# مدل‌سازی هم‌جواری کاربری‌های پرخطر بر اساس ارزیابی شاخص تهدید

## مطالعه موردی: پمپ‌بنزین‌های ناحیه ۳ منطقه ۷ شهر تهران

**علی قنبری نسب*:** استادیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، Alighanbari2454@gmail.com
**مهدی مدیری:** استاد تمام دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران
**مرضیه مشهدی:** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد پدافند غیرعامل دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران
**ابراهیم هاشمی فسایی:** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد پدافند غیرعامل دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران
**میعاد یاری:** دانشجوی کارشناسی ارشد پدافند غیرعامل دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۲**
**تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۶**

**چکیده**

در عصر حاضر با توجه به رویکرد جدید تأثیر محوری کشورهای متخاصم که صحنه نبرد را به مناطق شهری منتقل کرده‌اند، دشمن در پی ایجاد اختلال در عملکرد زیرساخت‌های حیاتی کشور هدف است. ازجمله این زیرساخت‌های حیاتی که نقش مهمی در خدمت‌رسانی شهری دارد، شبکه سوخت‌رسانی و جایگاه‌های عرضه سوخت است. جایگاه‌های عرضه سوخت در مناطق شهری افزون بر نقش خطیر سوخت‌رسانی به وسایل نقلیه، به دلیل وجود مخازن نگهداری سوخت قابل اشتعال، از پتانسیل بالایی جهت ایجاد حوادث بزرگ برخوردار است. این حوادث می‌تواند شامل حوادث فرایندی، عمدی و متخاصمانه باشد؛ ولی با به‌کارگیری صحیح اصول برنامه‌ریزی کاربری اراضی می‌توان خطر این‌گونه کاربری‌ها را تا حدود زیادی کاهش داد. لذا این پژوهش درصدد آن است تا با بهره‌گیری از نرم‌افزار PHAST، سامانه اطلاعات مکانی و همچنین کشف و به‌کارگیری شاخص‌هایی جهت استخراج میزان آسیب‌پذیری هرکدام از کاربری‌های هم‌جوار این جایگاه‌ها؛ نتایج حاصل از پیامدهای وقوع حادثه در جایگاه عرضه سوخت را ادغام نموده و با ارائه نقشه‌های کاربردی، فرایند برنامه‌ریزی کاربری اراضی را تسهیل نماید.

**واژه‌های کلیدی:** *تهدید، مدل‌سازی مکانی، کاربری پرخطر، برنامه‌ریزی کاربری زمین، سامانه اطلاعات مکانی*

# Modeling the Proximity of Hazardous Land Uses Based on Threat (Risk) Index Assessment

## (Case Study: Gas Stations, Region 3, District 7, Tehran).

**Ali ghanbari nasab*[1], Mehdi Modiri[2], Marzieh Mashhadi[3], Ebrahim Hashemi Fasaei[4]**

**Abstract**

In the present age, according to the new approach of the axial influence of the hostile countries that have moved the battlefield to urban areas, the enemy seeks to disrupt the functioning of the critical inftastructures of the target country. One of the critical infrastructure is the transportation system, which consists of various parts, including the fuel supply network and fuel supply stations. Fuel supply stations in urban areas, in addition to the serious role of refueling vehicles, have a high potential for major accidents due to the presence of flammable fuel storage tanks. These events can include process events and intentional and hostile events. However, by applying the principles of land use planning correctly, the risk of such events can be greatly reduced. Therefore, this research intends to use PHAST software and create a spatial information system. It also attempts to discover and apply indicators to extract the vulnerability of each of the neighboring uses of these sites; integrate the consequences of an accident at a fuel supply point and facilitate land use planning by providing application maps.

**Keywords:** *Hazardous Facilities, Land Use Planning, Spatial Information System, Spatial Modeling, Threat*

1 – Assistant Professor, Malek ashtar University of Technology, Tehran, Iran, Alighanbari2454@gmail.com
2 – Professor, Malek ashtar University of Technology, Tehran, Iran.
3 – Master of Passive Defense, Malek ashtar University of Technology, Tehran, Iran.
4 –Master of Passive Defense, Malek ashtar University of Technology, Tehran, Iran.
5 – M.A student, Passive Defense, Malek ashtar University of Technology, Tehran, Iran.

## مقدمه

یکی از ارکان و ضوابط برنامه‌ریزی و طراحی شهری نیل به پایداری شهر، ایجاد ایمنی در آن و کاهش آسیب‌پذیری انسانی ناشی از خطرات طبیعی و انسانی است و درواقع برای بهبود وضع زندگی شهروندان ضروری به نظر می‌رسد که تا حد ممکن شهر ایمن بوده و شهروندان از خطرات و حوادث مصون باشند [۱]. امروزه با گسترش کالبدی و افزایش تراکم شهرهای بزرگ، وضعیت خطرناکی در صورت وقوع بحران به وقوع می‌پیوندد، زیرا سلسله‌مراتب شبکه‌های ارتباطی رعایت نشده، عرض راه‌ها کم و از مراکز خدماتی و درمانی دور بوده و در منطقه بحران‌خیز بالایی قرارگرفته‌اند. بروز بحرانی با شدت بالا در این شهرها به از بین رفتن کارایی شبکه ارتباطی، حجم بالای تلفات انسانی و خسارات مالی منجر خواهد شد [۲]. محیط انسانی متأثر از مسائل و مخاطرات محیطی است که گاهی اوقات به‌وسیله عامل انسانی نیز تشدید می‌شود؛ بنابراین تعمق در شناخت عوامل آسیب‌پذیری و ارائه راه‌حل‌های سازنده و پیشنهادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۳]. نیاز به حمل‌ونقل و استفاده از وسایل نقلیه نیز روزانه توأم با افزایش جمعیت شهر در حال افزایش است. این موضوع احتیاج‌های ثانویه‌ای را برای شهرها ایجاد کرده است که خود نیازمند توجه برنامه‌ریزان است. مواردی چون سوخت‌رسانی و تأمین جایگاه‌های عرضه سوخت، تعمیرات و نگهداری وسایل نقلیه، تأمین فضای کافی پارک در سطح شهر و ... در این حوزه قرار می‌گیرند که هرکدام از این موارد به‌تنهایی طیف گسترده‌ای از مطالعات در خصوص بهترین نحوه چیدمان آن‌ها در شهر را به خود اختصاص داده‌اند. از گذشته موضوع تأمین سوخت برای شهرها اهمیت زیادی داشته است. با پیشرفت فناوری و دستیابی انسان به سوخت‌های فسیلی نفت و فرآورده‌های حاصل از پالایش آن به‌سرعت جایگزین چوبی شد که درگذشته منبع اصلی سوخت محسوب می‌شد [۴]. به‌طورکلی شبکه حمل‌ونقل به‌طورمعمول ۱۰-۲۰ درصد سطح شهر را پوشش می‌دهد [۵]. تهدیداتی که متوجه جایگاه‌های عرضه سوخت است، می‌تواند ناشی از عوامل طبیعی (زلزله، سیل، صاعقه و ...)، عوامل صنعتی (نقایص فرایندی، معایب تجهیزاتی، خطای انسانی و ...) و یا عوامل خصمانه و تعمدی (حملات نظامی، خرابکاری و تروریستی و ...) باشد. حوادثِ محل‌های ذخیره مواد یک اثر دومینو را در پی دارد [۶]. به‌نحوی‌که ممکن است در یک تهدید خصمانه با اصابت یک بمب به جایگاه عرضه سوخت، علاوه بر منفجرشدن سوخت موجود در مخزن ذخیره جایگاه، آتش گرفتن خودروهای موجود در محدوده نیز کمک به افزایش پیامدهای نشت عادی سوخت از مخزن ذخیره کند و با به‌کارگیری صحیح اصول برنامه‌ریزی کاربری اراضی می‌توان خطر این‌گونه کاربری‌ها را تا حدود زیادی کاهش داد. به‌منظور فراهم ساختن بستر اجرای راهبردهای پایداری باید بر اساس وضعیت موجود با برنامه‌ریزی هماهنگ و منسجم در دو محور اقدام‌های سریع و فعالیت‌های بلندمدت و تکمیل چرخه دفاعی کشور در برابر حوادث غیرمترقبه و تعامل با دفاع و پدافند غیرعامل انجام پذیرد [۷].

