Journal of Health

Vol. 10, No. 3, Autumn 2019, Pages 312-324

Environmental Assessment of Styrene as a Dangerous Substance Entering the Container Terminal Using the ALOHA and PHAST Softwares (Case Study: Bandar Imam Khomeini)

Ghashghaei R[1], Sabzghabaei G.R[2], Dashti S*[3], Jafari Azar S[4], Salehipour F[4]

1. MSc Student, Departmnat of Environmental Management, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
2. Assistant Professor, Department of Environment, College of Environment and Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran
3. Assistant Professor, Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
4. MSc Student, Department of Assessment and Land use, Bebahan khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran

**** Corresponding author.*** Tel: +989163162176, Fax: +986133201478, E-mail: soolmazdashti@iauahvaz.ac.ir

Received: May 30, 2018 Accepted: Jan 8, 2019

ABSTRACT

Background & objectives: Modeling with software is a fast way to predict the extent of material release range and simulate its consequences. Due the arrival of the large number of dangerous goods, including styrene, from the petrochemical industries to the port of Imam Khomeini, it is necessary to evaluate the consequences and potential damages of this material.This study was conducted in 2014 in Imam Khomeini Port Container Terminal with the aim of predicting and estimating the possible human and environmental consequences of the release of this hazardous material during transportation process.

Methods: In this study, with the use of PHAST and ALOHA softwares, the effect of toxicity of styrene was studied as a dangerous good entered into the container terminal. The analysis was performed by identifying the range of areas with highest adverse effects.

Results: According to the results, the extent of pollution coverage (the forbidden region) was at least in a radius of 67 meters and the best place for placement of support groups was in a radius of 329 meters of dangerous goods area. The study also showed that based on the coverage of the risk range in these modeling, ALOHA software had a high environmental sensitivity, because the amount of LOCs considered in the consequence of the explosion was lower and it considered more danger zones. Finally, management measures were pointed to prevent or reduce the potential consequences of hazardous goods storage sites and warehouses in the study area.

Conclusion: The environmental outcomes of dangerous goods containers in Imam Khomeini port are likely to be probable. So that the release consequences of these materials can cause a lot of environmental damage and accidents. Therefore, it can be said that modeling using software in this study played a key role in managing the area of hazardous materials containers.

Keywords: Styrene; Environmental Consequences; ALOHA; PHAST; LOC; Bandar Imam Khomeini

ارزیابی زیست‌محیطی استایرن به عنوان ماده خطرناک ورودی به ترمینال کانتینر با نرم‌افزارهای ALOHA و PHAST (مطالعه موردی: بندر امام خمینی(ره))

رضوان قشقایی[۱]، غلامرضا سبزقبایی[۲]، سولماز دشتی[۳]*، سمیرا جعفری آذر[٤]، فرهاد صالحی پور[٤]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مدیریت محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲. استادیار گروه محیط‌زیست دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران
۳. استادیار گروه محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
٤. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران
* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۶۳۱۶۲۱۷۶ فکس: ۰۶۱ ۳۳۲۰۱٤۷۸ ایمیل: soolmazdashti@iauahvaz.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: مدل‌سازی به وسیله نرم‌افزار یک روش سریع برای پیش‌بینی میزان گسترش دامنه رهایش مواد و شبیه‌سازی پیامدهای آن می‌باشد. با توجه به ورود تعداد زیاد کالاهای خطرناک از جمله ماده استایرین از صنایع پتروشیمی به بندر امام خمینی (ره)، ارزیابی پیامدها و صدمات احتمالی این ماده امری ضروری می‌باشد. این مطالعه در سال ۱۳۹۳ در منطقه ترمینال کانتینر بندر امام خمینی (ره) با هدف پیش‌بینی و تخمین پیامدها و صدمات احتمالی انسانی و زیست‌محیطی انتشار این ماده خطرناک در فرآیند حمل و نقل صورت پذیرفت.

مواد و روش: در این مطالعه با به‌کارگیری نرم‌افزارهای PHAST و ALOHA به بررسی پیامد سمیت کالای خطرناک استایرن به‌عنوان کالاهای خطرناک وارد شده به ترمینال کانتینر پرداخته شد و با مشخص نمودن محدوده مناطق با بالاترین اثرات ناگوار پیامد، تجزیه و تحلیل و آنالیز نتایج صورت پذیرفت.

یافته‌ها: بر اساس نتایج گستره پوشانندگی آلودگی احتمالی ایجاد شده (محدوده ممنوعه) حداقل تا شعاع ۶۷ متری و بهترین مکان جهت قرارگیری گروه‌های پشتیبانی از پایان منطقه ممنوعه تا فاصله ۳۲۹ متری در اطراف محوطه کالای خطرناک لازم و ضروری می‌باشد. همچنین مطالعه نشان داد براساس پوشش‌دهی گستره خطر در این مدل‌سازی‌ها، نرم‌افزار ALOHA به نسبت نرم‌افزار PHAST از حساسیت بالایی برای محیط‌زیست برخوردار می‌باشد؛ زیرا مقدار LOCهای در نظر گرفته شده در ارزیابی پیامد پایین‌تر و منطقه خطر بیش‌تری را در نظر می‌گیرد. در نهایت نیز اقدامات مدیریتی جهت جلوگیری از بروز یا کاهش پیامدهای احتمالی در سایت ها و انبارهای نگهداری کالای خطرناک در منطقه مورد مطالعه اشاره گردید.

نتیجه‌گیری: بروز پیامدهای زیست‌محیطی کانتینرهای کالای خطرناک در بندر امام خمینی (ره) امری محتمل و قابل بررسی است به‌طوری که پیامدهای حاصل از این موارد می‌تواند سوانح و خسارات محیط‌زیستی زیادی به بار آورد. لذا می‌توان گفت مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار در این تحقیق نقش کلیدی در مدیریت محوطه‌های کانتینرهای کالاهای خطرناک دارد.

