادث ناگواری را باعث شوند. این عوامل می‌توانند عوامل صنعتی (نقایص فرآیندی، معایب تجهیزاتی، خطاهای انسانی و ...)، عوامل طبیعی (زلزله، سیل، صاعقه و ...) و یا عوامل عمدی (حملات نظامی، خرابکاری،تروریستی، اغتشاش و...) باشند. به دلیل آن که استقرار مخازن شیمیایی در کنار بافت‌های مسکونی، موجب خسارت و سلب آسایش و امنیت شهروندان می‌شود، در حفظ و حراست و همچنین جانمایی مخازن ذخیره صنایع شیمیایی، برخی ضوابط ایمنی و حریم حفاظتی برای ایجاد فضای نسبتا امن باید در نظر گرفته شود.

شکل(۱): ضرورت انجام تحقیق با اقتباس از [۳]

۱-۱- ویژگی و انواع تهدیدات در زیرساخت‌های صنایع شیمیایی

انگیزه‌ها و مشوق‌ها برای حمله به تاسیسات و دارایی های صنعت نفت و پتروشیمی متنوع می باشد. اقدامات نظامی در نیجریه، پاکستان و هندوستان با این انگیزه و هدف انجام می‌شود که مهاجمان معتقدند که منافع ملی سرزمین‌شان به‌طور ناعادلانه‌ای در کشور تقسیم می‌شود. در عراق حمله مخالفان به تاسیسات و کارکنان به این منظور انجام می‌شود تا از رسیدن نفت این کشور به آمریکا و متحدانش جلوگیری شود و موجب بی ثباتی و فروپاشی دولت مرکزی گردد. گروه القاعده از مدت‌ها قبل دریافته است که صنعت نفت و گاز پاشنه آشیل غرب و حامیان غربی آن می‌باشد و هرگونه اقدام خرابکارانه به‌منظور قطع تولید نفت و گاز، مخصوصا از ناحیه خاورمیانه، می تواند در نهایت موجب گردد تا رکود اقتصادی آمریکا و برخی متحدانش حادث گردد. ظهور روسیه به‌عنوان منبع اصلی نفت و گاز موجب می گردد تا از واقعی شدن این تهدید جلوگیری به عمل آید، اما در هر حال خطر بالقوه برای قطع صادرات نفت و ایجاد خسارت‌های اقتصادی همواره از جانب گروه القاعده وجود دارد [۴].

۱-۲- تهدیدات مربوط به زیرساخت‌های صنایع شیمیایی

صنایع شیمیایی، جهت تهاجم دشمن به‌ویژه حملات هوایی بسیار مناسب می‌باشند. قرار گرفتن مخازن ذخیره‌سازی فرآورده‌های شیمیایی و تاسیسات پالایشگاهی نفتی در دسترس و دید، این ایده را به ذهن متبادر می‌نماید که موثرترین روش برای فلج نمودن حکومت در وظایف خدمات‌رسانی همچون سوخت حمل و همچنین تجارت نفت و محصولات شیمیایی از منطقه خاورمیانه، تدارک دیدن حملات هوایی علیه این مخازن و تاسیسات می‌باشد. تهدیدات زیادی برای عرضه محصولات پتروشیمی وجود دارند که همگی این تهدیدات به‌خوبی برای این صنعت شناخته شده هستند در ذیل به چند مورد از آن‌ها اشاره شده است [۵].

۱-۲-۱- نفوذ و خرابکاری

دشمن برای افزایش نارضایتی عمومی و به‌منظور از کار انداختن تاسیسات و سامانه های مستقر در پالایشگاه و به چالش کشیدن سامانه‌های امنیتی، با استفاده از راه‌های نفوذ و جمع‌آوری اطلاعات و عملیات خرابکارانه با استفاده از نیروهای نفوذی و افراد ناراضی از نظام و یا با استفاده از کارکنان مجموعه با استفاده از راه‌های تطمیع، تهدید، ترغیب و .. نسبت به وارد نمودن ضربه به تاسیسات و تجهیزات موجود در مجموعه پالایشگاه اقدام می‌نماید. گروه‌های سرسپرده به بیگانگان، چه در زمان جنگ و چه بعد از آن و در شرایط کنونی به‌منظور به چالش کشاندن حکومت در مسایل داخلی و خارجی و خوش خدمتی به بیگانگان همواره بر آن بودند با انجام فعالیت های جاسوسی و خرابکارانه، اطلاعات مهم سیاسی و نظامی کشور را به بیگانگان داده و در بعد سیاست خارجه کشور را دچار مشکل نموده و با انجام فعالیت‌های تروریستی و خرابکارانه، وضعیت امنیت داخلی کشور را به چالش کشند و از این طریق به حکومت و نظام ضربه وارد نمایند.

سرویس‌های جاسوسی دشمن با استفاده از گروه‌های سرسپرده به جمع‌آوری اطلاعات مورد نظر از طرق مختلف و حتی با به کارگیری کارکنان مجموعه هدف با استفاده از راه‌های تهدید، تطمیع، اغفال، فریب و ... به‌دست می‌آورد. در این راست افراد غیرمتعهد و ناراضی از نظام به دشمن در دست‌یابی به اطلاعات بسنده نمی‌کنند و برای تضعیف و ایجاد ناامنی و به چالش کشاندن حکومت کشور ایران، دست به اقدامات خرابکارانه و تروریستی می‌زنند [۵].

۱-۲-۲- عملیات روانی

بروز شایعات، خرید عوامل انسانی و مواردی از این دست علاوه بر اثرات فیزیکی، اثرات روانی نیز بر مردم خواهند گذاشت. این نوع تهدیدات که در زمره تهدیدات نرم قرار می‌گیرند می‌توانند در سطوح مختلف برنامه‌ریزی شده و تبعات زیادی را بر مردم وارد آورد که موجبات گسترش نارضایتی و بی‌اعتمادی به مسئولین خواهد شد. شایعاتی نظیر تعطیلی، احتمال خرابی و نظایر آن می‌تواند تاسیسات مهم تولید بنزین مثال پالایشگاه اصفهان که تولید یک سوم بنزین کشور را بر عهده دارد بحران جدی را در سطح جامعه پدید آورند. عملیات روانی می‌تواند در دو سطح مختلف طبقه‌بندی گردد یکی بر علیه کارکنان شاغل در پالایشگاه و دیگری بر علیه جامعه [۱].

۱-۲-۳- حمله سایبری

حمله سایبری ابزاری است که می‌تواند گام برداشتن در مسیر ناتوان‌سازی زیرساخت‌ها را تسهیل نماید؛ چرا که به طور همزمان تلاش دارد ضمن نابودسازی سامانه‌های رایانه‌ای و با واردکردن آسیب‌های جدی به ارتباطات رایانه‌ای، کنترل دستگاه‌ها و تجهیزات مرتبط با سامانه‌های رایانه‌ای را در موقعیت استیصال و ناتوانی قرار دهد. امروزه با توسعه و گسترش رایانه‌ها و استفاده از آن‌ها در زمینه‌های مختلف و همچنین گسترش شبکه‌های رایانه‌ای و سامانه‌های باز، راه برای نفوذ به سامانه‌ها توسط مزاحمان باز شده و شبکه‌های رایانه‌ای بیش از هر زمانی احساس خطر می‌کنند؛ بنابراین در این راستا شبکه‌های رایانه‌ای به دنبال تمهیداتی‌اند تا بتوانند در مقابل این مزاحمان مقاومت کرده و اجازه ورود آن‌ها به سامانه را ندهند.