جهت کاهش ضایعات و تلفات حوادث در کاربری‌های پرخطر یکی از راه‌حل‌ها، افزایش ایمنی و کاهش تهدیدات در کاربری و اقدام غیرمستقیم است. ازجمله این اقدامات غیرمستقیم، برنامه‌ریزی کاربری اراضی است که بیش از همه در جانمایی محل جایگاه عرضه سوخت ایفای نقش می‌کند و بعضاً در مورد جایگاه‌های ساخته‌شده و مورد بهره‌برداری نیز با روش‌هایی می‌توان آسیب‌پذیری را کاهش و در جهت افزایش تاب‌آوری گام برداشت. در این راستا، نقشه‌های ریسک در نرم‌افزارهای مکان‌مبنا چون Arc GIS به کمک برنامه‌ریزان آمده‌اند تا دقت فرایند را بالا ببرند. مکان‌یابی صحیح مراکز خدمات شهری و به‌ویژه جایگاه‌های عرضه سوخت در شهرها و خصوصاً کلان‌شهرها می‌تواند جابجایی‌های روزانه و عملکردهای متقابل عناصر شهری را روان و پویا سازد که علاوه بر صرفه‌جویی در وقت موجب صرفه‌جویی در هزینه‌ها نیز شود [۸]. بر همین اساس در مکان‌یابی جایگاه‌ها علاوه بر معیارها و شاخص‌های عمومی موجود چون سهولت دسترسی، فاصله تا جایگاه‌های مجاور، پراکندگی مناسب در سطح شهر و ... لحاظ شاخص‌های پدافند غیرعامل و مدیریت بحران به جهت حفظ حریم‌های ایمنی ضرورت می‌یابد. در این راستا انتخاب هوشمندانه محل پمپ‌بنزین و یا تغییر حساب‌شده در جانمائی برخی کاربری‌های مجاورآن نقش بسزایی در کم شدن هزینه‌ها پس از وقوع بحران دارد که شامل هزینه‌های هدر رفت سوخت از مخزن، درمان افراد آسیب‌دیده و بعضاً مرمت و بازسازی بناهای تخریب‌شده است. وقوع حادثه در این کاربری‌ها می‌تواند منجر به پیامدهایی نظیر آتش‌سوزی، انفجار و انتشار مواد سمی شده و سلامت ساکنان در کاربری‌های هم‌جوار، سرمایه موجود در آن‌ها، عملکردهای تولیدی و خدمات شهری آن‌ها و محیط‌زیست اطراف را با صدماتی مواجه نماید. همین عامل باعث شده است تا مدیریت ریسک حوادث محتمل ناشی از تأسیسات پرخطر اهمیت بسزایی یابد. برای مدیریت ریسک حوادث عظیم در تأسیسات مذکور روش‌هایی وجود دارد. برخی از روش‌های معمول در این زمینه مکان‌یابی مناسب، به‌کارگیری فناوری ایمن، مدیریت ایمنی تأسیسات و طرح واکنش اضطراری در داخل تأسیسات است؛ اما به نظر می‌رسد برخی از اقدامات شهری در خارج از این تأسیسات نیز در راستای مدیریت ریسک حوادث احتمالی در تأسیسات مذکور انجام می‌شود که یکی از این اقدامات مهم برنامه‌ریزی کاربری اراضی در اطراف آن‌ها باشد.

به‌طورکلی، سه روش رویکرد فواصل تفکیک عمومی[1]، رویکرد مبتنی بر ریسک[2] و رویکرد مبتنی بر پیامد[3] برای برنامه‌ریزی استفاده از زمین در جهت برآورد ریسک[4] وجود دارد [۹].

تعیین و استفاده از فواصل تفکیک «عمومی» بیشتر بر اساس نوع فعالیت کاربری است تا تجزیه‌وتحلیل دقیق خطرات. این فواصل ایمنی اغلب از قضاوت‌های متخصصان به دست می‌آیند که بیشتر بر اساس عوامل تاریخی، تجربه و محاسبات ناشی از

نتایج یا اطلاعات مربوط به تأثیرات محیطی استوار است. این رویکرد در آلمان و سوئد ایجاد و مورد استفاده قرار گرفته است.

رویکرد مبتنی بر ریسک بر ارزیابی پیامدها و فرکانس وقوع مورد انتظار یا احتمال سناریوهای احتمالی تمرکز دارد. معیارهای برنامه‌ریزی زمین با توجه به ریسک محاسبه‌شده بر اساس معیارهای خاص قابل‌پذیرش است. از دید برنامه‌ریزی زمین، نتایج تجزیه‌وتحلیل ریسک به‌عنوان مبنایی برای اقدامات کاهش ریسک برای کاهش احتمال و پیامد حوادث استفاده می‌شود و همچنین یک راهنما برای تعیین قابل‌قبول بودن توسعه پیشنهادی در مجاورت مکان‌های خطرناک است. این روش در انگلستان و هلند استفاده می‌شود.

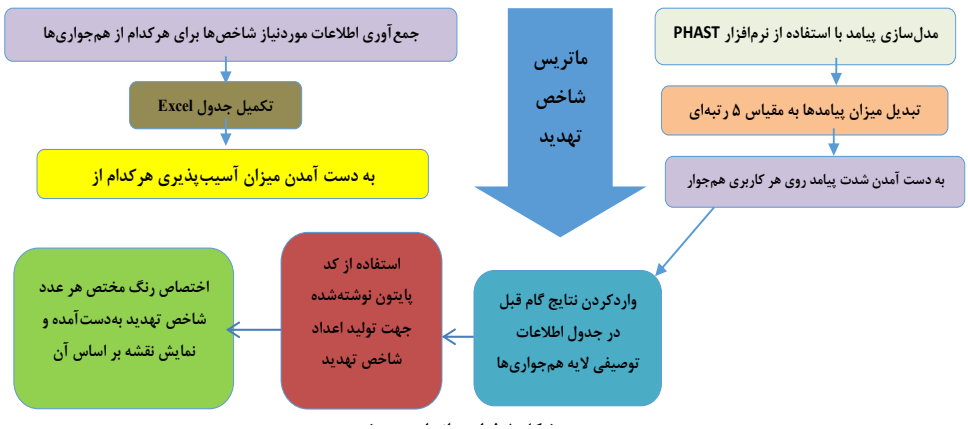
رویکرد مبتنی بر پیامد بر ارزیابی پیامدهای تعدادی از سناریوهای مرجع حاصل از مطالعه ارزیابی کمی ریسک[۵] متمرکز است. مقادیر آستانه خسارت برای اثرات فیزیکی حادثه (فشار بیش‌ازحد، تابش حرارتی، غلظت سمی) با توجه به پیامدها ناخواسته (تلفات، اثرات غیرقابل‌برگشت، اثرات برگشت‌پذیر و غیره) تعیین می‌شود. این روش به‌طورکلی در فنلاند، لوکزامبورگ، اسپانیا، بلژیک و اتریش مورد استفاده قرارگرفته است. به‌طورکلی در شکل ۱ فرایند انجام پژوهش ارائه شده است.

در مقالات بین‌المللی طی سال‌های اخیر و پس از وقوع چند حادثه عظیم در صنایع پرخطر چون انفجار بزرگی که در کارخانه ازت فرانسه[۶] در سال ۲۰۰۱ به وقوع پیوست و حادثه‌ی بانسفیلد[۷] در حوزه‌های نفت و گاز در یازده دسامبر سال ۲۰۰۵، توجه ویژه‌ای به بحث برنامه‌ریزی کاربری زمین[۸] در برنامه‌های پیشگیرانه کشورها با توجه به ارزیابی ریسک صنایع و کاربری‌های پرخطر انجام شده است [۴].

## پیشینه تحقیق

در مقاله «مقدمه‌ای بر تجزیه‌وتحلیل تهدید در فرایند برنامه‌ریزی کاربری زمین» نوشته برانکو و دِیوُر کُنتیک در سال ۲۰۰۹ یک روش برای معرفی ارزیابی ریسک در فرایند برنامه‌ریزی کاربری زمین معرفی‌شده است که به دلیل اقتباس نتایج ارزیابی ریسک که برای برنامه‌ریزان کاربری اراضی ضروری است، عنوان کلی تجزیه‌وتحلیل تهدید برای آن استفاده شده است [۹]. جیووانی و همکاران در مقاله‌ای تحت عنوان «ارزیابی پیامدهای حوادث خطوط لوله جهت پشتیبانی برنامه‌ریزی کاربری زمین» در سال ۲۰۱۷ یک ارزیابی تاریخی بر یک نمونه از ۱۰۶۳ حادثه رخ‌داده در خطوط لوله ساحلی انجام داده‌اند تا ریسک مرتبط با این سامانه‌ها و اهمیت آن در برنامه‌ریزی کاربری زمین را نشان دهند. این تحقیق در بررسی پیامدهای ناشی از این حوادث بر انسان‌ها به این نتیجه رسیده است که زندگی انسان به طرق مختلفی تحت تأثیر حوادث عظیم قرار می‌گیرد که وابسته به‌شدت تأثیر و تراکم جمعیت است [۱۰]. مقاله «برنامه‌ریزی کاربری زمین پیرامون صنایع پرخطر» نوشته پایلون و همکاران در سال ۲۰۱۴ برخی بازتاب‌ها در مورد به‌کارگیری قوانین منطقه‌ای و استانی مرتبط با ریسک‌های عمده صنایع و برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری و سرزمینی را ارائه می‌دهد [۱۱]. در مقاله «نقشه‌سازی مشارکتی برای کاهش خطر آتش‌سوزی در مناطق پرتراکم شهری» راهماواتی و همکاران در سال ۲۰۱۶ یک راه‌حل برای کاهش آسیب‌پذیری و بهبود قابلیت جوامع معرفی‌شده است. بیشتر مناطق شهر مورد نظر در این پژوهش در ریسک آتش بالا قرار گرفته‌اند [۱۲]. در مقاله‌ی «برنامه‌های شرایط اضطراری شهرداری در ایتالیا: الزامات و نقاط ضعف» نوشته پایلون و همکاران در سال ۲۰۱۷ هدف تهیه نشانه‌هایی برای چگونگی دستیابی به رویکردی متفاوت در هر دو برنامه‌ریزی کاربری زمین و شرایط اضطراری بوده است که در آن ارزیابی ریسک به‌عنوان بخشی از یک فرایند جامع متشکل از فازهای مهم و درهم‌تنیده شامل نه‌تنها شرایط اضطراری پس از حادثه بلکه نقش ساخت‌وساز برای حفاظت درازمدت، بیان‌شده است [۱۳]. در مقاله‌ی دیگری با عنوان «تعیین حریم ایمن برای جایگاه‌های عرضه‌ی گاز طبیعی فشرده در شهرها» نوشته سیدی و مهدی زاده در سال ۱۳۹۵ نویسندگان به مطالعه خطرات ناشی از فعالیت این جایگاه‌ها در مناطق شهری پرداخته و آن‌ها عللی که پتانسیل آزاد شدن خطر در جایگاه دارد را موارد زیر بیان کرده‌اند [۱۴]:

۱- فشار عملیاتی و ذخیره‌سازی؛
۲- تنش ناشی از پر و خالی شدن مخزن خودرو؛
۳- خوردگی بدنه مخزن به علت وجود آب و ترکیبات مرکاپتان (تشکیل سولفوریک اسید)؛




**شکل ۱. فرایند انجام پژوهش**

۴- عدم انجام آزمون‌های بازرسی دوره‌ای؛
۵- دست‌کاری مخازن.