واژه های کلیدی: استایرن، پیامد محیط‌زیستی، ALOHA،PHAST، LOC، بندر امام خمینی (ره)

دریافت: ۹۷/۳/۹ **پذیرش:** ۹۷/۱۰/۱۸

مقدمه

کشور ایران از جمله کشورهای غنی از نظر منابع نفت و گاز و محصولات پتروشیمی است و با توجه به اینکه اغلب، محل تولید و مصرف این مواد در یک مکان نمی‌باشد، نیاز به حمل و نقل این مواد برای مصرف داخلی و خارجی احساس می‌شود. از سوی دیگر با

توجه به موقعیت استراتژیک ایران که در مرکز کریدورهای شمال- جنوب و شرق- غرب قرار گرفته است و کشورهای نفت خیز همجوار بعضاً ناگریز به ترانزیت نفت و گاز صادراتی خود از طریق ایران می‌باشند، حمل و نقل نامناسب مواد خطرناک در جابجایی، عملیات بارگیری، تخلیه و نگهداری ممکن است باعث انفجار، آتش‌سوزی، خرابی تجهیزات فنی و مرگ، مسمومیت، سوختگی و تشعشعات انسانی و حیوانی شود (۱). به طور کلی صنعت پتروشیمی در فرآیندهای مختلف حمل و نقل، ذخیره‌سازی و استفاده از مواد خطرناک، یکی از خطرناک‌ترین صنایع حادثه‌آفرین می‌باشد که معمولاً در حمل و نقل، نشت مواد سمی از لوله‌ها، انفجار و آتش‌سوزی ایجاد می‌شود (۲). در سرتاسر جهان خصوصاً در کشورهای صنعتی حمل و نقل مواد خطرناک یک روند افزایشی را نشان می‌دهد (۳). همچنین با وجود قوانین سختگیرانه و روش‌های مختلف برای شناسایی و ارزیابی انواع خطرات، در کشور ایران بسیاری از حوادث در صنعت اتفاق می‌افتد. به گونه‌ای که حتی قوی‌ترین واحدهای صنعتی با طراحی به‌روز و پرسنل آموزش دیده و متخصص نیز از حوادث مصون نیستند (٤). بنابراین با توجه به اثر خطرات زیست‌محیطی و فجایع انسانی حمل ونقل نادرست این مواد، بررسی و مدیریت ریسک این حوزه از اهمیت دو چندانی برخوردار می‌باشد. وقایع علاوه بر اینکه با از دست رفتن مواد از منبع ذخیره همراه است، منجر به پخش و گسترش مواد در محیط اطراف محل حادثه می‌گردند، پیش‌بینی رفتار سیال بعد از انتشار به منظور تخمین پیامدها و صدمات احتمالی امری ضروری است (۵). آنالیز ریسک روش متداولی جهت بررسی انواع مختلف ریسک مربوط به تأسیسات صنعتی، یک فعالیت خاص یا عملیات حمل و نقل مواد خطرناک می‌باشد. این روش قادر است برآورد نسبتاً دقیقی از حوادث بالقوه، تعداد دفعات تکرار آن-ها و همچنین بزرگی آثار و پیامدهای این حوادث، ارائه دهد. امروزه از این روش برای تعیین ریسک بالقوه تأسیسات بر روی مناطق دارای جمعیت مانند بیمارستان‌ها، جاده‌ها و مناطق شهری استفاده می‌کنند. همچنین این روش برای تعیین فواصل تأسیسات با مناطق شهری و مناطق صنعتی دیگر روش مناسبی است. مدل‌های پیامد حوادث دست کم از سه دهه پیش بطور جدی مورد مطالعه قرار داشته‌اند (۷،۶). به طور کلی روش ارزیابی و مدیریت ریسک به‌منظور کاهش احتمال وقوع خطر پیاده‌سازی شده است. هدف از مدیریت ریسک، شناسایی، ارزیابی، کنترل و یا از بین بردن خطرات است (۸). تعیین شعاع آسیب‌رسانی در حین بروز یک حادثه مربوط به انتشار گازهای سمی از اهمیت بسزایی برخوردار است. یکی از روش‌های مؤثر در انجام اقدامات پیشگیرانه، مطالعه پیامد این گونه حوادث است. با انجام مدل‌سازی پخش مواد با استفاده از نرم‌افزارهای معتبر، علاوه بر مشخص‌نمودن محدوده متأثر از نشت مواد سمی و خطرناک می‌توان برنامه‌ای در جهت واکنش در شرایط اضطراری برای انسان و محیط زیست با استفاده از نتایج مدل‌سازی طرح‌ریزی نمود (۹). سازمان فضایی آمریکا برای اولین بار در سال ۱۹۶۰ از ارزیابی ریسک استفاده کرد. بعد از آن صنایع هسته‌ای آمریکا در سال ۱۹۷۵ و سپس در صنایع انگلستان در سال ۱۹۷۸ توسط سازمان ایمنی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین صنایع فراساحلی نروژ در سال ۱۹۸۹ و بهداشت محیط زیست (HSE) حمل و نقل ریلی و جاده ای و دریایی انگلستان در سال ۱۹۹۱ از آن استفاده کردند و هم اکنون به‌طور روز افزونی در حال استفاده است (۱۰). آتشی و همکاران، مطالعه‌ای در خصوص انتشار ناگهانی آمونیاک از مخازن ذخیره و آنالیز پیامدهای احتمالی به هنگام نشتی و بحران و با استفاده از نرم‌افزار ALOHA انجام دادند (۱۱). بیگلرزاده و همکاران، به بررسی نشت پیوسته کروسن (نفت سفید) از درز فلنچ مخزن نگهداری توسط نرم‌افزار

PHAST پرداخت (۱۲). هوئی[1] و همکاران، مطالعه‌ای در زمینه بررسی محاسبات کمی خطر و شبیه‌سازی حادثه نشتی از نیروگاه گاز طبیعی توسط نرم‌افزار ALOHA، انجام دادند (۱۳). سانچز و همکاران[2]، در پژوهشی تحت عنوان کاربرد نتایج آنالیز تصادفی در طراحی سیستم‌های شرایط اضطراری یک چرخه تولید سولفوریدِ به محاسبه وقوع نشت خطرناک توسط مدل‌سازی PHAST اقدام نمودند (۱٤). اندرسون[3] مقاله‌ای با عنوان استفاده از نرخ تصادفات حمل و نقل در تحلیل ریسک حمل و نقل مواد خطرناک ارائه کرد (۱۵). نلسون[4] و همکاران، مقاله‌ای در زمینه سیاست‌های درست حمل و نقل و ارزیابی عملکرد ارائه کردند و به ارائه مبانی برای انتخاب مسیر درست و ابزار مناسب در حمل و نقل مواد خطرناک برای کاهش ریسک پرداختند (۱۶). آلن[5] و همکاران مقاله‌ای در خصوص مقایسه راه آهن و بزرگراه در حمل و نقل ارائه کردند و در آن مجموعه دستورالعمل‌هایی برای حمل و نقل ایمن مواد خطرناک توسط راه آهن ارائه شد (۱۷). این تحقیق با هدف مدیریت پیامد محیط‌زیستی نشت، انفجار و آتش‌سوزی ماده استایرن به عنوان کالای خطرناک ورودی به ترمینال کانتینر با استفاده از نرم‌افزار ALOHA و PHAST در بندر امام خمینی (ره) صورت پذیرفت. در نهایت از نتایج حاصل از مدل‌سازی پیامدها می‌توان به عنوان الگویی جهت کنترل آثار سوءِ محیط‌زیستی، واکنش سریع به هنگام بروز حوادث و شرایط اضطراری و مدیریت بحران در بندر امام خمینی استفاده نمود (۱۸).