به گزارش خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا)، بنا بر اعلام موسسه امنیتی سیمانتک، حملات سایبری هدفمند رو به افزایش هستند، صنایع دفاعی و شیمیایی- دارویی از جمله صنایعی هستند که بیش‌تر از سایرین مورد حمله قرار گرفته‌اند. شرکت‌های دفاعی روزانه با بیش از هفت حمله مواجه شدند و شرکت‌های داروی شیمیایی هدف تعداد کمتری از حملات قرار گرفتند. این موضوع طی سه سال اخیر تشدید شده و در دیگر حوزه‌ها مانند نظام توزیع و انتقال برق، هسته‌ای و نظام بانکی وزارت نفت چندین مورد گزارش شده است. در این رابطه، باید تهدید سایبری را بسیار جدی گرفت؛ چرا که یکی از عرصه‌هایی است که دشمن در آن سرمایه‌گذاری قابل توجهی انجام داده است و همچنین در برنامه آینده خود، توسعه ظرفیت‌های سایبری را سازمان‌دهی نموده‌است [۶].

۱-۲-۴- سنجنده‌های فضا پایه دشمن

یکی از مهم‌ترین تهدیدات علیه تاسیسات مهم کشور، بهره‌گیری دشمن از مجموعه سنجنده‌های از راه دور است که می‌توانند به راحتی تمامی تاسیسات و نیز فعالیت‌های توسعه و تولید را مشاهده کنند. به علاوه، دشمن با هوشمندی تمام و با استفاده از تمامی ظرفیت‌های دانشی و فناورانه خود علیه کشور عمل می‌کند. طبق اطلاعات و تحلیل‌ها، می‌توان اظهار داشت که قطعا دشمنان به اطلاعات مربوط به زیرساخت‌های صنایع شیمیایی کشور دسترسی دارند. لذا یکی از تهدیداتی که بر پایه اطلاعات جمع‌آوری شده توسط سنجنده‌ها و دیگر ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات متصور است، تهدید نظامی علیه تاسیسات شیمیایی می‌باشد [۵].

۱-۲-۵- تهدید هم افزایی

هم‌افزایی به‌عنوان عامل اساسی و تهدید مهم در این صنایع می‌باشد، در نتیجه یک هدف جذاب برای اقدامات دشمن به شمار می‌آید. لذا کنترل هم‌افزایی خطرات و آسیب پذیری‌ها و تهدیدات یک امر بسیار مهم و کلیدی در کنترل و مدیریت صحنه می‌باشد. تهدیدات یک امر بسیار بسیار مهم و کلیدی در کنترل و مدیریت صحنه می‌باشد [۱].

۱-۲-۶- عملیات تروریستی و بمب‌گذاری

حملات تروریستی و بمب‌گذاری می‌تواند توسط عوامل و یا یگان‌های نفوذی، علیه سایت‌ها، ساختمان‌ها و تاسیسات پالایشگاهی و در بعضی موارد کارکنان کلیدی صورت بگیرد. علاوه‌بر ملاحظات امنیتی، توجه به ملاحظات سازه‌ای و معمارانه نیز نقش حیاتی در خنثی‌نمودن آثار مخرب حمله‌های تروریستی دشمن دارند. در ادامه انواع روش‌های بمب‌گذاری آمده است:

الف) بمب‌گذاری با خودرو؛

ب) بمب گذاری درون جعبه ثابت؛

ج) بمب گذاری در بدن انسان (حملات انتحاری)

صنایع پتروشیمیایی به‌عنوان بخش مهم و حساسی از زیرساخت‌های ملی هر جامعه توسعه یافته‌ای در جهان محسوب می‌گردد. اقدامات خرابکارانه انجام شده توسط گروه‌های شبه نظامی، به‌طور مرتب، ایمنی کارکنان و امنیت فعالیت‌های عملیاتی و بهره‌برداری را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد، اما اخیرا خطر تهدیدات خرابکارانه در سطح جهانی توسط گروه‌هایی مانند «گروه القاعده»، به طور فزاینده‌ای رشد کرده است. اهداف مورد نظر برای حملات خرابکارانه، به شدت متنوع‌اند، اما خطوط لوله و مخازن نگهداری مواد شیمیایی و کارکنان شاغل در این صنعت، اهداف بسیار برجسته‌ای محسوب می‌شوند. بهبود امنیت در صنعت نفت و گاز، مهاجمان را مجبور کرده‌است تا روش و فنون خود را ارتقا دهند. وجود حفاظ امنیتی مناسب در نزدیکی تاسیسات نفت و گاز، از امکان حملات خرابکارانه به روش‌های سنتی جلوگیری می‌کند. شواهدی موجود است که نشان می‌دهد خرابکاران از اوایل سال ۲۰۰۷ به بعد، به طور رو به رشدی از تسلیحاتی مانند موشک‌های آزاد، پرواز، انواع راکت‌ها و خمپاره اندازها استفاده می‌کنند. این تسلیحات در شمار تسلیحات از راه دور محسوب می‌گردند که به مهاجمان اجازه می‌دهد در یک فاصله امن از اهداف مورد نظر، اقدام به عملیات خرابکارانه نمایند و پس از آسیب‌رسانی به سرعت و به آسانی محل را ترک نمایند. [۷]

۱-۲-۷- تهدیدات مهم دیگر

اعتصاب کارگری یا تاخیرات ناشی از بی‌ثباتی‌های سیاسی محلی، باتوقف موقتی تاسیسات تولیدی، سرقت مواد شیمیایی جزء مهم‌ترین تهدیداتی است که صنایع شیمیایی را مورد هدف قرار می‌دهد. پالایشگاه‌ها در بیشتر موارد، در نزدیکی و مجاورت پهنه‌بندی‌های بشری با جمعیت متراکم قرار گرفته‌اند. تهدید ناشی از تهاجم علیه بخش شیمیایی به‌عنوان نگرانی واقعی برای این صنعت و همچنین دولت به شمار می‌رود؛ چرا که دامنه این صنعت محدود نیست و بر اساس طبیعت آن، می‌بایست به عنوان یک راهبرد فراملی و ریشه‌دار در نظر گرفته شود. حملات به‌طور فزاینده پیچیده، گسترده و مداوم بر علیه زیرساخت‌های صنعت شیمیایی و همچنین کارکنان این صنعت، یک الگوی پایدار و موثر برای این صنعت ارایه می‌دهد. به‌عنوان مثال تجربه به‌دست آمده از نحوه مواجهه و هدف قرار دادن زیرساخت‌های صنعت شیمیایی در عراق می‌تواند هم برای امروز و هم آینده، جهت به کارگیری در دیگر تاسیسات، زیرساخت‌ها و کارکنان واقع در منطقه خاورمیانه و به‌طور اجتناب ناپذیری در سطح جهانی، به کار گرفته شود.

یک حمله مخرب روی خطوط لوله و انبار سوخت و یا پالایشگاه در نزدیکی مناطق پر جمعیت می‌تواند محیط زیست را نابود سازد، تعداد زیادی از انسان ها را به مرگ می‌کشاند و مهاجمان و دشمنان را در جهت رسیدن به اهداف و تبلیغات شان یاری نماید. نتایج گسترده‌تر یک تهاجم، نوسانات قیمت ها در بازار می‌باشد. در زمان بی‌ثباتی و ناپایداری قیمت‌ها و بازارهای عرضه محصولات نفتی، برنامه‌ریزان بودجه‌ای در صنعت نفت، به‌دنبال آن هستند تا پیش‌بینی‌های دراز مدت و نزدیک به واقعیتی را انجام دهند که برای بازارهای تجاری بین المللی مطلوب و مناسب باشد. در نهایت این حملات منجر به افزایش قیمت محصولات نفتی در زمان تحویل و ناامید شدن مردم و آشفته نمودن افکار عمومی می‌گردد [۶].