سیدی در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود با عنوان «الزامات پدافند غیرعامل در کاربری‌های هم‌جوار انبارهای نفت (مطالعه موردی: انبار نفت شمال شرق تهران)» برای برنامه‌ریزی کاربری اراضی هم‌جوار انبارهای نفت بر مبنای تهدیدات نظامی متصور بر روی این انبارها و پیامدهای ناشی از مورد هدف قرار گرفتن آن‌ها (موج انفجار، انتشار بخارهای سمی و گرمای تشعشعی)، یک مدل ارائه کرده است [۴]. مدیری و همکاران در مقاله‌ای با عنوان «بررسی جایگاه برنامه‌ریزی کاربری اراضی در مدیریت ریسک تأسیسات پرخطر بر اساس سناریوی وقوع حوادث عظیم در آن‌ها» سعی کرده‌اند تا نقش برنامه‌ریزی کاربری اراضی در مدیریت ریسک تأسیسات پرخطر را بررسی و جایگاه آن در مدیریت ریسک تأسیسات پرخطر را مشخص کنند [۱۵]. یعقوب زاده و بالارستاقی در مقاله‌ای با عنوان «مکان‌یابی بهینه جایگاه‌های عرضه‌ی سوخت (پمپ‌بنزین) (مطالعه موردی: شهر گرگان)» علاوه بر تعیین مکان‌های مناسب جایگاه‌های عرضه سوخت در سطح مناطق خدماتی شهر گرگان تعداد این جایگاه‌ها را نیز تخمین زده‌اند [۱۶]. یاری در مقاله‌ای با عنوان «طراحی ذاتاً ایمن در ساخت پمپ‌بنزین‌های شهری» ابتدا با بررسی اولیه شهرستان قزوین و شناسایی استانداردهای ایمنی در پمپ‌بنزین‌های شهری درنهایت وی به این نتیجه رسیده است که جامعه مورد بررسی بیشتر به ایمنی غیرفعال و کم‌هزینه گرایش داشته است [۶]. لنگری و همکاران در مقاله‌ای تحت عنوان «آنالیز نرم‌افزارهای مدل‌سازی پیامد ALOHA و PHAST» پس از بررسی ضرورت فرایند ارزیابی پیامد و مراحل اجرای آن درنهایت به تحلیل و بررسی و مزایا و معایب نرم‌افزارهای ALOHA و PHAST پرداخته است [۱۷]. یعقوب زاده و کتانچی در مقاله‌ای با عنوان «مکان‌یابی بهینه‌ی جایگاه‌های عرضه سوخت (پمپ‌بنزین) (مطالعه موردی: شهر بندرگز)» بهترین زمین را از میان چهار زمین انتخابی بندرگز مشخص کرده‌اند که جهت این انتخاب از روش‌های تاپسیس و تاکسونومی بهره جسته‌اند [۱۸]. نیری و همکاران در مقاله خود با عنوان مکان‌یابی مراکز امداد و نجات در شهرستان نهاوند با استفاده از مدل FAHP به این نتیجه رسیده‌اند که با بهره‌گیری از شرایط طبیعی می‌توان در راستای مدیریت بحران بهره گرفت [۱۹].

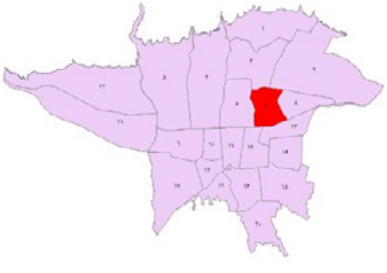
با بررسی کارهای انجام‌شده پیرامون موضوع این تحقیق، مشاهده می‌شود که هم‌جواری کاربری پرخطر پمپ‌بنزین تاکنون مدل‌سازی نشده است تا بتوان به ارائه الگوی مناسبی برای نحوه قرارگیری کاربری‌های هم‌جوار رسید.

## منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه ناحیه ۳ از منطقه ۷ شهر تهران است. مشاهده می‌شود که منطقه موردنظر از شمال با مناطق ۳ و ۴، از شرق با منطقه ۸، از غرب با منطقه ۶ و از سمت جنوب با مناطق ۱۲ و ۱۳ هم‌مرز است. در ناحیه مورد نظر دو پمپ‌بنزین وجود دارد که موقعیت آن‌ها مطابق با شکل ۲ شامل جایگاه شماره ۱۱۰ واقع در خیابان مفتح (شریانی درجه ۱) و جایگاه شماره ۱۵۵ در تقاطع خیابان‌های شریعتی (شریانی درجه ۱) و بهار شیراز است.

## روش تحقیق

در این تحقیق از روش تحلیلی-توصیفی استفاده شده است. این روش، شاخص تهدید[۹] را به‌عنوان ابزاری برای تمایز بین پیامدهای مختلف مورد انتظار در اجزای محیطی واقعی معرفی می‌کند. بیان عددی شاخص تهدید نشان‌دهنده سطوح مختلف تهدید است. این شاخص اصولاً بر اساس یک رویکرد ارزیابی ریسک مبتنی بر پیامدها تدوین و با آسیب‌پذیری محیط پذیرنده آن ترکیب شده است. در همین راستا، فرایند مذکور مستلزم شناسایی سناریوهای حادثه با در نظر گرفتن توزیع فضایی اثرات فیزیکی آن است. سناریوهای حادثه بر اساس ارتباط آن‌ها برای برنامه‌ریزی استفاده از زمین انتخاب می‌شوند. این بدان معنی است که همه سناریوهای تأثیرگذار بر خارج از محدوده پمپ‌بنزین، بدون توجه به فراوانی و احتمال وقوع آن باید مدنظر باشند. چنین رویکردی شرایط (سناریوها) با احتمال وقوع کم و پیامد بالا را حذف نمی‌کند و به دو دلیل مناسب است. نخست اینکه احتمال وقوع یک حادثه و بزرگی (دامنه) پیامدهای آن نیز ارزیابی می‌شود و دوم، برنامه‌ریزان کاربری اراضی و همه طرف‌های درگیر اطمینان می‌یابند که به حوادث احتمالی به‌صورت جامع و کامل توجه شده



**شکل ۲. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه**

است. بر اساس آنچه در مقدمه اشاره شد، در این پژوهش به‌منظور برنامه‌ریزی استفاده از زمین جهت برآورد ریسک روش سوم یعنی رویکرد مبتنی بر پیامد بکار گرفته شده است.

اساساً، معنای اصطلاح «تحلیل تهدید» شبیه اصطلاح «تحلیل پیامد» در چارچوب ارزیابی ریسک است، البته بدون در نظر گرفتن احتمال‌ها و یا فرکانس‌های وقوع آن‌ها؛ بنابراین، تفاوت اصلی بین تهدید و ریسک این است که تهدید احتمال عواقب موردنظر را مشخص نمی‌کند. مزیت واردکردن تهدید به برنامه‌ریزی کاربری زمین در موارد زیر است:

- طرح کاربری زمین به‌عنوان یک خروجی و محصول، احتمال استفاده از زمین را تعیین نمی‌کند؛ بنابراین به نظر می‌رسد ریسک یک مبنای کارآمد برای تعیین کاربری‌های واقعی و همسایگی نیست. به‌عنوان‌مثال، در یک طرح کاربری اراضی احتمال وقوع یک حادثه صنعتی اهمیتی ندارد همچنین محاسبه و تعداد تلفات ناشی از آن نیز انجام یا تأیید نمی‌شود، بلکه در مورد استفاده از زمین و محیط اطراف آن به‌صورت قطعی تصمیم‌گیری می‌کند. بااین‌وجود، رویکرد احتمالی می‌تواند به‌طور مؤثری تصمیمی را در مورد نوع استفاده از زمین مناسب‌تر مدنظر را اطلاع دهد.

- در نظر گرفتن پیامدهای محیطی در برنامه‌ریزی زمین، امکان تعیین شرایط استفاده از زمین‌های همسایه و همچنین شرایط سازمانی و معماری و راه‌حل‌های شهرنشینی را فراهم می‌کند. به‌عنوان‌مثال، احتمال حادثه‌ای که به تخلیه شهروندان در محله نیاز دارد، می‌تواند راهنمای طراحی زیرساخت‌های حمل‌ونقل باشد. همان‌طور که قبلاً گفته شد، در نظر گرفتن صریح احتمال تلفات در برنامه‌ریزی کاربری زمین عرف نیست [۹].