بندر امام خمینی در موقعیت جغرافیایی با طول جغرافیایی ٤۹ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی با وسعت ۱۱۰٤٤ هکتار در شمال غربی خلیج‌فارس و در انتهای آبراه خورموسی قرار دارد. همجواری آن با منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی بندر امام، نزدیکی به منطقه آزاد تجاری اروند و قرارگرفتن در مسیر حمل کالا از کشورهای عراق، ترکیه، حوزه قفقاز و آسیای میانه به کشورهای جنوب شرق آسیا و همچنین قرارگرفتن در مسیر کریدور بین‌المللی شمال جنوب و حمل و نقل شرق و غرب کشور، به عنوان مهم‌ترین دروازه‌های واردات و صادرات جمهوری اسلامی ایران محسوب می‌گردد. این بندر بزرگ‌ترین بندر تجاری کشور می‌باشد که سهم ٤۰ درصدی در واردات و صادرات کل کالاهای کشور دارد. در این بندر پایانه کانتینری با توان تخلیه و بارگیری۷۰۰ هزار TEU و پایانه نفتی به ظرفیت ۵ میلیون تن در سال علاوه بر مشتقات مواد نفتی خطرناک سالانه حدود ۵۰۰ TEU کانتینر حامل کالای خطرناک در آن جا به جا می‌شود (۱۹). در شکل ۱ تصویر ماهواره‌ای از محوطه کانتینری ترمینال کانتینر بندر امام خمینی نشان داده شده است.

[1] Hui
[2] Sanchez
[3] Anderson
[4] Nelson
[5] Allen

شکل ۱. تصویر ماهواره‌ای از محوطه کانتینری ترمینال کانتینر بندر امام خمینی (ره)

روش کار

این تحقیق به صورت میدانی و با جمع‌آوری و بررسی اطلاعات پایه و تخصصی و بازدید و مصاحبه از کارشناسان اداره بنادر و کشتیرانی بندر امام خمینی (ره) انجام شد. در این مطالعه ابتدا به بررسی بیشترین کالای خطرناک ورودی به ترمینال کانتینر در بازه زمانی خرداد ۹۲ الی خرداد ۹۳ از میان ۵۱۶ کانتینر ورودی به ترمینال کانتینر پرداخته شد. داده‌ها طبق مطالعات میدانی از مانیفست‌ها و اطلاعات کالاهای خطرناک ورودی به ترمینال کانتینر به‌دست آمد که ماده استایرن به عنوان بیشترین کالای خطرناک ورودی به ترمینال کانتینر گزارش گردید. مطالعه حاضر در دو فاز مورد بررسی قرار گرفت. در فاز اول این مطالعه، ابتدا به شناخت و توصیف فرآیند مورد نظر و گردآوری اطلاعات مورد نیاز و در فاز دوم به مطالعه ارزیابی پیامد سناریو تعریف شده و وارد کردن اطلاعات به نرم‌افزارهای ALOHA و PHAST جهت نمایش مدل رهایش و انتشار استایرن در محیط و تاثیر آن بر محیط زیست پرداخته شد.

در این تحقیق نتایج حاصل از پیامد نشت مواد سمی برای ماده استایرن مورد نمایش و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بر این اساس نواحی تهدید نشت و دامنه گستره تأثیر آن مشخص و به منظور تعیین تاثیر میزان سرعت و جهت باد مدل‌های حاصل از نرم‌افزار ALOHA و PHAST در فصول گرم و سرد سال با هم مقایسه گردید. هم‌چنین برای بررسی صحت و دقت مدل‌ها نتایج در نرم‌افزار PHAST و ALOHA با هم مقایسه شده و در نهایت نیز نتایج حاصل از شبیه‌سازی نرم‌افزارها مبنایی قرار گرفت تا به ارائه تصمیمات مدیریت پیامد حوادث پرداخته شود.

اطلاعات وارد شده در نرم افزار به‌طور کلی شامل موقعیت جغرافیایی منطقه، اطلاعات مربوط به محیطی که کانتینرهای کالای خطرناک در آن قرارگرفته جدول ۱، شرایط آب و هوایی جدول ۲، خواص فیزیکی و شیمیایی مواد موجود در فرآیند جدول ۳، مشخصات منبع انتشار و تدوین سناریو می‌باشد که پس از جمع‌آوری اطلاعات اولیه و انتخاب ماده شیمیایی استایرن (که جزو بیش‌ترین ورودی به ترمینال کانتینر است)، صورت پذیرفت.

ماده شیمیایی انتخاب شده کلاس ۳ و مایع قابل اشتعال می‌باشد و هر سه پیامد سمیت، آتش سوزی و انفجار را دارد (۲۱). اما با توجه به ماهیت استایرن و سوابق موجود از حوادث واحدهای فرآیندی و شبه حوادث اتفاق افتاده در بندر امام خمینی (ره)، بررسی پیامد سمیت برای استایرن در نظر گرفته شد. دلیل انتخاب شرایط محیطی در حد میانگین سالیانه برای سناریو این است که شرایط محیطی میانگین هم منطقی‌تر می‌باشد و همچنین با شرایط محیطی بیش‌ترین روزهای سال در آن منطقه هم‌خوانی دارد.

سناریو اول: نشت استایرن

(CLASS: 3, UN/NUMBER: 2055)

در تاریخ ۱۵ ژوئن ۲۰۱٤ راس ساعت ۱۳:۳۰، هنگام تخلیه کانتینر در محوطه کالای خطرناک ترمینال کانتینر بندر امام خمینی، توسط ریچ استکر به هنگام بلندکردن کانتینر ۲۰ فوت حاوی ماده شیمیایی استایرن از کشنده قفل‌های اسپریدر عمل نکرده و کانتینر سقوط نموده و از یک طرف با میله‌های ساپورت کنار کفی برخورد کرده و سوراخ می‌شود و منجر به نشت مواد درون کانتینر می‌گردد. قطر و طول پارگی ناشی از حادثه در جدول ٤ قابل مشاهده است. همین سناریو برای استایرن در تاریخ ۱۵ ژانویه ۲۰۱٤ رأس ساعت ۰۹:۰۰ مورد فرض قرار گرفت. شرایط آب و هوایی مربوط به این دو تاریخ در جدول ۵ اشاره شده است.