۱-۳- مخازن ذخیره صنایع شیمیایی خطرزا

در صنایع شیمیایی، مواد ارزشمند، مانند بنزین یا گاز مایع طی فرایندهای مختلفی از مواد شیمیایی خام مانند نفت خام جدا می‌شود و یا از آن‌ها بوجود می‌آید. چند راه برای انتقال مواد خام از منابع تامین‌کننده به واحد فرایندی وجود دارد که بر حسب مورد و شرایط از یکی از آن‌ها مانند خطوط انتقال و یا تانکر استفاده می‌شود. همچنین محصولات تولیدی نیز به روش‌های مختلف به بازار داخلی و یا خارجی عرضه می‌شود. به دلایل زیادی از جمله یکسان کردن کیفیت محصول، اندازه‌گیری حجم محصول جهت فروش، امکان بارگیری و انتقال به تانکر و یا کشتی در حداقل زمان ممکن و ... سبب می‌شود تا مواد محصول را بعد از تولید در مخازن یا تانک‌های مناسب ذخیره نمایند. از اصطلاح تانک برای ظروف ذخیره‌سازی بزرگ و با کاربرد جابجا کردن، ذخیره‌سازی، اندازه‌گیری و حمل و نقل مایعات استفاده می‌گردد. به عبارت دیگر مخازن چند وظیفه اصلی به عهده دارند:

۱- ذخیره مواد اولیه و خوراک واحدها

۲- ذخیره مواد واسطه، که در فرایند تولید می‌شود

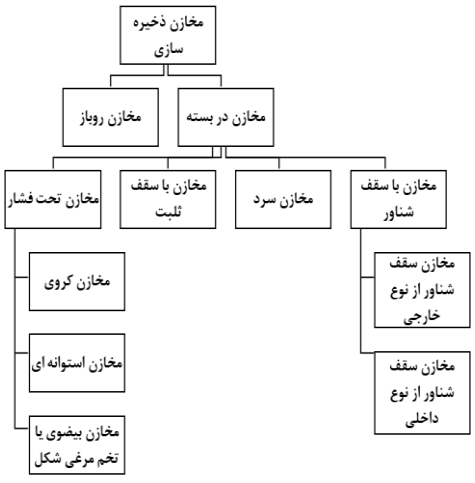
۳- ذخیره فرآورده‌ها

۴- ذخیره مواد برای بارگیری و پخش

۵- همسان نمودن کیفیت محصول

۶- معیاری جهت اندازه‌گیری حجم خوراک و محصول تولید شده

به‌طور کلی یک تقسیم‌بندی جامع و یکسان برای مخازن ذخیره وجود ندارد. طبقه‌بندی مخازن می‌تواند از دیدگاه‌های متفاوتی مانند شکل هندسی، نوع سیال و یا برحسب فشار بخار ماده ذخیره شده در آن باشد. در شکل زیر، یک طبقه‌بندی از مخازن آورده شده است [۸].



شکل (۲): طبقه بندی انواع مخازن ذخیره

۱-۴- طراحی نسبتا امن

امنیت نسبی رویکردی است که بر حذف یا کاهش خطرات مرتبط با مجموعه‌ای از شرایط تمرکز دارد. یک فرآیند تولید شیمیایی در صورتی نسبتا امن است که خطرات مرتبط با مواد و عملیات مورد استفاده در فرآیند را کاهش داده یا از بین ببرد و این کاهش یا حذف دائمی و غیرقابل تفکیک باشد. فرآیند شناسایی و اجرای امنیت نسبی در یک زمینه خاص، طراحی نسبتا امن نامیده می‌شود. فرآیندی با خطرات کاهش یافته در مقایسه با فرآیندی که فقط کنترل های غیرفعال، فعال و رویه ای دارد، نسبتا امن توصیف می‌شود. با این حال، یک فرآیند ایمن نباید «نسبتا امن» در نظر گرفته شود. یا «کاملاً امن» در حالی که اجرای مفاهیم امنیت نسبی یک فرآیند را در جهت کاهش ریسک حرکت می‌دهد، اما همه خطرات را حذف نمی‌کند. [۹]

این نوع طراحی رویکردی است که طراح را تشویق می‌کند تا به جای پذیرش وجود خطرات (فیزیکی، ذاتی و فرآیندی) شناسایی شده در هر مرحله از چرخه فرآیند و در هر سطح از فرآیند و طراحی صنعت، تلاش کند تا خطرات (فیزیکی، ذاتی و فرآیندی) را حذف یا به حداقل برساند. با طراحی سیستم‌های امن ممکن است همیشه حذف یا کاهش خطرات امکان‌پذیر نباشد، اما رویکرد طراحی نسبتا امن ایجاب می‌کند که قبل از حرکت به سمت مشخصات تجهیزات و روش‌های مدیریت ریسک نتایج مطلوب‌تری کسب شود. توصیف یک فرآیند به‌عنوان "نسبتا امن" تنها در زمینه خطرات خاص یا زیرمجموعه ای از خطرات قابل انجام است و برای طراحی فرآیند امن‌تر باید مدیریت همه عوامل خطرساز در نظر گرفته شود. بنابراین، یک جایگزینی (نسبی) ممکن است یک نوع خطر را از بین ببرد، اما مستلزم توسعه رویه‌های عملیاتی استاندارد جدید (رویه‌ای) برای مدیریت نوع دیگری است [۹].

۲- روش تحقیق

۲-۱- پیشینه تحقیق

در پژوهش [۱۰] سیدی برای برنامه‌ریزی کاربری اراضی همجوار انبار نفت بر مبنای تهدیدات نظامی متصور بر روی این انبارها و پیامدهای ناشی از مورد هدف قرار گرفتن آن‌ها (موج انفجار، انتشار بخارات سمی و گرمای تشعشعی)، یک مدل ارایه داده است. سلطانی و همکاران در پژوهش [۱۱]، بررسی‌های پژوهشی نشان می‌دهد از نظر اهمیت دارایی ها به‌ترتیب تأسیسات نفت و گاز، زیرساخت ارتباطات، تأسیسات برق و تأسیسات آب و فاضلاب حائز بیشترین ارزش هستند. همچنین دوازده تهدید مورد ارزیابی قرار گرفت که در این بین بترتیب احتمال وقوع

حملات هوایی و موشکی، حملات شیمیایی - میکروبی و هسته‌ای و تهدیدات زیستی بیشترین احتمال وقوع را دارا هستند. و در پایان راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری و ریسک بیان شده است. در پایان نامه [۳] علی نوائی به تدوین تحقیق، تحلیل آسیب‌پذیری و تأمین امنیت و ارائه نقاط قوت و ضعف در مجتمع‌های پتروشیمی در برابر تهدیدات احتمالی و کاهش خطراتی همچون آتش‌سوزی و انفجار می‌باشد. همچنین در پژوهش [۱۲]، هدف اصلی این مقاله طراحی الگویی برای مدیریت بحران در صنعت پتروشیمی می‌باشد. جهت دستیابی به این موضوع داده ها با تکنیک تحلیل عاملی و با استفاده از نرم افزار spss تحلیل شد. در نتیجه این عوامل به چهار گروه پیشگیری، آمادگی، بعد واکنش و پساواکنش تقسیم گردید.

برای اینکه طراحی به‌صورت نسبتا امن اجرایی شود می بایست تمامی موئلفه ها اهم از درونی و بیرونی مربوط به تجهیزات و تاسیسات صنایع شیمیایی خطرزا را مدنظر قرار داد لذا در پژوهش حاضر سعی شده است تمامی جوانب اهم از ذاتی یا درونی و بیرونی همچون عوامل طبیعی و محیطی و آمایشی مورد بررسی قرار گیرد.

جنبه‌ی نوآوری این پژوهش این دلیل می‌باشد که موئلفه های موثر زیادی از جهات مختلف در صنایع شیمیایی خطرزا وجود دارند که باعث جلوگیری از ایجاد حوادث، مخاطرات و تهدیدات بر مخازن ذخیره صنایع شیمیایی خطرزا خواهند شد، لذا این پژوهش، با جمع‌آوری و شناسایی موئلفه‌های تاثیرگذار سعی در دسته‌بندی و اولویت‌گذاری مولفه‌های احصاشده می‌نماید.