جهت نمایش ریسک هرکدام از هم‌جواری‌های کاربری پرخطر موردنظر (پمپ‌بنزین)، از ماتریس تعیین شاخص تهدید استفاده شده است که دو سطح شدت تهدید[۱۰] بر روی کاربری و دیگری عدد آسیب‌پذیری تهدید محیطی کاربری[۱۱] بر آن تأثیرگذار هستند. روش‌های گردآوری اطلاعات؛ کتابخانه‌ای و از طریق بررسی پایان‌نامه‌های مرتبط با موضوع تحقیق، کتب و مقالات لاتین و فارسی بوده است. برای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات از نرم‌افزارهای Arc GIS 10.3، PHAST 7.2، Google Earth Pro، Excel استفاده شده است.

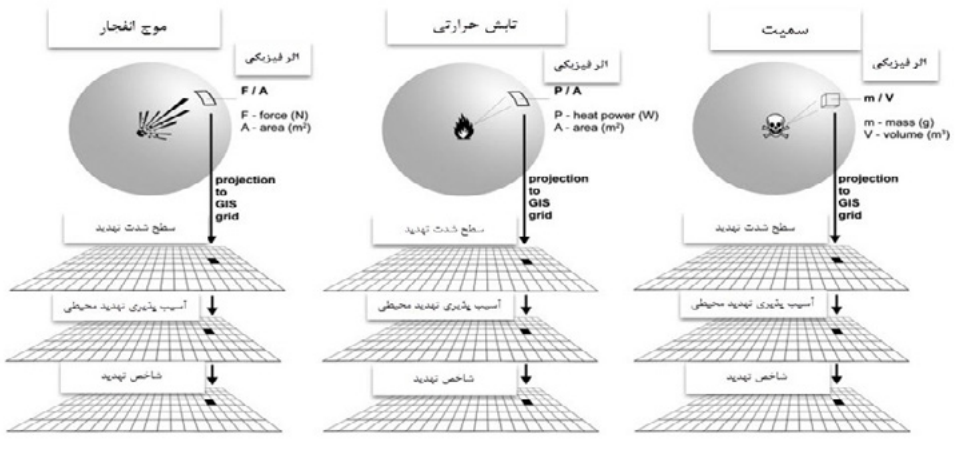
روند انجام این پژوهش بدین‌صورت است که در ابتدا شبیه‌سازی پیامد بر اساس سناریوی مفروض (به‌منظور به دست آوردن سطح شدت تهدید) صورت می‌پذیرد. سپس شاخص‌های آسیب‌پذیری تهدید محیطی کاربری تعیین می‌شود و در ادامه پس از به دست آوردن هر کاربری، دو عدد آسیب‌پذیری و پیامد (سطح شدت تهدید) در ماتریس شاخص تهدید قرار می‌گیرد و سپس عدد شاخص تهدید برای هر کاربری استخراج می‌شود.

با استفاده از تحقیقات پیشین در این زمینه، روش کمی جهت نیل به اهداف تحقیق اتخاذ شد که نمایشی از میزان استقرار صحیح هم‌جواری‌ها در اطراف کاربری پرخطر پمپ‌بنزین است. با مرور منابع علمی از ماتریسی استفاده شد که با رتبه‌بندی کاربری‌ها به پنج گروه مختلف، میزانی از شاخص تهدید را برای هرکدام بیان می‌دارد.

داده‌های مورد استفاده در این ماتریس مطابق با شکل ۳، عددی برای سطح شدت تهدید و عددی برای آسیب‌پذیری تهدید محیطی است.

## سطح شدت تهدید (پیامد)

برای به دست آوردن سطح شدت تهدید از مدل‌سازی پیامد استفاده می‌شود. مدل‌سازی پیامد شامل مدل‌سازی رهایش مواد در محیط و به دنبال آن مدل‌سازی پیامدهای ناشی از سمیت، اشتعال یا انفجار این مواد است. امروز این کار به دلیل پیچیدگی معادلات و زمان‌بر بودن حل آن‌ها، توسط نرم‌افزارهای رایانه‌ای انجام می‌شود. تعدادی از این نرم‌افزارها تنها قادر به مدل‌سازی پخش مواد هستند ولی توانایی مدل‌سازی پیامدهای آتش و انفجار را ندارند. نرم‌افزار PHAST از قوی‌ترین و مشهورترین نرم‌افزارهای موجود است. نتایج حاصله از مطالعات جداگانه مدل جامع پیامد UDM[۱۲] ارائه شده توسط DNV، بیانگر آن است که هم تئوری و هم توانایی این مدل در پیش‌بینی حوادث بسیار کارآمد است. برای مدل‌سازی به‌وسیله نرم‌افزار PHAST باید ابتدا مشخصات منبع انتشار (ماده اشتعال‌پذیر) را مشخص کرد. اطلاعات مورد نیاز در این بخش شامل نوع و مقدار مواد و همچنین شرایط عملیاتی نظیر دما و فشار مورد نظر است. پس از تعیین مشخصات مواد




**شکل ۳. نمایش شما شاخص تهدید [۹]**

موجود در فرایند باید سناریوی محتمل، پارامترهای سناریو و انتخاب روش جهت مدل‌سازی انفجار را تعیین کرد.

بنابراین نرم‌افزار مورد استفاده در این تحقیق جهت مدل‌سازی پیامدها نرم‌افزار PHAST است. تعریف سناریوها در این نرم‌افزار با دو سناریوی تخلیه ناگهانی مواد و نشت در نظر گرفته شد. ماده مورد استفاده در تعیین پارامترهای لازم این سناریوها طبق نظر کارشناسان شامل Kerosine به دلیل شباهت خواص آن به بنزین توزیع‌شده در کشور ایران (در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱ بار) و مدل TNT به‌عنوان روش انفجار انتخاب شد. حجم ذخیره‌سازی بنزین در هر دو جایگاه طی بررسی‌های صورت گرفته و مشاهدات میدانی پمپ‌بنزین‌های منطقه مورد مطالعه، ۴۵۰۰۰ لیتر بوده است. همچنین از داده‌های آب و هوائی پیش‌فرض نرم‌افزار استفاده شد تا قابلیت نمایش در بدترین حالت را داشته باشد. مدل‌های متعددی برای مدل‌سازی موج انفجار ارائه شده‌اند که در پژوهش پیش رو از مدل TNT Equivalency استفاده شده است. این مدل از ساده‌ترین مدل‌های ارائه‌شده برای محاسبات موج انفجار بوده و بر اساس مدل‌سازی جرم گاز قابل‌انفجار در محیط TNT استوار است. مقدار مشخصی گاز قابل اشتعال با توجه معادله ۱ با TNT معادل‌سازی می‌شود:

معادله (۱)
$$w = \frac{\eta M E_C}{E_{TNT}}$$

که در آن:

w: جرم معادل باTNT (kg)

M: جرم گاز قابل اشتعال (kg)

Ec: گرمای احتراق گاز (kj/kg)

ETNT: گرمای احتراق TN (حدود ۴۶۰۰kj /kg)

به‌این‌ترتیب با داشتن جرم TNT معادل و خصوصیات انفجار آن می‌توان انفجار گاز را شبیه‌سازی کرد. برای استفاده از ماتریس شاخص تهدید مقادیر عددی پیامدی که نرم‌افزار محاسبه می‌کند باید به مقیاس ۵ رتبه‌ای طی جدول‌های ۱، ۲ و ۳ تبدیل شوند.

## آسیب‌پذیری تهدید محیطی

آسیب‌پذیری تهدیدات زیست‌محیطی حالت یا ویژگی اجزای محیطی است که گیرنده یک تغییر منفی (اثر) ناشی از حادثه مواد خطرناک است که سطح حساسیت اجزای محیطی در برابر صدمه ناشی از حادثه مواد خطرناک را توصیف می‌کند. یا برعکس، درجه یک سامانه محیطی یا بخشی از آن (یک جز) نسبت به انعطاف‌پذیری و مقاومت در برابر پیامدهای خاص یک حادثه است. به‌عنوان‌مثال، ساختمان‌های مختلف سطوح مختلف مقاومت (با آسیب‌پذیری) را نسبت به فشار بیش‌ازحد بیان می‌کنند یا همه رودخانه‌ها پس از یک واقعه آلودگی اتفاقی، سطح یکسانی از خود پالایی را ادا نمی‌کنند. سرانجام، آسیب‌پذیری تهدید محیطی معیاری برای پایداری یک عنصر/جز محیطی است که در معرض یک حادثه خاص قرار گیرد. اجزای محیطی شامل انسان، اکو سامانه‌های طبیعی (جانوران، گیاهان)، آب، هوا و زیرساخت‌ها (ساختمان‌ها) و غیره هستند [۹].