جدول ۱. سایز و مشخصات کانتینرها (۲۱)

کانتینر ٤۰ فوت		کانتینر ۲۰ فوت		
ابعاد داخلی		ابعاد داخلی		
٤۰ فوت	۱۲ متر	۲۰ فوت	۶ متر	طول
۸ فوت	۲/۵ متر	۸ فوت	۲/۵ متر	عرض
۸ فوت	۲/۵ متر	۸ فوت	۲/۵ متر	ارتفاع
ابعاد درب کانتینر		ابعاد درب کانتینر		
۷ فوت	۲/۳۳۷ میلی متر	۷ فوت	۲/۳۳۷ میلی متر	عرض
۷ فوت	۲/۲۷۲ میلی متر	۷ فوت	۲/۲۷۲ میلی متر	ارتفاع
وزن		وزن		
۶۷۲۰۰ پوند	۳۰٤۸۰ کیلوگرم	۶۷۲۰۰ پوند	۳۰٤۸۰ کیلوگرم	حداکثر وزن ناخالص
۸۳۱۰ پوند	۳۷۷۰کیلوگرم	۵۰۵۰ پوند	۲۲۹۰ کیلوگرم	حداکثر وزن خالص
۵۸۸۹۰ پوند	۲۶۷۱۰ کیلوگرم	۶۲۱۵۰ پوند	۲۸۱۹۰ کیلوگرم	حداکثر ظرفیت ترابری

جدول ۲. شرایط آب و هوایی منطقه (۲۲)

پارامترهای محیطی مورد نیاز	شرایط آب و هوایی مربوط به فصول مختلف	
	بهار و تابستان	پاییز و زمستان
دما (میانگین)	۳۳ درجه سانتی گراد	۱۸ درجه سانتی گراد
رطوبت نسبی (میانگین)	٪۳۳	٪۵۹
سرعت باد (میانگین)	۱۰ متر بر ثانیه	۵ متر بر ثانیه
پایداری جوی	D (پایداری متوسط)	D (پایداری متوسط)
وجود موانع	وجود برخی موانع مثل تأسیسات	وجود برخی موانع مثل تأسیسات
نوع محوطه	روباز	روباز
جهت باد غالب	از شمال به جنوب	از شمال به جنوب
ارتفاع اندازه‌گیری سرعت باد از سطح زمین	۵ متر	۵ متر
پدیده وارونگی هوا	ندارد	ندارد
ارتفاع از سطح دریا	۵ متر	۵ متر

جدول ۳. خصوصیات و ویژگی‌های ماده شیمیایی استایرن (نرم‌افزار CAMEO و سایت Science lab)

نام ماده شیمیایی: استایرن CLASS:3 UN/NUMBER:2055	
ویژگی بارز ماده	مایع قابل اشتعال
کاربرد	در مصارف الکتریکی، ظروف یکبار مصرف، پلاستیک، رنگ، لاستیک مصنوعی، بدنه ساعت، تلویزیون و سایر وسایل خانگی کاربرد دارد.
خواص فیزیکی	مایع بی رنگ تا کمی تیره با بوی معطر، روغنی و نیمه سمی. بخارات از هوا سنگین‌تر است. در صورت پلیمریزاسیون در ظرف محتوی ماده ممکن است انفجار صورت پذیرد. به صورت نامحلول در آب می‌باشد.
خواص شیمیایی	فرمول شیمیایی: C8H8 فشار بخار: ٤/٣ میلی متر در ٥٩ درجه فارنهایت نقطه اشتعال:٨٨ درجه فارنهایت چگالی بخار(نسبت به هوا): ١/١ حد پایین انفجار:١/١ درصد وزن مخصوص:٠/٩٠۶ در ۶٨ درجه فارنهایت حد بالای انفجار:۶/١ درصد نقطه جوش:٢٩٥-٢٩٣ فارنهایت در ٧۶٠ میلی‌متر جیوه دمای خود اشتعالی:٩١٤ درجه فارنهایت وزن مولکولی:١٠٤/١۶ نقطه ذوب: ٢٣- تا ٢٤- درجه فارنهایت حلالیت در آب: کمتر از ١ میلی‌گرم/میلی‌متر در۶۶ فارنهایت
اثر بر سلامتی	تحریک چشم و پوست، غلظت بالای بخارات آن منجر به سرگیجه و بیهوشی می‌گردد.
اثر بر محیط‌زیست	در اثر تجزیه بیولوژیکی اثرات تخریبی بلندمدت ندارد اما با این حال می‌تواند محصولات تخریبی بلندمدت به وجود آورد. سمی برای محیط‌زیست می‌باشد.

جدول ٤. قطر و طول پارگی بدنه کانتینر

قطر پارگی	طول پارگی	مقدارنشت استایرن	پارگی کانتینر
٣٠ سانتی‌متر	١٠٠ سانتی‌متر	٢۵ تن	از ٣٠ سانتی‌متری سطح زمین انجام شده است.

جدول ۵. شرایط آب و هوایی برای ماه‌های ژوئن و ژانویه

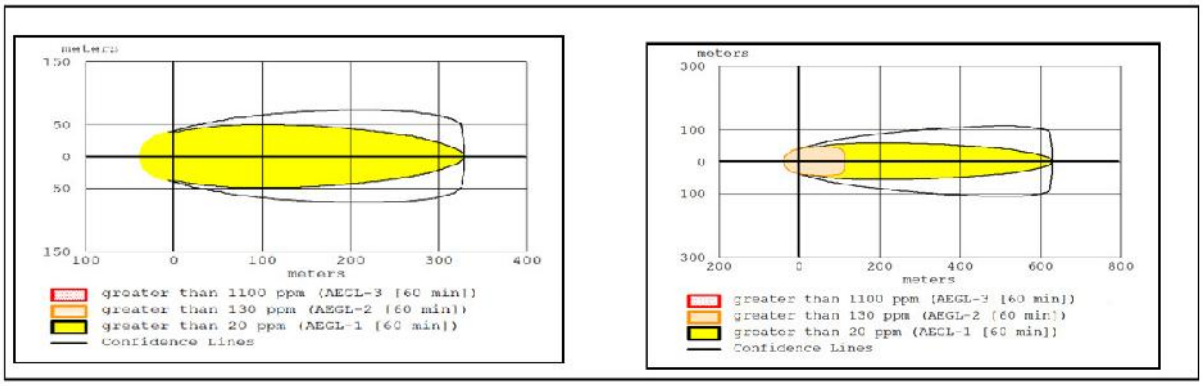
اطلاعات آب و هوای منطقه	١۵ ژوئن ٢٠١٤ (رأس ساعت ١٣:٣٠)	١۵ ژانویه ٢٠١٤ (رأس ساعت ٠٩:٠٠)
سرعت و جهت باد	١٠ متر بر ثانیه از سمت شمال	۵ متر بر ثانیه از سمت شمال
درجه حرارت هوا	٣٣ درجه سانتی‌گراد	١٨ درجه سانتی‌گراد
وارونگی هوا	وجود ندارد	وجود ندارد
رطوبت نسبی هوا	٣٣ درصد	۵٩ درصد