۲-۲- نمونه و روش نمونه‌گیری

صنایع شیمیایی خطرزا، مجتمع‌های نفت و پتروشیمی و صنایع مرتبط در این حوزه بعنوان جامعه آماری مدنظر جهت جمع‌آوری داده‌های اولیه شناسایی شدند. سپس با حضور در شرکت‌ها با مدیر پروژه، سرپرست کارگاه، مهندسان خبره در این حوزه مصاحبه صورت گرفت. جدول مورگان یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای محاسبه حجم نمونه آماری است و به ازای مقادیر مختلف از اندازه‌های جامعه با استفاده از فرمول کوکران به دست آمده است. در این فرمول سطح اطمینان ۹۵ درصد و سطح خطا ۵ درصد در نظر گرفته شد.

به تعداد ۵۶ پرسشنامه در شرکت‌ها و کارگاه‌ها و پژوهشکده‌های پدافند غیرعامل توزیع گردید که از این تعداد ۵ مورد آن را مصاحبه تشکیل می‌دهد. با هماهنگی متخصصین حوزه مورد مطالعه، تعداد ۶ ایمیل ارسال گردید و نیز ۶۰ پرسشنامه آنلاین از طریق پیام‌رسان درج گردید که نرخ بازگشت پاسخ ۷۵٪ می‌باشد.

با توجه به اینکه ضریب آلفای کرونباخ ۰/۸۴، مقدار این ضریب عددی بالاتر از ۰/۷ بدست آمد، که بیانگر پایایی مطلوب پرسشنامه مورد نظر می‌باشد. همچنین بمنظور تایید روایی(اعتبار) داده‌های آمار عددی پرسشنامه‌های توزیع شده تمامی داده‌ها و مراحل، به تایید خبرگان و مدیران مربوطه رسیده است.

۲-۳- مراحل پژوهش

تجزیه و تحلیل عاملی (Factor Analysis) در حقیقت تکنیکی است که برای کاهش تعداد زیادی از متغیرها در یک مدل آماری به کار می‌رود. به این ترتیب ترکیب خطی از موئلفه ها هر یک از متغیرهای اصلی را بازسازی می‌کند. توجه داشته باشید که تعداد این موئلفه‌ها بسیار کمتر از تعداد متغیرهای اصلی است. این روش از همه متغیرها حداکثر واریانس مشترک را استخراج کرده و آن‌ها را در یک امتیاز یا موئلفه مشترک قرار می‌دهد. به این ترتیب عامل یا عامل هایی می‌توانند نماینده‌ای برای تغییرات مدل به جای متغیرها باشند. به این ترتیب در مدل‌سازی به جای متغیرهای معمول می‌توان از عامل‌ها استفاده کرد. گاهی به عامل‌های حاصل از تحلیل عاملی، «متغیر پنهان» (Variable Latent) نیز گفته می‌شود. در این پژوهش به بررسی تحلیل عاملی با SPSS خواهیم پرداخت [۱۳]. در این پژوهش سعی شده است که ۴۰ موئلفه شناخته شده مؤثر بر تعیین حریم نسبتا امن مخازن ذخیره برای دسته‌بندی و شناخت موئلفه‌های پدافند غیرعاملی در طراحی استفاده شوند و اقدام به ارائه راهکارها و ملاحظات پدافند غیرعاملی شده است. به همین منظور از روش تحلیل عاملی (PCA) استفاده شده است. این روش بصورت کلی در ۵ مرحله شامل:

شکل (۳): مراحل انجام تحلیل عاملی

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مرحله ۱: شاخص KMO و آزمون بارتلت

آماره KMO، این شاخص مقدار آن در بازه ۰ تا ۱ تغییر می‌کند. بزرگ‌بودن این مقدار نشان‌دهنده قدرت یا بهبود درجه پیش بینی هر متغیر توسط سایر متغیرها است که در عین حال مجموع خطا آن نیز ناچیز است. مشخص است که نزدیکی این مقدار به عدد صفر نشانگر ضعیف‌بودن مدل پیش‌بینی بوده و امکان استفاده از EFA را توجیه نمی‌کند. در صورتی که مقدار کمی کمتر از ۰/۵ باشد داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب نخواهد بود و اگر مقدار آن بین ۰/۵ تا ۰/۶۹ باشد می‌توان با احتیاط بیشتر به تحلیل عاملی پرداخت اما در صورتی که مقدار آن بیشتر بزرگتر از ۰/۷ باشد همبستگی‌های موجود در بین داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب خواهد بود.

اگر P-Value آزمون بارتلت کوچک تر از ۵ درصد باشد تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار مناسب است زیرا فرض شناخته شده بودن ماتریس همبستگی رد می‌شود. از این رو مطابق جدول (۲)، با توجه به اینکه مقدار شاخص KMO بیش از ۰،۵ و P-Value کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد، ماتریس و داده‌های موجود شرایط لازم برای تحلیل PCA را دارد. همچنین نتایج آزمون کرویت بارتلت نیز معنی‌دار است، به این مفهوم که فرض مخالف تایید می‌شود، یعنی بین متغییرها همبستگی معنا داری وجود دارد.

جدول (۱): آزمون بارتلت و شاخص KMO

مقدار شاخص KMO		۰.۷۶۵
آزمون بارتلت	مقدار آماره آزمون بارتلت (تقریبی از آماره کای دو)	۹۷۰۱.۰۲۳
	درجه آزادی	۵۶۹
	P-Value	۰.۰۰۰

۳-۲- مرحله ۲: تهیه جدول اشتراکات[1]

ستون اول جدول (۲) ناظر به متغیرهای ورودی یا همان سوالات پرسشنامه است. ستون دوم جدول (۲) تخمینی از واریانس هر یک از متغیرهای ورودی است که توسط کلیه مولفه‌ها تبیین می‌شوند. در رویکرد تحلیل مولفه‌های اصلی، به تعداد متغیرهای ورودی، مؤلفه خواهیم داشت و از اینرو ۱۰۰٪ کل واریانس هر متغیر توسط مولفه‌ها قابل توضیح است. در این راستا ستون سوم از جدول (۲) دربرگیرنده برآوردی از واریانس هر متغیر است که توسط مولفه‌های استخراج شده یا همان مولفه‌های اصلی تبیین می‌گردد. از آنجا که همه مقادیر ستون سوم جدول اشتراکات قابل توجه و معنی‌دار است (بالاتر از ۰/۶ می‌باشد)، می‌توان اینگونه استدلال نمود که مولفه‌های استخراج شده جایگزین و نماینده مناسبی از متغیرهای ورودی هستند.

جدول (۲): جدول اشتراکات

عنوان موئلفه	factor	Initial	Extraction
تجهیزات امداد رسانی و آتشنشانی	M1	۱	۰/۸۰۶
سطح آمادگی و کیفیت چارت مدیریت بحران مجتمع	M2	۱	۰/۸۰۰
سطوح آمادگی مقابله با پیامدهای ثانویه تهدید	M3	۱	۰/۷۷۷
عوامل تهدید (عوامل داخلی(نارضایتی پرسنل ...) عوامل خارجی (ستون پنجم ...))	M4	۱	۰/۸۹۴
ابزار تهدید (توصیف تهدید)	M5	۱	۰/۸۴۸
میزان تهدید (شدت خسارت)	M6	۱	۰/۸۰۲
زاویه برخورد عامل انفجار	M7	۱	۰/۵۶۹
ابعاد انتشار موج انفجار (یک یا دو یا سه بعدی)	M8	۱	۰/۷۸۸
شرایط جوی منطقه (دمای محیط، رطوبت منطقه، فشار منطقه، سرعت و جهت باد، پایداری جوی، تشعشع خورشیدی)	M9	۱	۰/۷۵۹
میزان اهمیت ماده شیمیایی خطرزا	M10	۱	۰/۸۰۲
موقعیت ژئوپلیتیکی (قلمرو سرزمینی (میانی، مرزی، مرکزی))	M11	۱	۰/۸۲۷
کاربری اراضی پیرامون تاسیسات	M12	۱	۰/۶۸۰
شرایط توپوگرافی منطقه	M13	۱	۰/۷۸۶
قابلیت رویت و شناسایی (باچشم مسلح/غیرمسلح)	M14	۱	۰/۸۹۷
دسترسی های پیرامونی سایت	M15	۱	۰/۶۵۷
الزامات ایمنی، زیست محیطی و سلامت با محوریت مخازن تحت فشار	M16	۱	۰/۷۶۱
سطح تراز قرارگیری مخزن (مخازن	M17	۱	۰/۶۸۰