**جدول ۱. تبدیل مقادیر عددی موج انفجار به مقیاس ۵ رتبه‌ای شدت [۹]**

| میزان موج انفجار (Kpa) | درجه شدت |
|---|---|
| ۲/۱ > | ۱ |
| ۶/۹ -۲/۱ | ۲ |
| ۱۳/۸-۶/۹ | ۳ |
| ۲۰/۷-۱۳/۸ | ۴ |
| ۲۰/۷ < | ۵ |

**جدول ۲. تبدیل مقادیر عددی گرمای تشعشعی به مقیاس ۵ رتبه‌ای شدت [۹]**

| میزان گرمای تشعشعی ($Kw/m^2$) | درجه شدت |
|---|---|
| ۴/۵ > | ۱ |
| ۱۲/۵ -۴/۵ | ۲ |
| ۲۵ -۱۲/۵ | ۳ |
| ۳۷/۵-۲۵ | ۴ |
| ۳۷/۵ < | ۵ |

**جدول ۳. تبدیل مقادیر عددی غلظت گازهای سمی به مقیاس ۵ رتبه‌ای شدت [۹]**

| میزان غلظت گاز سمی | | درجه شدت |
|---|---|---|
| <ERPG1 | <TEEL1 | ۱ |
| ERPG1 | TEEL1 | ۲ |
| ERPG2 | TEEL2 | ۳ |
| ERPG3 | TEEL3 | ۴ |
| >ERPG3 | >TEEL3 | ۵ |

برای به دست آوردن اعداد آسیب‌پذیری تهدید محیطی هر کاربری، ابتدا تعدادی شاخص مدنظر قرار گرفت و سپس این شاخص‌ها به روش مقایسه دودویی وزن دهی و بعدازآن جداول اختصاصی جهت امتیازدهی به وضعیت موجود هر کاربری از دیدگاه آن شاخص تهیه شد. جهت تهیه این جدول‌ها از اسناد و متون موجود استفاده شده است. نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۴ ارائه شده است [۴].

امتیاز کسب‌شده هر کاربری برای هر شاخص پس از مقایسه دودویی وزن دهی هر کاربری عددی بین ۱ تا ۱۰۰ و طبق جدول ۵ به مقیاس پنج رتبه‌ای تبدیل شده است.

## یافته‌های تحقیق

یافته‌های تحقیق حاضر به دو بخش تقسیم می‌شوند. بخش اولیه یافته‌ها، نمودارهای توزیع پیامد (سطح شدت تهدید) وقوع انفجار در مخزن پمپ‌بنزین که شعاع گسترش پیامدها در سناریوهای مختلف با سطوح آسیب‌زنندگی بر هم‌جواری جایگاه عرضه سوخت نشان می‌دهند. بخش نهایی یافته‌ها شاخص تهدید برای هر کاربری است. پس از به دست آمدن سطح شدت تهدید و آسیب‌پذیری تهدید محیطی، آن‌ها به ماتریس شاخص

**جدول ۴. وزن دهی شاخص‌ها [۴]**

| شاخص | ضریب وزنی | شاخص | ضریب وزنی |
|---|---|---|---|
| تعداد جمعیت حاضر در کاربری | ۰/۳۴۶ | استحکام تأسیسات ساختمان کاربری | ۰/۰۹ |
| اهمیت افراد حاضر در کاربری | ۰/۰۶۴ | خطرات کاربری‌های هم‌جوار کاربری | ۰/۰۲۸ |
| ساعات حضور جمعیت | ۰/۰۸۳ | ارزش اقتصادی کاربری | ۰/۰۲۸ |
| حضور گروه‌های خاص در کاربری | ۰/۱۶۲ | عدم امکان تجدید پذیری کاربری | ۰/۰۰۹ |
| تعداد طبقات کاربری | ۰/۰۳۱ | اهمیت راهبردی فعالیت‌های کاربری | ۰/۰۴۴ |
| نمای ساختمان کاربری | ۰/۰۴۲ | انحصاری بودن فعالیت‌های کاربری | ۰/۰۱۴ |
| نوع سازه ساختمان کاربری | ۰/۰۵۰ | عمق تأثیرگذاری فعالیت‌های کاربری | ۰/۰۱۳ |
| عمر سازه ساختمان‌های کاربری | ۰/۰۴۶ | ضعف مدیریت شرایط اضطراری و توانائی تخلیه کاربری | ۰/۰۱۴ |
| وسایل داخل ساختمان کاربری | ۰/۰۰۶ | | |

**جدول ۵. تبدیل درجه آسیب‌پذیری تهدید محیطی به مقیاس پنج رتبه‌ای [۴]**

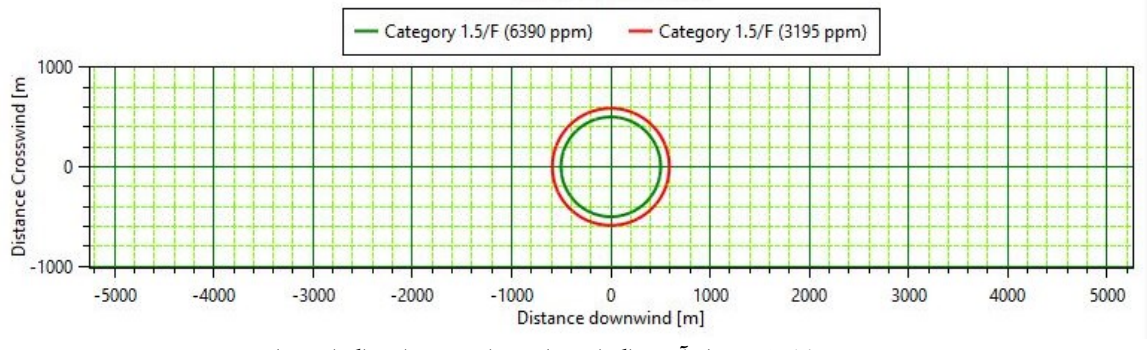
| امتیاز تعدیل‌شده آسیب‌پذیری تهدید محیطی | درجه آسیب‌پذیری تهدید محیطی |
|---|---|
| ۱-۲۰ | ۱ |
| ۲۱-۴۰ | ۲ |
| ۴۱-۶۰ | ۳ |
| ۶۱-۸۰ | ۴ |
| ۸۱-۱۰۰ | ۵ |

تهدید وارد می‌شوند تا به یک مقدار مشخص از شاخص تهدید برای هر کاربری برسند.

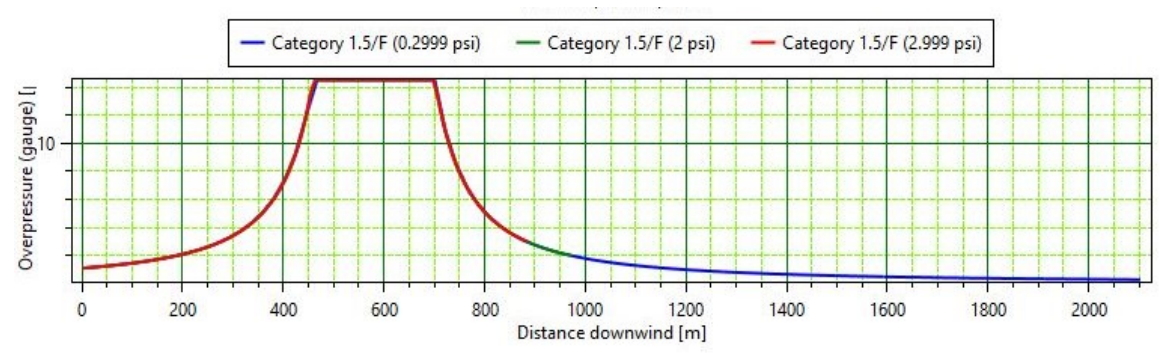
## نتایج مربوط به سطح شدت تهدید

**الف- نتایج حاصل از سناریوی تخلیه ناگهانی مواد**

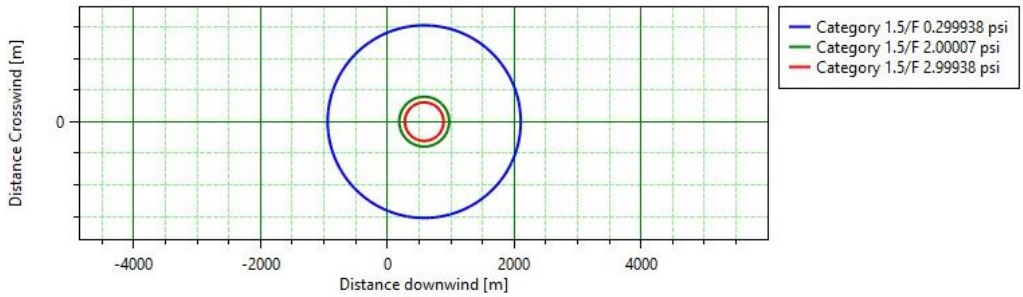
طبق این سناریو و با توجه به حجم مخزن هر دو جایگاه که ۴۵۰۰۰ لیتر بوده است و استفاده از مدل TNT برای انفجار آن، در ابتدا انفجاری رخ نمی‌دهد. تنها پیامد در این حالت آتش ناگهانی است. نمودار آتش ناگهانی برای این سناریو در شکل ۴ ارائه شده است.