یافته ها

نتایج حاصل از مدل‌سازی سناریو

الف) نشت ماده شیمیایی استایرن با استفاده از نرم‌افزار ALOHA

مطابق مدل‌های خروجی در نرم‌افزار ALOHA در شکل ۲، اثر غلظت‌های AEGLs برای فصل گرم و فصل سرد نشان داده شد. همچنین جدول ۶ فواصل محدوده خطر AEGL، برای سناریو فصل گرم و سرد شکل ۳ و جدول ۷، نتایج حاصل از نرخ رهایش ماده شیمیایی استایرن را در نرم‌افزار ALOHA نشان می‌دهد.



(الف) (ب)

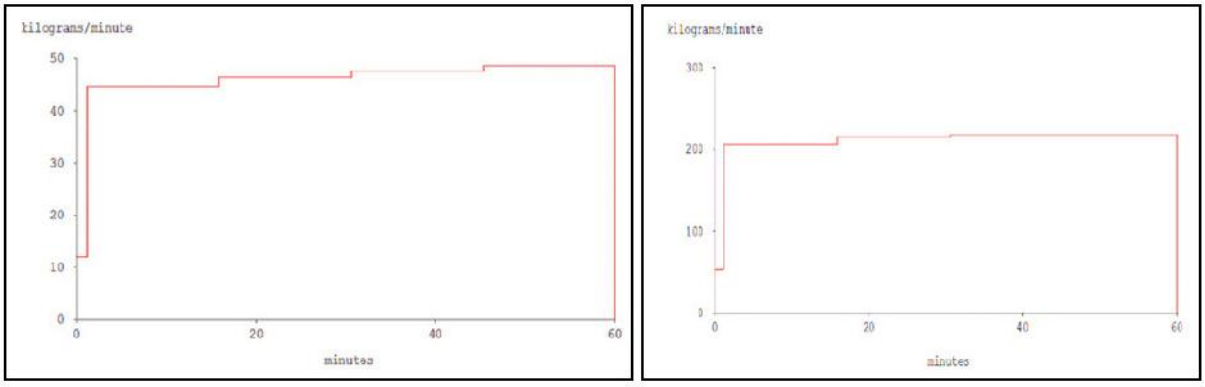
شکل ۲. مناطق مورد تهدید بر حسب مسافت در فصل گرم سال برای نشت استایرن (الف). مناطق مورد تهدید بر حسب مسافت در فصل سرد سال برای نشت استایرن (ب) در نرم‌افزار ALOHA

جدول ۶. فواصل محدوده خطر برای نشت استایرن در فصل گرم و سرد سال و مقایسه تاثیر دما و سرعت باد در نرم‌افزار ALOHA

حد غلظت	محدوده خطر		اختلاف
	فصل گرم (سرعت باد ۱۰ m/s)	فصل سرد (سرعت باد ۵ m/s)	
AEGL-3 1100 ppm (محدوده قرمز رنگ)	۳۸ متر	۳۸ متر	۰
AEGL-2 130 ppm (محدوده نارنجی رنگ)	۱۱٤ متر	۶۷ متر	٤۷ متر
AEGL-1 20 ppm (محدوده زرد رنگ)	۶۳۱ متر	۳۲۹ متر	۳۰۲ متر

مدل‌سازی به کمک نرم‌افزار ALOHA در شکل ۲ برای حداکثر فواصل مربوط به رخداد غلظت‌های AEGL-3، AEGL-2 و AEGL-1 متناسب با فصول گرم و سرد سال ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بیشترین غلظت مربوط به فصل تابستان و سرعت باد ۱۰ متر بر ثانیه می‌باشد به‌طوری که طول ناحیه زرد رنگ در فصل گرم در حدود ۶۳۱ متر و در فصل سرد در حدود ۳۲۹ متر (در جهت باد غالب منطقه از شمال به جنوب) با اختلاف ۳۰۲ متر می‌باشد. نتایج به‌دست آمده نیز با انتظارات موجود همخوانی دارد زیرا شرایط جوی در فصل گرم نسبت به فصل سرد تلاطم بیشتری داشته و سرعت باد می‌تواند توده گاز تولیدشده ناشی از نشتی را تا فاصله بیشتری گسترش دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود در مدل‌سازی نرم‌افزار ALOHA محدوده قرمزرنگ و نارنجی‌رنگ در فصل سرد با غلظت‌های متفاوت نشان داده نشده است، دلیل این امر آن است که نرم‌افزار قطعیت و اطمینانی از فاصله کوتاه در نظر گرفته‌شده نداشته است؛ اما پیش‌بینی شده است که غلظت استایرن در حد ppm ۱۱۰۰ در فصل سرد و گرم سال در فاصله ۳۸ متری از منبع انتشار در جهت باد غالب منطقه می‌باشد و چنانچه موجود زنده بیش از ۶۰ دقیقه در معرض آن قرار گیرد منجر به آسیب جدی و مرگ وی خواهد شد. محدوده نارنجی رنگ نیز نشان می‌دهد چنانچه افراد یا هر موجود زنده بیش از ۶۰ دقیقه در محدوده (۱۱٤ متر در فصل گرم و ۶۷ متر در فصل سرد) با غلظت ppm ۱۳۰ قرار گیرد می‌تواند منجر به اثرات

غیر قابل برگشت و جدی شود. محدوده زرد رنگ نیز نشان می‌دهد چنانچه افراد یا هر موجود زنده بیش از ۶۰ دقیقه در محدوده (۶۳۱ متر برای فصل گرم و ۳۲۹ متر برای فصل سرد) قرار گیرد، می‌تواند منجر به ایجاد مزاحمت، بوی ناخوشایند، سوزش گلو و چشم گردد. خط موجود در دو طرف محدوده زرد رنگ، نشان‌دهنده عدم قطعیت ناشی از تغییرات جهت باد است. با توجه به اینکه باد به ندرت به صورت پیوسته در یک جهت می‌وزد با هر بار تغییر جهت، توده آلودگی را به جهت جدیدی هدایت می‌کند. خطوط دور ناحیه زرد رنگ در واقع محدوده‌ای را مشخص می‌کند که پیش‌بینی می‌شود توده بخارات سمی ناشی از نشت ماده ۹۵ درصد در این ناحیه حضور دارد.