[1] Communalities

سطحی/مدفون/نیمه مدفون)			
نوع مخزن ذخیره مواد شیمیایی خطرزا	M18	۱	۰/۹۵۶
نوع مخزن از نظر فرایند (مخازن خوراک ورودی/میانی/فرآورده)	M19	۱	۰/۹۹۶
سطح کیفیت سیستم های پایش گاز و آتش (F&G)	M20	۱	۰/۸۶۲
استحکام/فرسودگی سازه مخازن ذخیره مواد شیمیایی خطرزا	M21	۱	۰/۸۰۸
قابلیت تخلیه اضطراری مخزن	M22	۱	۰/۹۳۲
پیامدهای رهایش مواد شیمیایی خطرزا	M23	۱	۰/۸۹۶
الزامات امنیتی و حفاظت پیرامونی	M24	۱	۰/۷۵۹
جانمایی مخازن در سایت(همجواری با تاسیسات و یا مخازن محدوده تانکفارم)	M25	۱	۰/۸۶۹
شیرها و خروجی ها	M26	۱	۰/۸۴۶
نازل ها و درچه ها	M27	۱	۰/۸۶۸
لوله های متصل به مخزن	M28	۱	۰/۷۹۴
پمپ ها و جریان سنج ها	M29	۱	۰/۷۶۷
مبدل های گرمایی	M30	۱	۰/۷۵۸
بازرسی مجموعه اجزا سازه ای	M31	۱	۰/۸۶۵
بازرسی مجموعه تاسیسات، مخازن و غیره	M32	۱	۰/۵۹۳
بازرسی مجموعه سایر اجزا	M33	۱	۰/۵۷۰
دسترسی به مراکز امدادی و درمانی	M34	۱	۰/۹۶۵
قابلیت واکنش پذیری مواد شیمیایی خطرزا	M35	۱	۰/۸۹۰
دمای خود اشتعالی مواد شیمیایی خطرزا	M36	۱	۰/۸۴۶
نقطه اشتعال مواد شیمیایی خطرزا	M37	۱	۰/۸۹۰
حداقل انرژی احتراق مواد شیمیایی خطرزا	M38	۱	۰/۹۴۹
نوع ماده شیمیایی خطرزا	M39	۱	۰/۹۵۶
پارامترهای مهندسی سازه مخزن (ابعاد، ارتفاع و هندسه تجهیزات)	M40	۱	۰/۹۵۴

Extraction Method: Principal Component Analysis.

۳-۳- مرحله ۳: جدول مقادیر ویژه و درصد واریانس‌های شناسایی شده مولفه‌های اصلی متغیرهای ورودی

در این مرحله صرفاً مولفه‌هایی استخراج می‌شوند که مقادیر ویژه تعلق گرفته به آن‌ها بالاتر از ۱ باشد. در جدول (۳) مقادیر ویژه یا درصد واریانس متغیرهای ورودی که توسط هر یک از مولفه‌ها قابل شناسایی و تبیین است ارائه شده است. همچنانکه دیده می‌شود تنها ۴ مولفه اصلی اول دارای مقادیر ویژه بزرگتر از یک هستند بنابراین همانطور که در بخش‌های قبلی بدان اشاره گردید تنها مقادیر بزرگتر از یک به عنوان مولفه‌های اصلی نگه داشته می‌شوند. از سوی دیگر دیده می‌شود که با نگه داشتن این ۴ مولفه اصلی در حدود ۹۸،۰۸۴ درصد از واریانس کل شناسایی می‌گردد. به عبارت دیگر می‌توانیم پیچیدگی مجموعه داده‌ها را با در نظرگرفتن همین ۴ مولفه و از دست‌دادن تنها ۲ درصد از اطلاعات، بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهیم.

جدول (۳): مقادیر ویژه استخراج شده

Total Variance Explained

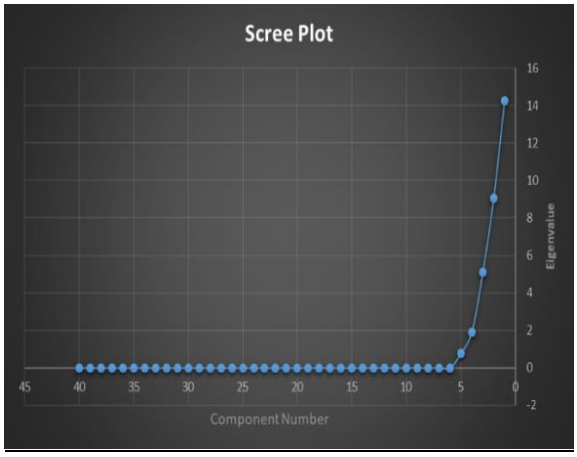
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	14.252	35.630	35.630	14.252	35.630	35.630
2	9.064	22.661	58.291	9.064	22.661	58.291
3	5.091	12.728	86.274	5.091	12.728	86.274
4	1.917	4.794	98.084	1.917	4.794	98.084
5	.767	1.916	1			
6	3.328E-15	8.319E-15	1			
7	2.424E-15	6.060E-15	1			
8	1.978E-15	4.944E-15	1			
9	1.897E-15	4.743E-15	1			
10	1.641E-15	4.102E-15	1			
11	1.393E-15	3.482E-15	1			
12	1.221E-15	3.052E-15	1			
13	1.057E-15	2.642E-15	1			
14	9.780E-16	2.445E-15	1			
15	8.835E-16	2.209E-15	1			
16	7.548E-16	1.887E-15	1			
17	6.483E-16	1.621E-15	1			

18	5.788E-16	1.447E-15	1			
19	4.528E-16	1.132E-15	1			
20	3.813E-16	9.531E-16	1			
21	2.891E-16	7.227E-16	1			
22	2.582E-16	6.454E-16	1			
23	9.722E-17	2.430E-16	1			
24	-1.061E-16	-2.653E-16	1			
25	-1.711E-16	-4.278E-16	1			
26	-3.490E-16	-8.725E-16	1			
27	-4.346E-16	-1.087E-15	1			
28	-4.545E-16	-1.136E-15	1			
29	-6.162E-16	-1.541E-15	1			
30	-6.828E-16	-1.707E-15	1			
31	-8.027E-16	-2.007E-15	1			
32	-9.120E-16	-2.280E-15	1			
33	-9.812E-16	-2.453E-15	1			
34	-1.093E-15	-2.733E-15	1			
35	-1.241E-15	-3.102E-15	1			
36	-1.492E-15	-3.731E-15	1			
37	-2.024E-15	-5.060E-15	1			
38	-2.743E-15	-6.857E-15	1			
39	-2.783E-15	-6.957E-15	1			
40	-3.783E-15	-7.957E-15	1			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

۳-۴- مرحله ۴: رسم نمودار بازویی Scree Plot: برای تعیین نقاط شکست و زانویی

در نمودار ۱، نمودار لگاریتمی Scree Plot نمایش داده شده است. در این نمودار نقطه‌ی شکست و تعداد موئلفه‌هایی که قبل از آن وجود دارند حائز اهمیت می‌باشند، چراکه تعداد حوزه‌های همچنانکه در این نمودار نیز دیده می‌شود تنها ۴ مولفه اصلی اول دارای مقادیر ویژه بزرگتر از یک هستند. از سوی دیگر در مولفه اصلی ۴ ام نقطه زانویی وجود دارد که باز هم بیانگر آن است که باید ۴ مولفه اصلی اول نگه داشته شوند. مولفه‌های قرار گرفته بر روی شیب کند نمودار مشارکت ناچیزی در خروجی نهایی داشته و از اینرو حذف خواهند شد. از این جهت می‌توان گفت چهار حوزه بدست آمده در مقادیر استخراج شده در جدول (۳) به درستی برگزیده شده است.