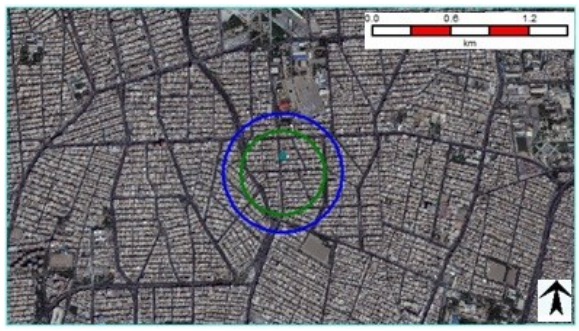

**شکل ۴. نمودار آتش ناگهانی برای سناریوی تخلیه ناگهانی مواد**



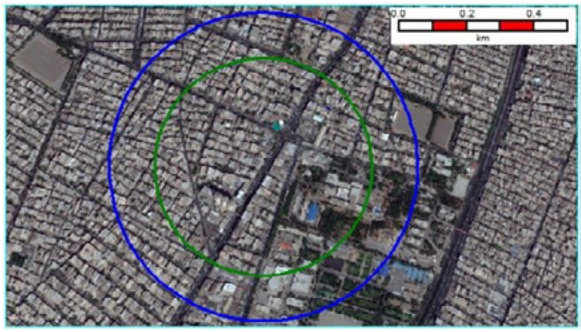

**شکل ۵. نمودار میزان افزایش فشار ناشی از انفجار سناریوی تخلیه ناگهانی مواد پس از گذشت مدت‌زمانی از شروع حادثه در بدترین حالت**




**شکل ۶. نمودار مسافت‌های پوشش داده‌شده توسط مقادیر مشخص افزایش فشار**



**شکل ۷: عکس هوائی مربوط به موج انفجار در جایگاه شماره ۱۱۰**



**شکل ۸: عکس هوائی مربوط به موج انفجار در جایگاه شماره ۱۵۵**

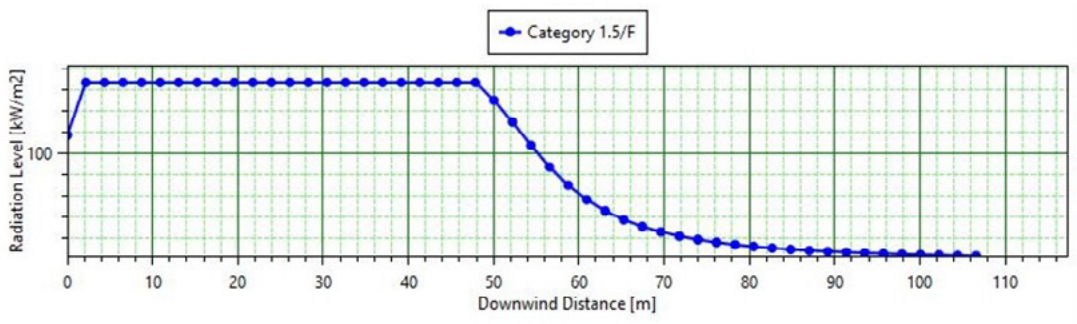
نمودار آتش ناگهانی حاصله در تصویر ۶ روی محور افقی فاصله از منبع رهایش در جهت باد و روی محور عمودی فاصله از منبع رهایش در جهت عمود بر باد و موازی با سطح زمین را نشان می‌دهد. اعداد ارائه شده در بالای تصویر حدود اشتعال‌پذیری را برای این ماده نشان می‌دهند. با توجه به این تصویر محدوده‌ای به شعاع ۶۰۰ متر دارای غلظتی کمتر از نصف حد پایین اشتعال‌پذیری است و محدوده‌ای به شعاع ۵۰۰ متر که با رنگ سبز مشخص شده است، غلظتی بیش‌ازحد اشتعال‌پذیری دارد.

نمودار میزان افزایش فشار ناشی از انفجار در شکل ۵ نشان می‌دهد که افزایش فشار تا نزدیک Psi ۳ با شعاع نزدیک ۹۰۰ متر از مرکز انفجار وجود دارد، پس‌ازآن تا حدود شعاع ۹۸۰ متر در جهت باد افزایش فشار Psi ۲ ملاحظه و سپس میزان افزایش فشار تا نزدیک ۰/۳ با شعاع ۲۰۰۰ متری مشاهده می‌شود که در شعاع نزدیک به ۲۱۰۰ متر این مقدار به صفر می‌رسد. در شکل ۶ با توجه به سطوح مختلف افزایش فشار که می‌توانند هنگام تعریف کردن مدل، تعیین شوند، فواصلی که حداقل افزایش فشار در آن‌ها برابر با مقادیر مطلوب است، از نمای بالا و رنگ متمایز مشخص می‌شوند.

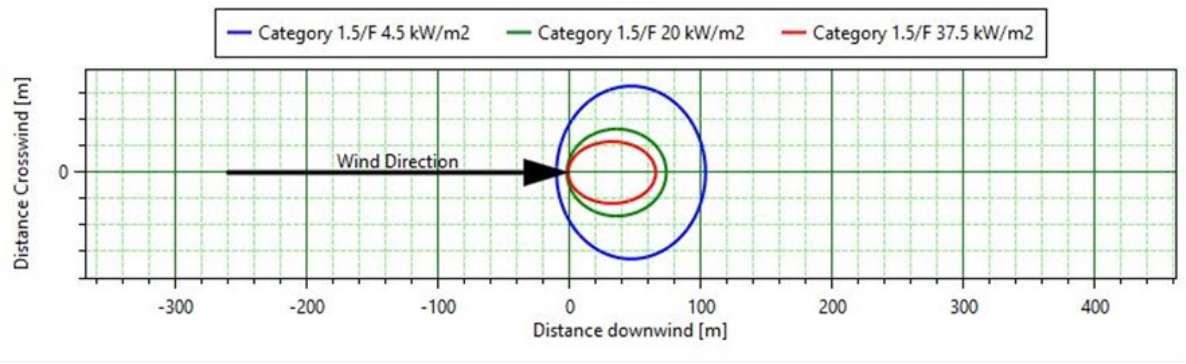
مطابق با شکل‌های ۷ و ۸، برای تحلیل بهتر نتایج و تعیین کیفی نقاط تحت تأثیر موج انفجار می‌توان با رعایت مقیاس مناسب، نتایج حاصل را بر روی نقشه هوائی محل مورد نظر رسم کرد. مرز محدوده‌های جغرافیائی که حداقل افزایش فشار در آن‌ها برابر با مقادیر مطلوب است، از نمای بالا و رنگ متمایز مشخص شده‌اند. با توجه به نمودارهای حاصل در این بخش مشاهده می‌شود که نهایت شعاع آسیب زنندگی انفجار در این سناریو ۳۹۴ متر (برای میزان موج انفجار Psi ۳ که حد پائینی برای ایجاد خسارت جدی به ساختمان‌هاست) و ۱۵۲۱ متر (برای میزان موج انفجار Psi ۰/۳ که در آن ۱۰ درصد شیشه‌ها شکسته می‌شوند) از محل وقوع انفجار است.

**ب- نتایج حاصل از سناریوی نشت**

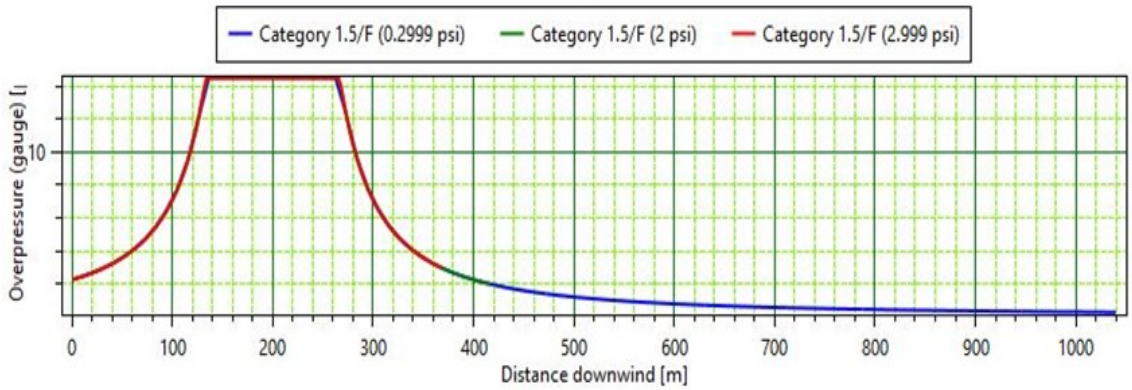
در این سناریو آتش فورانی[۱۳]، انفجار[۱۴] و آتش ناگهانی[۱۵] رخ می‌دهد و هیچ‌گونه آتش استخری[۱۶] تشکیل نمی‌شود. نتایج این سناریو در شکل‌های ۹ تا ۱۵ آمده است. به دلیل در نظر گرفتن بدترین حالت پیامد جهت به دست آوردن اعداد پیامد هم‌جواری‌ها، با بررسی نمودارهای حاصل از هر دو سناریو، مشاهده می‌شود که پیامدهای انفجار سناریوی تخلیه ناگهانی مواد بیشتر و شعاع آن گسترده‌تر از سناریوی نشت است؛ بنابراین اعداد شدت پیامد بر اساس سناریوی تخلیه ناگهانی مواد محاسبه می‌شوند.