(ب) (الف)

شکل ۳. نرخ رهایش استایرن در طول زمان در فصل گرم (الف). نرخ رهایش استایرن در طول زمان در فصل سرد (ب) در نرم‌افزار ALOHA

جدول ۷. نرخ رهایش استایرن برحسب کیلوگرم بر دقیقه برای فصل گرم و سرد در نرم‌افزار ALOHA

	فصل گرم				فصل سرد			
زمان (min)	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۰	۲۰	۴۰	۶۰
جرم (کیلوگرم)	۵۰	۲۱۰	۲۱۵	۲۱۷	۱۳	۴۵	۴۶	۴۸/۵

جدول ۸. مقایسه نرخ رهایش استایرن در فصل گرم و سرد سال در نرم‌افزار ALOHA

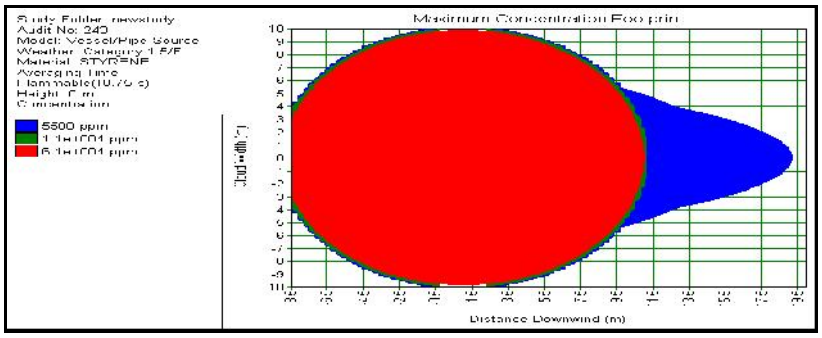
	فصل گرم	فصل سرد
پیش‌بینی مدت زمان انتشار	۱ ساعت	۱ ساعت
حداکثر نرخ رهایش	۲۱۷ کیلوگرم بر دقیقه	۴۸/۵ کیلوگرم بر دقیقه
مقدار کل مواد منتشر شده	۱۲۵۸۵ کیلوگرم	۲۷۵۶ کیلو گرم

همان‌گونه که در شکل ۳ و جداول ۷ و ۸ ملاحظه می‌شود انتشار استایرن در لحظه اولیه پس از نشت کم بوده و در طول زمان افزایش می‌یابد تا جایی که در پایان ۱ ساعت برای فصل گرم ۲۱۷ کیلوگرم بر دقیقه و در فصل سرد ۴۸/۵ کیلوگرم بر دقیقه حداکثر نرخ رهایش صورت می‌پذیرد. این اختلاف نشان می‌دهد در فصل گرم نرخ رهایش مواد نیز بیشتر است (جدول ۸). بنابراین نتایج نشان می‌دهد پارامترهای محیطی نظیر دما و سرعت باد می‌تواند تا حد زیادی در پیامد نشت مواد شیمیایی موثر باشند.

ب) بررسی نشت ماده شیمیایی استایرن با استفاده از نرم‌افزار PHAST

بر اساس نتایج حاصل از مدل‌سازی پیامد نشت استایرن توسط نرم افزار PHAST که در شکل ۴ و

جدول ۹ مشاهده می‌شود، این نرم افزار سه غلظت ۶۱۰۰۰ ppm و ۱۱۰۰۰ppm و ۵۵۰۰ ppm را به‌عنوان غلظت‌های خطرناک جهت تعیین محدوده خطر معرفی نموده است. بدیهی است بیشترین غلظت دارای خطر بیشتر و غلظت کمتر دارای خطر کمتر برای محیط‌زیست و انسان می‌باشد. همانگونه که در شکل ٤ مشاهده می شود منطقه ممنوعه قرمزرنگ تا شعاع ۱۰/۵ متری از منبع انتشار با غلظت ۶۱۰۰۰ ppm قرار دارد. پس از آن منطقه ممنوعه سبزرنگ در فاصله ۱۰/۸ با غلظت ابر بخارات ۱۱۰۰۰ppm قرار دارد و پس از آن محدوده آبی‌رنگ در فاصله ۱۸/۸ متر (در جهت باد غالب) با غلظت ۵۵۰۰ ppm قرار دارد. بنابراین این نرم افزار پیش بینی می‌کند ایجاد یک منطقه ممنوعه تا فاصله ۱۸/۸ متری از منبع انتشار برای تدابیر حفاظتی لازم و ضروری است.



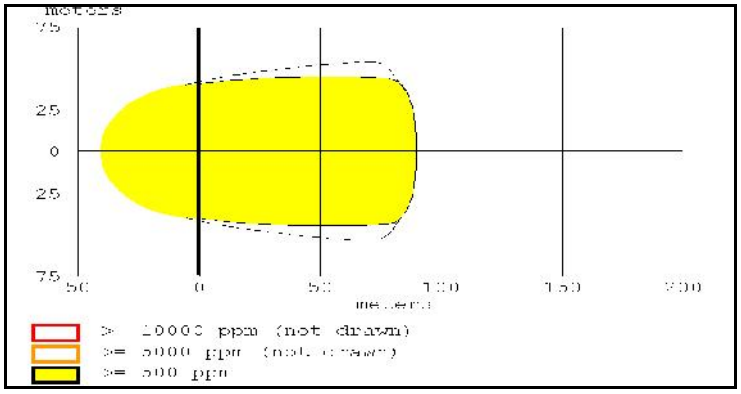
شکل ٤. حد غلظت استایرن پس از نشت بر حسب فاصله در نرم‌افزار PHAST

جدول ۹. نمایش فواصل محدوده خطر برای نشت استایرن در نرم‌افزار PHAST

حد غلظت	محدوده خطر
شعاع قرمز رنگ ۶۱۰۰۰ppm	۱۰/۵ متر
محدوده سبز رنگ ۱۱۰۰۰ppm	۱۰/۸ متر
محدوده آبی رنگ ۵۵۰۰ ppm	۱۸/۸ متر (در جهت باد غالب)

ج) بررسی میزان دقت دو نرم‌افزار ALOHA و PHAST نسبت به یکدیگر (نشت استایرن)

به‌منظور محاسبه درصد خطای دو نرم‌افزار نسبت به یکدیگر برحسب غلظت‌های مشابه در دو نرم‌افزار عمل گردید. برای این منظور به شبیه‌سازی غلظت‌های نرم‌افزار ALOHA به نرم‌افزار PHAST پرداخته شد و نتایج حاصل از آن در شکل ۵ و جدول ۱۰ ارائه شده است.