نمودار (۱): Scree Plot

۳-۵- مرحله ۵: جدول ماتریس مولفه‌ها

تاکنون، نتیجه گرفتیم که ۴۰ متغیر ما مطابق نمودار Scree Plot ۴ حوزه اساسی را اندازه گیری می‌کنند. ماتریس مولفه همبستگی پیرسون ارتباط بین مشاهدات و مولفه‌ها را نشان می‌دهد. این همبستگی‌ها را «بار عاملی» (Factor Load) می‌نامند. این ماتریس مطابق جدول (۴) نشان می‌دهد که هر یک از مولفه‌ها نماینده کدامیک از متغیرهای ورودی یا همان سوالات پرسشنامه هستند. همانطور که در جدول (۴) مشخص است مولفه‌ی ۸ همبستگی بالایی با سوالات ۴، ۵ و ۶ پرسشنامه دارد.

۳-۶- نام‌گذاری عوامل اصلی، در الگوی طراحی حریم نسبتا امن مخازن صنایع شیمیایی خطرزا

پس از تجزیه و تحلیل موئلفه های تاثیر گذار، در این بخش با توجه به ماهیت موئلفه‌های موجود در هر عامل یا حوزه، با مشورت خبرگان اقدام به نام گذاری حوزه ها گردید. حوزه ها به نام های "پدافند غیرعامل"، "مدیریت بحران"، "فرآیندی" و "بهداشت، ایمنی و محیط امنیتی یا HSSE" نام‌گذاری شده‌اند. باتوجه به اینکه در دسته‌بندی انجام شده ملاک عمل سهولت در تفهیم و پیاده‌سازی معیارها از اولویت‌های ما می‌باشد، لذا برخی از این ۴ حوزه را به زیردسته‌های مشخصی تقسیم‌بندی نموده‌ایم. با نگاه به شکل (۴) ملاحظه می‌شود این تقسیم‌بندی عبارتند از: حوزه پدافند غیرعامل شامل: دو زیر مجموعه تهدید و آمایش و مکانیابی، حوزه فرآیندی شامل: دو زیرمجموعه مشخصات شیمیایی و فیزیکی مواد و اجزای سازه‌ای.

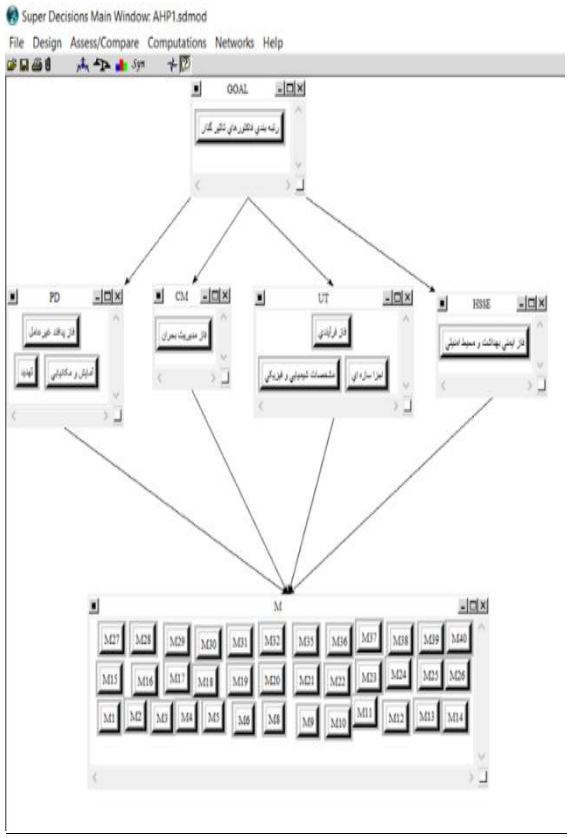
جدول (۴): امتیازات ماتریس مولفه‌ها برای هر یک از شاخص

Component Matrix[a]				
factor	Component			
	1	2	3	4
M1	0/459	-0/011	0/456	0/921
M2	0/510	0/980	-0/404	-0/226
M3	0/462	0/765	-0/189	0/038
M4	0/798	0/480	-0/329	0/526
M5	0/702	0/104	-0/650	-0/126
M6	0/879	-0/793	-0/400	-0/275
M7	0/452	-0/171	-0/347	0/311
M8	0/796	0/463	0/210	-0/363
M9	-0/856	0/122	0/405	0/895
M10	0/457	0/308	0/698	-0/417
M11	0/763	0/043	-0/035	-0/035
M12	0/813	0/406	0/151	-0/214
M13	0/856	-0/678	0/161	0/426
M14	0/709	-0/231	0/505	-0/041
M15	0/638	-0/646	0/419	0/374
M16	0/358	-0/271	0/427	0/694
M17	0/291	0/145	0/375	0/844
M18	0/536	-0/713	0/689	0/101
M19	0/459	-0/302	0/777	-0/519
M20	0/056	0/840	0/374	-0/359
M21	0/560	0/658	0/504	-0/175
M22	0/083	0/985	-0/320	-0/438
M23	-0/539	0/816	0/409	-0/143
M24	0/953	0/456	-0/042	-0/016
M25	0/836	0/293	0/355	-0/030
M26	-0/173	0/089	0/795	-0/560
M27	0/109	0/134	0/709	0/329
M28	0/459	0/099	0/683	-0/600
M29	0/306	-0/199	0/950	0/020
M30	0/503	0/101	0/720	0/442
M31	-0/086	-0/879	0/345	0/806
M32	0/426	-0/237	-0/066	0/953
M33	-0/415	0/167	0/362	-0/280
M34	0/211	0/263	0/356	0/255
M35	0/354	0/147	0/806	0/316
M36	0/007	0/374	0/694	0/403
M37	0/037	0/029	0/759	0/047
M38	-0/024	0/098	0/931	0/261
M39	0/394	-0/299	0/761	-0/508
M40	0/545	0/084	0/691	0/463

*- سه سطر M7, M33, M34 با توجه به نداشتن مقادیر و امتیازات بالا در هیچ یک از مولفه‌ها، حذف شدند. همچنین مواردی که تیره شدند نشان از سوالات و متغیرهای با درجه اهمیت بالاتر هستند که هر کدام در دسته مولفه‌های خود قرار می‌گیرند.

۳-۷- رتبه‌بندی مولفه‌های تاثیرگذار در حوزه‌ها

پس از بررسی صورت گرفته در خصوص مولفه های پدافند غیرعاملی در طراحی حریم مخازن و همچنین گروه بندی شاخص‌های تاثیرگذار در حوزه مورد مطالعه به روش تحلیل عاملی، به یکی از مهم‌ترین اهداف پژوهش یعنی اولویت بندی مولفه‌های طراحی حریم مخازن در صنایع شیمیایی خطرزا پرداخته شده و یا به عبارت دیگر جستجوی حوزه و یا عوامل کلیدی موفقیت برای اجرایی‌شدن در اولویت قرار گرفته است.



نمودار (۱): نمودار درختی تصمیم

برای تعیین ارزش و رتبه‌بندی مولفه‌های تاثیرگذار با قرار دهی مقایسات زوجی در هر حوزه جداگانه در نرم افزار سوپردسیژن استفاده شده است. روش پاسخ‌دهی در این نرم افزار بر اساس مدل ANP می باشد. نتایج حاصل از این نرم افزار در جدول (۵) قابل ملاحظه می باشد.