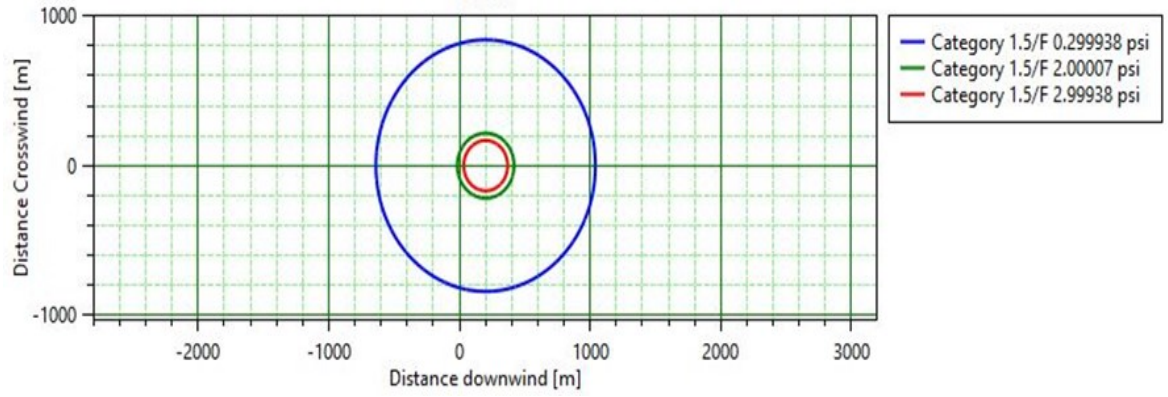

**شکل ۹. نمودار تابش حرارتی برحسب فاصله برای سناریوی نشت (پیامد آتش فورانی)**



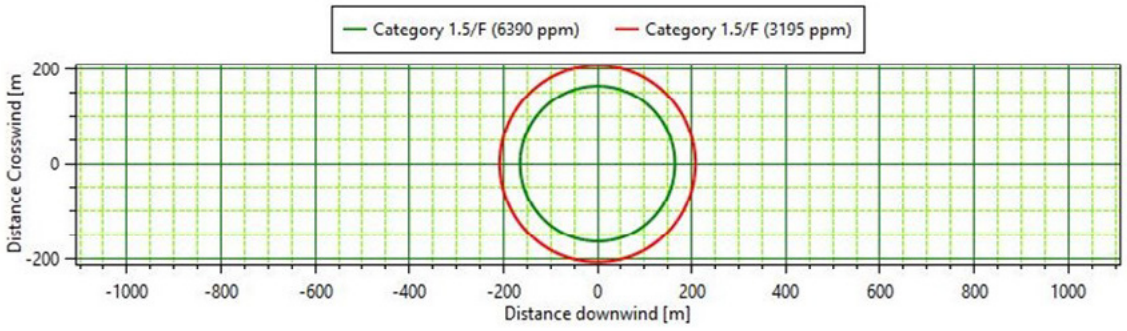

**شکل ۱۰. نمودار مسافت پوشش داده‌شده توسط سطوح مختلف شدت تابش حرارتی در آتش فورانی (سناریوی نشت)**




**شکل ۱۱. نمودار میزان افزایش فشار ناشی از انفجار سناریوی نشت پس از گذشت مدت‌زمانی از شروع حادثه در بدترین حالت**

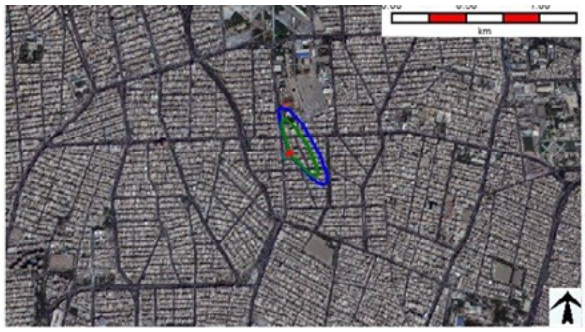



**شکل ۱۲. بدترین حالت در پیامد انفجار با سناریوی نشت پس از گذشت مدت‌زمانی از شروع حادثه**




**شکل ۱۳. نمودار آتش ناگهانی برای سناریوی نشت**

**شکل ۱۴. عکس هوائی مربوط به پیامد آتش ناگهانی با سناریوی نشت در جایگاه شماره ۱۱۰**



**شکل ۱۵. عکس هوائی مربوط به پیامد آتش ناگهانی با سناریوی نشت در جایگاه ۱۵۵**

**جدول ۶. ماتریس شاخص تهدید [۹]**

| درجه شدت پیامد بر روی کاربری | آسیب‌پذیری تهدید محیطی (درجه حساسیت کاربری) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |

در شکل‌های شماره ۹ و ۱۰ مربوط به آتش فورانی دو نوع نمودار ارائه شده است. در شکل ۱۰ شدت تابش حرارتی برحسب فاصله از منبع رهایش نشان داده می‌شود. محور افقی این نمودار فاصله از منبع رهایش در جهت باد و محور عمودی آن شدت تابش حرارتی را نشان می‌دهد. تا شعاع ۶۵/۲ متر تابش حرارتی بیش از ۳۷/۵ Kw/m۲ ملاحظه می‌شود و تا شعاع ۷۳ متری شدت تابش حرارتی بیش از ۲۰ Kw/m۲ و در فواصل بیش از ۱۰۲ متر از مرکز حادثه شدت تابش حرارتی به کمتر از ۴/۵ Kw/m۲ (ایجاد درد در افرادی که حداقل ۲۰ ثانیه در معرض آن هستند، سوختگی درجه اول) می‌رسد. شکل ۹ سطوح مختلف تابش حرارتی تعیین‌شده در هنگام تعریف مدل برای آتش فورانی را به‌صورت محدوده‌هایی برحسب فاصله نشان می‌دهد. در این نمودار پس از مشخص شدن شدت‌های تشعشع مطلوب (با امکان تعیین سه سطح تشعشع مختلف) محدوده‌های جغرافیایی که حداقل شدت تشعشع در آن‌ها برابر با مقادیر مطلوب است، از نمای بالا و رنگ متمایز مشخص می‌شوند.

## نتایج مربوط به شاخص تهدید هر کاربری

جهت یافتن عدد شاخص تهدید برای هر کاربری، از ماتریس شاخص تهدید ارائه شده در جدول ۶ استفاده می‌شود. به دلیل اینکه موضوع این تحقیق مدل‌سازی مکانی است، این فرایند در نرم‌افزار Arc GIS انجام می‌شود؛ یعنی ابتدا جدول آسیب‌پذیری تهدید محیطی تکمیل و اعداد آسیب‌پذیری برحسب مقیاس پنج رتبه‌ای به دست می‌آیند و سپس به جدول اطلاعات توصیفی لایه‌ی کاربری‌ها اضافه می‌شود.

با توجه به اعداد استخراج‌شده از ماتریس شاخص تهدید جدول شماره ۳، استقرار کاربری در محل فعلی و جدید با استفاده از جدول ۷ به دست می‌آید.

سپس هر مقدار به یک سلول خاص GIS در منطقه مورد نظر اختصاص می‌یابد و درنهایت لایه مورد نظر طبق نتایج این ستون رنگ‌آمیزی می‌شود و نقشه شاخص تهدید برای محدوده مورد نظر به دست می‌آید.

**جدول ۷. استقرار کاربری‌های موجود و جدید با توجه به عدد شاخص تهدید**

| عدد شاخص تهدید | کاربری‌های موجود | کاربری‌های جدید |
|---|---|---|
| ۱ (رنگ سفید) | استقرار کاربری در محل فعلی قابل‌قبول بوده و شرایط عادی است. ادامه شرایط فعلی برای کاربری از بعد جمعیت، زیرساخت و ابنیه و فعالیت بلامانع است. در صورت ایجاد و تغییر در هرکدام از شاخص‌های موجود در این حوزه‌ها باید ارزیابی مجدد انجام شود. | استقرار کاربری در محل مورد نظر مانعی ندارد. به شرطی که خصوصیات بیان‌شده در طرح توجیهی و نقشه‌ها، کاملاً دقیق اجرا شود و بهره‌برداری از کاربری نیز بر اساس شرایط توصیف‌شده برای ارزیابی باشد. به این معنی که میزان آسیب‌پذیری کاربری افزایش نیابد. |
| ۲ (رنگ زرد) | استقرار کاربری در محل فعلی قابل‌قبول مشروط است. باید اقداماتی در جهت کاهش آسیب‌پذیری کاربری بر روی شاخص‌های موجود صورت گیرد تا میزان آسیب‌پذیری کاهش‌یافته و وضعیت ۱ برقرار شود. | استقرار کاربری در محل مورد نظر به‌شرط ایجاد تغییراتی در شاخص‌های موجود و حرکت به سمت میزان آسیب‌پذیری پایین‌تر در طرح‌ها، نقشه‌ها و شرایط بهره‌برداری مانعی ندارد. |
| ۳ (رنگ نارنجی) | استقرار کاربری در محل فعلی غیرقابل‌قبول ولی قابل‌تحمل است و باید اقداماتی در رابطه با کاهش آسیب‌پذیری کاربری صورت گیرد تا میزان حساسیت کاهش یابد. این اقدامات باید در عرض یک سال پس از ارزیابی و ابلاغ صورت گیرد. | استقرار کاربری در محل مورد نظر مورد تأیید نیست و کاربری باید به خارج از محدوده هم‌جوار منتقل شود. |
| ۴ (رنگ قرمز) | استقرار کاربری در محل فعلی غیرقابل‌قبول و غیرقابل‌تحمل است و باید محل استقرار کاربری را جابجا نمود. این جابجایی می‌تواند در داخل محدوده‌ی هم‌جوار باشد، به شرطی که ارزیابی‌ها قبل از استقرار در مکان جدید صورت گیرد و محل جدید شاخص تهدید پایین‌تری داشته باشد. | استقرار کاربری د محل مدنظر مورد تأیید نیست و کاربری باید به خارج از محدوده هم‌جوار منتقل شود. |
| ۵ (رنگ بنفش) | استقرار کاربری در محل فعلی کاملاً خطرناک، غیرقابل‌قبول و غیرقابل‌تحمل است و باید برنامه‌ریزی لازم برای انتقال هرچه سریع‌تر کاربری به خارج از محدوده هم‌جوار صورت گیرد. | استقرار کاربری در محل مورد نظر به‌هیچ‌وجه مورد تأیید نیست و کاربری باید به خارج از محدوده هم‌جوار منتقل شود. |

**شکل ۱۶. نقشه نهایی شاخص تهدید**

## نتیجه‌گیری

تجزیه‌وتحلیل تهدید برای تأسیسات صنعتی خطرناک، به‌عنوان رویکردی را برای برنامه‌ریزی استفاده از زمین با آگاهی از تهدید، تفسیر شفاف و قابل‌درک تهدید در راستای اهداف برنامه‌ریزی استفاده از زمین امکان‌پذیر می‌کند. این نتایج با موفقیت نتایج تجزیه‌وتحلیل ارزیابی ریسک کمی را با تجزیه‌وتحلیل آسیب‌پذیری محیطی ترکیب می‌کند. یک نقشه شاخص تهدید ممکن است به‌عنوان پشتیبان درروند بازنگری طرح استفاده از زمین در اطراف تأسیسات خطرناک موجود و به‌عنوان راهنمایی برای توسعه یک طرح جدید یا یافتن مکان مناسب برای یک پروژه توسعه پیشنهادی باشد. اگر گزینه‌های سایت برای تخصیص نصب خطرناک صنعتی وجود داشته باشد، می‌توان از نتایج شاخص تهدید برای ارزیابی اینکه کدام گزینه می‌تواند کمترین تهدید را ایجاد کند، استفاده شود.