شکل ۵. محدوده خطر برحسب متر برای نشت استایرن متناسب با غلظت‌های تعریف شده در نرم‌افزار PHAST برای نرم‌افزار ALOHA

جدول ۱۰. میزان درصد خطای ALOHA نسبت به PHAST در نشت استایرن

غلظت	فاصله بر اساس متر در نرم افزار ALOHA	فاصله بر اساس متر در نرم افزار PHAST	خطای ALOHA نسبت به PHAST
۶۱۰۰۰ppm	٤١ متر	۱۰/۵	٪ ۷٤

بحث

همانگونه که مدل‌های انتشار ماده شیمیایی استایرن در نرم‌افزار PHAST و ALOHA نشان می‌دهند. LOCهای تعریف شده در نرم‌افزار ALOHA کمتر و فاصله محدوده خطر تا منبع خطر نسبت به نرم‌افزار PHAST بیشتر می‌باشد که این امر می‌تواند نشان‌دهنده حساسیت بالای ALOHA نسبت به نشر و سمیت مواد برای محیط‌زیست و انسان باشد. این حساسیت می‌تواند به علت مرجع صادرکننده نرم‌افزار ALOHA که آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا یا EPA است، باشد. بنابراین می‌توان ALOHA را به عنوان یک نرم‌افزار محیط‌زیستی و معتبر نسبت به PHAST جهت بررسی میزان نشت و سمیت مواد خطرناک و پیامد آن‌ها نشان داد. به‌طور کلی با توجه به نتایج حاصل از نرم-افزار PHAST و ALOHA برای کالای خطرناک مورد مطالعه در این تحقیق و بررسی پیامد سمیت در سناریوی موجود، برخی از فواصل و محدوده خطر آن‌ها دارای گستره آلودگی بیشتر و اثرات مخرب محیط‌زیستی و انسانی می‌باشند که این مناطق، مناطق ممنوعه در نظر گرفته می‌شوند و نیاز به اقدامات کنترلی مؤثر جهت کاهش یا جلوگیری از بروز اثرات انسانی و محیط‌زیستی دارد. در این منطقه ورود افراد اداری، غیرمرتبط و غیرمتخصص به منطقه ممنوع است و می‌بایست ممنوعیت تخریب منابع‌آبی، پوشش گیاهی و جانوری رعایت شود. همچنین طبق نتایج به‌دست آمده برخی مناطق نیز دارای گستره آلودگی کمتر و اثرات محیط‌زیستی و انسانی ناچیزتری بودند که این مناطق می‌توانند به عنوان مناطق استقرار گروه‌های پشتیبانی و شرایط اضطراری برای انجام اقدامات بهتر و سریع‌تر جهت کنترل و حذف پیامدهای محیط‌زیستی خطرناک به‌کار رود. بر این اساس نتایج حاصل از هر دو نرم‌افزار، حداکثر منطقه خطر که در آن‌ها اثرات شدید تا غیرقابل‌برگشت به-دست آمد، تا محدوده ۶۷ متری از کانتینرهای کالای خطرناک پیش‌بینی گردید. همچنین بهترین مکان جهت قرار گرفتن تیم‌های پشتیبانی نظیر تیم‌های آتش‌نشانی و شرایط اضطراری، محدوده حد فاصل پایان منطقه ممنوعه تا فاصله ۳۲۹ متری از محل قرارگیری کانتینرهای خطرناک پیش‌بینی گردید. پس از این منطقه تأسیس ساختمان‌های اداری بلامانع می‌باشد. با توجه به امکان تغییر شرایط جوی منطقه (سرعت و مسیر باد) پیش‌بینی‌های لازم در خصوص تخلیه اضطراری می‌بایست به سمت ضلع شرقی و غربی محوطه صورت گیرد؛ زیرا باد غالب منطقه از سمت جنوب به سمت شمال می‌باشد و افراد باید از مسیر قرارگیری در محدوده باد غالب خارج شوند، بنابراین مسیرهای خروج اضطراری در ضلع شرقی و غربی منطقه باید تعبیه شود حرکت در جهت مقابله با شرایط اضطراری به هیچ عنوان نباید از سمت شمال به جنوب (خلاف باد غالب منطقه) صورت پذیرد. بهتر است ایجاد منطقه ممنوعه قبل از طراحی محوطه‌های مختلف بندر صورت پذیرد. این امر می‌تواند با در نظرگرفتن ارزیابی پیامد مواد خطرناک در خواستی و مورد نیاز صنایع پتروشیمی اطراف بندر که اهم صاحبان کالا هستند صورت پذیرد تا در طراحی‌های اولیه بتوان از آن‌ها استفاده کرد. در نتایج این تحقیق و سایر نتایج به‌دست‌آمده مانند نتایج بیگلرزاده و همکاران (۱۲)، اهمیت سرعت و مسیر باد در لحظه انتشار با استفاده از نرم‌افزار PHAST نشان داده شد و از تأثیر آن برای پیش‌بینی مسیرهای تخلیه اضطراری استفاده گردید. همچنین در نتایج این

تحقیق و نتایج به دست آمده از تحقیق آتشی و همکاران (۱۱) با استفاده از نرم‌افزار ALOHA، فاصله‌های ایمن قرارگیری مخازن و اتاق‌های کنترل و پشتیبانی مشخص گردید.