جدول(۵): امتیاز موئلفه‌های تاثیرگذار در حوزه‌ها

رتبه	مشخصه	عنوان	درصد وزنی
حوزه اول پدافند غیرعامل			
زیرمجموعه اول تهدید			
۱	M5	ابزار تهدید (توصیف تهدید)	۰/۵۲
۲	M6	میزان تهدید (شدت خسارت)	۰/۲۷
۳	M8	ابعاد انتشار موج انفجار (یک یا دو یا سه بعدی)	۰/۱۷
۴	M4	عوامل تهدید (عوامل داخلی(نارضایتی پرسنل ...) عوامل خارجی (ستون پنجم ...))	۰/۰۴
زیرمجموعه دوم آمایش و مکانیابی			
۱	M25	جانمایی مخازن در سایت(همجواری با تاسیسات و یا مخازن محدوده تانکفارم)	۰/۲۷
۲	M12	کاربری اراضی پیرامون تاسیسات	۰/۲۰
۳	M15	دسترسی‌های پیرامونی سایت	۰/۱۷
۴	M13	شرایط توپوگرافی منطقه	۰/۱۳
۵	M24	الزامات امنیتی و حفاظت پیرامونی	۰/۱۰
۶	M11	موقعیت ژئوپلیتیکی (قلمرو سرزمینی (میانی، مرزی، مرکزی))	۰/۱۰
۷	M14	قابلیت رویت و شناسایی (باچشم مسلح/غیرمسلح)	۰/۳۰
		حوزه دوم مدیریت بحران	
۱	M23	پیامدهای رهایش مواد شیمیایی خطرزا	۰/۴۵
۲	M21	استحکام/فرسودگی سازه مخازن ذخیره مواد شیمیایی خطرزا	۰/۲۰
۳	M35	قابلیت تخلیه اضطراری مخزن	۰/۱۵
۴	M37	سطح آمادگی و کیفیت چارت مدیریت بحران مجتمع	۰/۰۹
۵	M38	سطوح آمادگی مقابله با پیامدهای ثانویه تهدید	۰/۸۰
۶	M36	سطح کیفیت سیستم های پایش گاز و آتش F&G	۰/۳۰
حوزه سوم فرآیندی			
زیرمجموعه اول مشخصات فیزیکی و شیمیایی مواد			
۱	M10	میزان اهمیت ماده شیمیایی خطرزا	۰/۳۸
۲	M39	نوع ماده شیمیایی خطرزا	۰/۱۲
۳	M35	قابلیت واکنش پذیری مواد شیمیایی خطرزا	۰/۲۰
۴	M37	نقطه اشتعال مواد شیمیایی خطرزا	۰/۱۰
۵	M38	حداقل انرژی احتراق مواد شیمیایی خطرزا	۰/۱۰
۶	M36	دمای خود اشتعالی مواد شیمیایی خطرزا	۰/۱۰
زیرمجموعه دوم اجزا سازه‌ای			
۱	M18	نوع مخزن از نظر فرایند (مخازن خوراک ورودی/میانی/فرآورده)	۰/۳۲
۲	M19	نوع مخزن ذخیره مواد شیمیایی خطرزا	۰/۲۳
۳	M28	لوله‌های متصل به مخزن	۰/۱۴
۴	M40	پارامترهای مهندسی سازه مخزن (ابعاد، ارتفاع و هندسه تجهیزات)	۰/۱۳
۵	M29	پمپ‌ها و جریان سنج‌ها	۰/۰۶
۶	M26	شیرها و خروجی‌ها	۰/۰۵
۷	M27	نازل‌ها و درچه‌ها	۰/۰۴
۸	M30	مبدل‌های گرمایی	۰/۰۳
حوزه چهارم بهداشت، ایمنی و محیط امنیتی یا HSSE			
۱	M17	سطح تراز قرارگیری مخزن (مخازن سطحی/مدفون/نیمه مدفون)	۰/۲۹
۲	M1	تجهیزات امدادرسانی و آتش‌نشانی	۰/۲۱
۳	M9	شرایط جوی منطقه (دمای محیط، رطوبت منطقه، فشار منطقه، سرعت و جهت باد، پایداری جوی، تشعشع خورشیدی)	۰/۱۶
۴	M31	بازرسی مجموعه اجزا سازه‌ای	۰/۱۴
۵	M32	بازرسی مجموعه تاسیسات، مخازن و غیره	۰/۱۱
۶	M16	الزامات ایمنی، زیست محیطی و سلامت با محوریت مخازن تحت فشار	۰/۰۹

۴- نتیجه‌گیری

پس از دسته‌بندی و همچنین رتبه‌بندی موئلفه‌های مورد نظر، با توجه به ماهیت موئلفه‌های موجود در هر عامل یا حوزه، با مشورت خبرگان اقدام به نام‌گذاری حوزه‌ها گردید. همان‌گونه که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، موئلفه‌های استخراج شده به صورت کلی در ۴ حوزه و ۳۷ زیر معیار قرار گرفته‌اند. حوزه‌ها به نام‌های "پدافند غیرعامل"، "مدیریت بحران"، "فرآیندی" و "بهداشت، ایمنی و محیط امنیتی یا HSSE" نام‌گذاری شده‌اند.

شکل (۴): مدل کلی مولفه‌های دفاع غیرعامل در حریم امن مخازن ذخیره صنایع شیمیایی خطرزا

۴-۱- ارائه ملاحظات مولفه‌های دفاع غیرعامل در طراحی حریم مخازن

مخازن ذخیره‌سازی شامل : مخازن مراکز بهره برداری نفت و گاز، کارخانجات گاز و گاز مایع، پالایشگاه‌های نفتی و گازی ، مجتمع‌های صنایع پتروشیمی و پایانه‌های صادراتی و وارداتی مواد نفتی می‌گردد. در ادامه به ارائه ملاحظات مولفه‌های دفاع غیرعامل در طراحی حریم مخازن ذخیره صنایع شیمیایی خطرزا پرداخته می‌شود.

- در صورت عدم وجود دیوار حفاظتی، پیرامون مخازن (Boundry Wall) احداث چنین دیواری جهت جمع‌آوری مایعات نفتی خروجی غیرقابل کنترل از مخازن ضروری است. در صورت امکان حجم باید بیست درصد بیش از حجم مخازن باشد و در صورت امکان شرایط ذکر شده برای هر مخزن باند مستقلی در نظر گرفته شود.
- سیستم تخلیه سریع مایعات خروجی مخزن و هدایت آن با استفاده از شیب زمین و هدایت آن به محل‌های امن.
- در صورت امکان، هر مخزن برای آب و کف پاشی و اطفاء حریق و خنک‌کردن قابل دسترس باشد.
- در شرایط جنگی روی مخازن رنگ استتار زده شود.
- لوله‌های ورودی به داخل باند مخازن دارای دو شیر باشند، یکی خارج از باند و دیگری داخل باند، یکی از این شیرها علاوه براینکه با دست باز و بسته می‌شود، مکانیکی هم باشد.
- در صورت امکان لوله‌های داخل باند مخازن به داخل کانال‌های روبسته بتونی منتقل گردند.
- در ساخت مخازن ذخیره سوخت با ظرفیت‌های بیشتر تا ۵۰ میلیون لیتر می‌بایست بر اساس استانداردهای بین المللی طراحی و ساخته شوند.
- ساخت و سازهای بتنی در محل برای مقاومت در برابر فشارهای بیش از حد نسبتا بالا که در آن، بتن پیش‌ساخته اقتصادی یا کاربردی نیست، استفاده می‌شود. دیوارهای برشی، در برابر بارهای جانبی مقاومت می‌کند. سازه، برای حمایت از بارهای عمودی به چارچوب فولادی یا بتنی سازه‌ای بستگی دارد. ضخامت دیوارهای بتنی و اندازه و مکان فولاد مسلح می‌تواند طوری انتخاب شود که در برابر بارهای انفجاری پیش بینی شده مقاومت کند. این ساخت و ساز، بیشتر برای فشارهای انفجاری با فشار بیش از 7psi (۴۸ کیلوپاسکال) مورد نیاز است [۱۴].
- خواص فولادها و مواد مصرفی در ساخت مخازن با شاخصه‌های متفاوتی از قبیل استحکام مکانیکی، انعطاف‌پذیری، سختی، چقرمگی و استحکام خستگی بستگی دارد. این شاخصه‌ها علاوه بر تعیین مقاومت کافی مصالح در مقابل بارهای اعمالی برسازه‌ها، نشان‌دهنده

قابلیت جوشکاری در شرایط معین و شکل‌پذیری نیز می‌باشد که به ضرورت نوع سازه و کاربرد آن برای طراح حائز اهمیت می‌باشد. استانداردهای معتبر مورد استفاده در این زمینه: ASME ,ASTM , AWS , DIN و BS می‌باشد.

- فاصله، به عنوان فاصله‌ای از یک سطح مخزن به سطح مخزن دیگر و تابعی از قطر بزرگ‌ترین مخزن است. اگر شرایط ناسازگاری، مانند تأسیسات آبی محافظت‌کننده در برابر آتش ضعیف، آتش‌نشانی دشوار، دسترسی ضعیف، آب‌بندی ضعیف و زه‌کشی ضعیف، وجود داشت، فاصله را باید تا حداقل ۵۰٪ افزایش داد.
- در جایی که مخازنی با بیش از ۵۰۰۰۰۰ بشکه (۸۰۰۰۰ مترمکعب) وجود دارند، حداقل فاصله بین آن‌ها را تا ۱۰۰۰ فوت (۳۰۵ متر) افزایش دهید.
- مخازن ذخیره را در ارتفاع کمتری از سایر موارد قرار دهید تا از جریان یافتن مایعات یا گازها به سمت تجهیزات یا ساختمان‌ها و در معرض قراردادن آن‌ها پیشگیری شود. مخازن را در جهت سایر مناطق قرار دهید.
- مخازن ذخیره اتمسفری و مخازن فشار را در حداکثر دو ردیف و نزدیک به یک جاده یا مسیر دسترسی قرار دهید تا امکان دسترسی کافی آتش‌نشانی وجود داشته باشد.
- از آنجا که لوله‌کشی‌های موجود در زمین، معمولا ۱۰ یا ۱۵ دقیقه بعد از قرار گرفتن در معرض آتش، از کار می‌افتند، حداقل مطلق تعداد لوله، دریچه و فلانژ را در دایک قرار داده شود. پمپ ها، چندراهی دریچه ها و لوله‌های انتقالی را در بیرون از دایک‌ها یا مناطق ذخیره نصب گردد.
- مخازنی با دایک یا زه‌کشی صحیح را دور از امکانات ذخیره، فراهم کنید.
- فاصله مخازن را طوری تعیین کنید که شدت شعاع حرارتی آتش‌سوزی، کمتر از چیزی باشد که محتویات مخازن مجاور را شعله‌ور کند. تلورانس مخازن به شعاع حرارتی را می‌توان به وسیله این موارد افزایش داد:
  - رنگ‌کردن مخازن با یک رنگ بازتاب‌دهنده (معمولا سفید یا نقره‌ای)
  - ایجاد یک اسپری آبی ثابت یا سامانه خنک‌کنندگی سطح مخزن؛
  - عایق‌کردن سطح مخزن برای مقاومت در برابر آتش [۱۴].
  -

۴-۲- جمع‌بندی

در جمع‌بندی پژوهش حاضر با عنوان موئلفه‌های دفاع غیرعامل در طراحی حریم مخازن ذخیره صنایع شیمیایی خطرزا، می‌توان بیان کرد برای نخستین بار تلاش شده‌است که تمامی موئلفه‌های تاثیرگذار در طراحی حریم مخازن ذخیره صنایع شیمیایی خطرزا به صورت چند حوزه اصلی جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل گردد. هدف اصلی از انجام این تحقیق، ارائه الگویی برای ایجاد حریم نسبتا امن مخازن ذخیره سازی صنایع شیمیایی خطرزا (با توجه به ماهیت این مخازن و لزوم بهره‌برداری مداوم) بر اساس نیازمندی‌های پدافند غیرعامل بود. مطالعات تکمیلی این تحقیق در چند محور اصلی هدایت شده اند، که این محورها عبارت‌اند از مطالعه بر روی صنایع شیمیایی خطرزا و جایگاه آن در صنعت نفت و گاز و پتروشیمی، مطالعه برای دستیابی به موئلفه‌های تاثیرگذار در طراحی حریم نسبتا امن و دسته‌بندی آن‌ها به عوامل اصلی و فرعی، مطالعه در مورد جایگاه هر یک از موئلفه‌های احصاشده برای دستیابی و شناسایی عوامل موفقیت مدل و در انتها ارائه ملاحظات و راهکارهای پدافند غیرعاملی در طراحی حریم مخازن صنایع شیمیایی خطرزا می‌باشد.

۵- مراجع

[۱] ح. ا. سهامی، حفاظت از صنایع نفت، گاز و پتروشیمی،تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۹۹.

[۲] ح. باغنده، ر. بازشوشتری و م. اینانلو، ایمن سازی ذاتی تاسیسات شیمیایی از منظر پدافند غیرعامل، در هفتمین همایش سراسری پدافند جنگ نوین دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ۱۳۹۶.

[۳] ع. نوائی، "طراحی و تدوین الزامات کاهش آسیب پذیری در سایت های پتروشیمی در مقابله با تهدیدات آتش سوزی و انفجار،" پایان نامه دوره کارشناسی ارشد پدافند غیر عامل گرایش طراحی، ص.۷ ، ۱۳۹۶.

[۴] ج. سالیوانت، حفاظت راهبردی از زیرساخت های حیاتی، ترجمه محمد ابراهیم نژاد، ۱۳۸۹.

[۵] ح. ا. سهامی، حفاظت از زیرساخت های صنایع شیمیایی و مواد خطرزا، تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۹۹.

[6] M. Ouyang, L. Hong, Z. Maoa, M. Yua and F. Qi, "A methodological approach to analyze vulnerability of interdependent infrastructures.," Simulation Modelling Practice and Theory, vol. 17, no. 5, pp. 817-828, 2009 .

[۷] غ. جلالی فراهانی، م. ع. نکوئی، آ. ع. عباس زاده، م. ح. توفیقی و ز. تقی پور، امنیت و تاب آوری شبکه زیرساخت های حیاتی، تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۹۹.

[۸] ا. طاهری، "بلاگ نوین پارسیان" ، ژانویه ۲۰۲۲. [درون خطی]. https://blog.novinparsian.com,

[9] E. Al-Mutairi, M. Suardin and S. Mannan, "The Use and Storage of Methyl Isocyanate (MIC) at Bayer CropScience," 4 The Concepts of Inherently Safer Processes and Assessment, pp. 59-60, 2008 .

[۱۰] م. سیدی، الزامات پدافند غیرعامل در کاربری های همجوار انبارهای نفت (انبار نفت شمال شرق تهران) ، در پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ۱۳۹۰.

[۱۱] ع. سلطانی، س. ر. موسوی و ن. زالی، تحلیل و ارزیابی ریسک زیرساخت‌های منطقه‌ای از منظر پدافند غیرعامل نمونه موردی: منطقه صنعتی پارس یک جنوبی، فصلنامه علمی برنامه ریزی منطقه ای، جلد ۷، شماره ۲۵، صص.۹۶-۸۳، ۱۳۹۶.

[۱۲] ا. رحیمی، ح. ا. جوانمرد و س. ا. نیلی پورطباطبایی، طراحی الگویی راهبردی برای مدیریت بحران در صنعت پتروشیمی، نشریه پژوهش های مدیریت راهبردی، جلد ۲۲، شماره ۶۱، صص ۱۱۴-۹۹، ۱۳۹۵..

[۱۳] فرادرس، ۳۰، شهریور ۱۳۹۹. [درون خطی]. https://blog.faradars.org

[14] P. B. Summers, Design of Modular Blast-Resistant Steel-Framed Buildings in Petrochemical Facilities, Structures Congress 2008 .

[15] V. Cozzani and M. D.Christoud, "Application of land-use planning criteria for the control of major accident hazards: A case-study," Journal of Hazardous Materials, vol. 136, no. 2, pp. 170-180, 2006 .

[۱۶] غ. جلالی فراهانی، قدمه ای بر روش و مدل برآورد تهدیدات در پدافند غیرعامل، تهران: دانشگاه جامع امام حسین، ۱۳۹۱.