نتیجه‌گیری

در نهایت می‌توان گفت بروز پیامدهای زیست‌محیطی کانتینرهای کالای خطرناک در بندر امام خمینی (ره) امری محتمل و قابل بررسی است به‌طوری که پیامدهای حاصل از این موارد می‌تواند سوانح و خسارات محیط‌زیستی زیادی به‌بار آورد. بنابراین ارزیابی پیامد محیط‌زیستی کالای خطرناک و پیش‌بینی رهایش و پیامدهای ناشی از این مواد می‌تواند به‌عنوان ابزار مدیریتی صحیح در شرایط رخداد حوادث و شرایط اضطراری مربوط به این کالاها جهت قرارگیری ایمن و مناسب سایت‌ها و انبارهای نگهداری مورد استفاده قرار گیرد. همان‌گونه که از نتایج و خروجی نرم‌افزارهای به‌کاربرده شده در این تحقیق تخمین زده شد منطقه ممنوعه تا شعاع ۶۷ متری و منطقه پشتیبانی برای استقرار سایت‌های نگهداری کالاهای خطرناک لازم و ضروری است. لذا می‌توان گفت مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار در این تحقیق نقش کلیدی در مدیریت محوطه‌های کانتینرهای خطرناک دارند چرا که بدون بررسی پیش‌بینی رهایش با مدل‌سازی، امکان تخمین حریم محوطه کالای خطرناک که اقدامی کنترلی برای حفاظت از انسان و محیط‌زیست است، میسر نمی‌باشد. از آن‌جایی که هدف از انجام این تحقیق مدیریت پیامد محیط‌زیستی کالای خطرناک وارده به ترمینال کانتینر با نرم‌افزارهای PHAST و ALOHA بوده است، به‌نظر می‌رسد انتخاب یکی از این دو نرم‌افزار می‌تواند در راهنمایی و انجام تحقیقات دیگر مؤثر باشد. اگر بخواهیم بر اساس پوشش‌دهی گستره خطر در این مدل‌سازی‌ها یکی را انتخاب کنیم به‌نظر می‌رسد نرم‌افزار ALOHA از حساسیت بالایی برای محیط‌زیست برخوردار باشد؛ زیرا مقدار LOCهای در نظر گرفته شده در پیامد انفجار پایین‌تر و منطقه خطر بیش‌تری را در نظر گرفته است. آنچه مهم است این است که پیامد کالاهای خطرناک ورودی به ترمینال کانتینر و محدوده خطر آن شناسایی شده تا از طریق آن بتوان از آسیب‌رسانی به محیط‌زیست و انسان جلوگیری شود.

References

1- Farooqi H, Hosniyannejad B, Nowroozi H. Risk Management in Transportation of Hazardous Materials Based on Multi-Criteria Decision Making Models in Conditions of uncertainty. 12th International Conference on Transport and Traffic Engineering. Tehran. 2013; 19th and 20th February. (In Persian).

2- Chen Q, Jia Q, Zangwei Y, Huang, L. Environmental risk source management system for the petrochemical industry. Process Safety and Environmental Protection.2014; 92 (3), 251-260.

3- Paltrinieri N, Landucci G, Molag M, Bonvicini S, Spadoni G, Cozzani V. Risk reduction in road and rail LPG transportation by passive fire protection. Journal of hazardous materials. 2009;167(1): 332-44.

4- Irannejad Rankouhi S, Givehchi S, Nasrabadi M. Consequence Modeling of Explosion Events by PHAST Software in an Industrial Unit - A Case Study of 2 Phases of South Pars. Bulding of the Georgian National Academy of Science. 2015; 9(1): 316 -326.

5- Langry M, Shamommadi A, Rastchian D. Analyzing the ALOHA and PHAST modeling of Consequences software. First International Conference on Inspection and Safety in Oil and Gas Industry. Tehran. 2011; 4th February. (In Persian).

6- Lees F.P. Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control. 3rd Edition. Imprint: Butterworth-Heinemann. 2004: 3680.
7- Joaquim C. “Evaluation of the effects and consequences of major accidents in industrial plants”, Boston [Mass.]: Elsevier, 2008: 363.
8- Badri M. Financial Risk Management: A Study: Transactions, Georgian Technical University, Automated Control Systems. 2012; 1(12): 180- 184.
9- Alsan M. Safety Commitment of transportation manager in the Contract for the Transport of Dangerous Goods. Transportation Research Journal. 2008; 5(3): 207-223.
10-Lees FP., “Loss Prevention in the process industries”, 2nd edition. Imprint: Butterworth Heinemann, Oxford. UK and Boston, MA, 1996: 3500.
11-Atashi H, Moradian A, Haji Safari M. Study of the sudden release of ammonia from reservoirs and analysis of possible consequences during leakage and crisis. The first process engineering conference in the oil, gas, petrochemical and energy industries. Tehran. 2013; May 16th. (In Persian).
12-Beglehrzadeh A, Shakriyan A, BabaZadeh Eslamlo M. Investigating the continuous crosstalk leakage from the flange of the storage tank by the PHAST software. Third National Conference on Advanced Chemistry and Chemical Engineering. Mahshahr Islamic Azad University. 2011; December 15th. (In Persian).
13-Hui SH, Guoning D. Risk quantitative Calculation and ALOHA Simulation on the leakage accident of natural gas power Plant. International Symposium on Safety Science and Technology. 2012.
14- Sanchez T, Nelson P.F, Pamela F, François J.L, Cruz-Gómez M.J, Mendoza A. Application of the Accident Consequence Analysis in The Emergency System Design of an SI Cycle Hydrogen Production Plant. Internatinal Journal of Hydrogen Energy. 2012; 37(8): 6965-6975.
15- Anderson Robert T, Christopher P, Barkan L. Railroad Accident Rates for Use in Transportation Risk Analysis. Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board. 2004; 1863 (1): 88-98.
16-Nelson C, Cataford A, Hwang P. Transportation of Dangerous Goods Policy and Evaluation Framework. Annual Conference of the Transportation Association of Canada, Charlottetown, Prince Edward Island, September. 2006.
17-Allen J, Fronczak R. Comparing and Contrasting Highway and Rail Routing. 86th Annual Meeting, Transportation Research Board. Washington, D.C., January. 2007.
18-Setareh, A., Nikpey, A., Kaohpa'i, AS. Presenting a model comprehensive risk management and transportation of chemicals with HSE approach. Second National Safety Conference at Ports. Tehran. 2006; 14th and 15th February. (In Persian).
19-Portal of the Directorate General of Ports and Maritime of Khuzestan Province, Bandar Imam Khomeini. 2014; (http://bikport.pmo.ir/en/home).
20-Satellite image of Google Earth. 2014.
21-IMDG CODE: International Maritime Organization. International Maritime Dangerous Goods Code.4 Albert Embankment London. 2010; 478 P.
22-Meteorological Portal of Bandar Imam Khomeini. 2014. (http://www.havairan.com).