همان‌طور که در شکل ۱۶ ملاحظه می‌شود، اغلب کاربری‌های واقع‌شده در حلقه‌ی اول پیامدها دارای عدد شاخص تهدید ۴ یا ۵

هستند که این موضوع به دلیل وجود عدد پیامد ۵ در این محدوده است و طبق جدول ۶ با وجود عدد پیامد ۵ (سطح شدت تهدید) برای یک کاربری هرچقدر هم که میزان آسیب‌پذیری کاربری مدنظر کم باشد، بازهم میزان شاخص تهدید، عددی را میان ۳ تا ۵ (که مقدار کمابیش زیادی است) به خود اختصاص می‌دهد؛ بنابراین باید هرچه بیش‌تر در پی کاهش میزان آسیب‌پذیری کاربری‌های هم‌جوار مرکز پرخطر و یا افزایش فاصله آن‌ها از مرکز پرخطر بود. در جدول ۸ اولویت مکانی هم‌جواری‌های یک پمپ‌بنزین ارائه شده است. شایان‌ذکر است که طبقه‌بندی ارائه‌شده در جدول زیر حاصل مدل‌سازی بکار گرفته‌شده در پژوهش بوده و در صورت عدم رعایت حریم عنوان‌شده، رعایت اقدامات حفاظتی و مدیریت بحران الزامی است.

## پی‌نوشت

1 Generic separation distances approach

2 Risk based approach

3 Consequence-based approach

4 Risk-informed land use planning

5 Quantitative Risk Assessment (QRA)

6 Azot de France

7 Buncefield oil storage depot

8 Landuse Planning

9 Threat index

10 Threat intensity level

11 Environmental threat vulnerability

12 Unified Dispersion Model

۱۳ Jet fire: آتش فورانی، باریکه ممتدی از آتش است که در اثر تخلیه مواد قابل اشتعال گازی یا مایعات فرار تحت‌فشار با سرعت‌بالا به محیط بیرون در حضور منبع جرقه به وجود می‌آید.

۱۴ Explosio: انفجار عبارت است از آزاد شدن ناگهانی و فاجعه‌آمیز انرژی که سبب ایجاد موج فشار می‌شود. این موج فشار را اصطلاحاً Blast wave می‌گویند.

۱۵ Flash fire: احتراق کوتاه‌مدت گازهای قابل اشتعالی که در محدوده اشتعال‌پذیری قرار دارند را آتش ناگهانی می‌گویند. این آتش بدون تشکیل موج انفجار ایجاد می‌شود.

۱۶ Pool fire: در اثر شکستگی در خطوط لوله و مخازن ذخیره حاوی مایعات قابل اشتعال و تخلیه در صورت تجمع، حوضچه‌ای از سیال را تشکیل می‌دهند. درصورتی‌که سیال تجمع یافته قابل اشتعال باشد، از طریق جذب گرما به‌تدریج شروع به تبخیر می‌کند و ابر گازی در اطراف محل نشتی ایجاد می‌شود. درصورتی‌که بخارهای ناشی از تبخیر در مسیر انتشار به منبع جرقه برسند، مشتعل شده و شعله‌های حاصل از این آتش‌سوزی به‌صورت حوضچه‌ای (استخری) تشکیل می‌شود.

**جدول ۸: اولویت مکانی هم‌جواری‌های یک پمپ‌بنزین**

| کاربری / پیامد | ۰-۸۸۶ متر (تجهیزات اصلی آسیب غیرقابل‌جبران می‌بینند) | ۸۸۶-۹۷۵ متر (ایجاد خسارات قابل جبران، فروریختن سازه‌های سبک) | ۹۷۵-۲۱۰۳ متر (آسیب جزئی به ساختمان‌ها) | ۲۱۰۳- بی‌نهایت متر (ایمن) |
|---|---|---|---|---|
| مسکونی | ممنوع | ممنوع | مشروط | مجاز |
| آموزشی | ممنوع | ممنوع | مشروط | مجاز |
| تجاری | ممنوع | مشروط | مشروط | مجاز |
| شبکه معابر | مشروط | مشروط | مجاز | مجاز |
| مذهبی | ممنوع | ممنوع | مشروط | مجاز |
| فرهنگی | ممنوع | مشروط | مشروط | مجاز |
| جهانگردی- پذیرائی | ممنوع | ممنوع | مشروط | مجاز |
| درمانی | ممنوع | ممنوع | مشروط | مجاز |
| بهداشتی | ممنوع | ممنوع | مشروط | مجاز |
| ورزشی | ممنوع | ممنوع | مشروط | مجاز |
| اداری- انتظامی | ممنوع | ممنوع | ممنوع | مجاز |
| باغات | مجاز | مجاز | مجاز | مجاز |
| اراضی کشاورزی و مزارع و کشتزارها | مجاز | مجاز | مجاز | مجاز |
| اراضی و فضای سبز تجهیز شده | مشروط | مشروط | مشروط | مجاز |
| اراضی سبز حفاظت‌شده | مشروط | مشروط | مشروط | مجاز |
| مناطق نظامی | ممنوع | ممنوع | ممنوع | مجاز |
| صنعتی و کارگاهی | ممنوع | ممنوع | مشروط | مجاز |
| تأسیسات و تجهیزات شهری | ممنوع | مشروط | مشروط | مجاز |
| حمل‌ونقل و انبارداری | ممنوع | مشروط | مشروط | مجاز |
| اراضی بایر | مجاز | مجاز | مجاز | مجاز |
| فضای باز و حریم | مجاز | مجاز | مجاز | مجاز |
| کاربری‌های عملکرد ویژه | ممنوع | ممنوع | ممنوع | مجاز |

## منابع


۱. حسینی، سید احمد، مدیری مهدی و هوشنگ، محمدمهدی (۱۳۹۱)، ارزیابی نحوه پراکنش و چگونگی دسترسی شهروندان به خدمات اضطراری در حوادث انسان‌ساخت با رویکرد پدافند غیرعامل، نشریه پژوهشی جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، سال دوم، شماره ۳، تابستان ۱۳۹۱، صص ۱۹۲-۱۷۳.

۲. حسینی، سید احمد، احد نژاد، محسن، مدیری، مهدی و کاملی، محمدجواد (۱۳۹۲)، ارزیابی کیفیت نواحی شهری با توجه به توزیع خدمات شهری در بحران‌های انسان‌ساخت با رویکرد پدافند غیرعامل (نمونه موردی: نواحی شهر تهران)، برنامه‌ریزی فضایی سال سوم تابستان، شماره ۲ (پیاپی ۹)

۳. امینی ورکی، سعید؛ مدیری، مهدی؛ شمسایی، فتح‌الله و قنبری نسب، علی (۱۳۹۳)، شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار در آن با استفاده از روش کیو، نشریه مدیریت بحران، دوره ۳، ویژه‌نامه هفته پدافند غیرعامل، پاییز و زمستان

۴. سیدی، میر داوود (۱۳۹۰)، الزامات پدافند غیرعامل در کاربری‌های هم‌جوار انبارهای نفت (مطالعه موردی: انبار نفت شمال شرق تهران)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

5. Paül, V. & McKenzie, F. (2013). Peri-urban farmland conservation and development of alternative food networks: Insights from a case-study area in metropolitan Barcelona (Catalonia, Spain). Land Use Policy, 30(1), 94-105.

۶. یاری، سعید (۱۳۹۴)، طراحی ذاتاً ایمن در ساخت پمپ‌بنزین‌های شهری، مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، دوره ۳، شماره ۲.

۷. مدیری، مهدی؛ مدیری، احسان (۱۳۹۱)، راهبردهای مشارکت نیروهای مسلح در حوادث غیرمترقبه، فصلنامه راهبرد دفاعی، سال دهم، شماره ۳۹.

۸. ولی پور، معصوم؛ بهرامی، معصومه؛ رحیم‌آبادی، ابوالفضل و کریمی، احمد (۱۳۹۳)، مکان‌یابی پمپ‌بنزین‌های شهر بروجرد با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، فصل‌نامه جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس ۱۷۹-۱۶۱، (۲۰)۶.

9. Kontić, D. & Kontić, B. (2009). Introduction of threat analysis into the land-use planning process. Journal of Hazardous Materials, 163(2-3), 683-700.

10. Ramírez-Camacho, J. Carbone, F. Pastor, E. Bubbico, R. & Casal, J. (2017). Assessing the consequences of pipeline accidents to support land-use planning. Safety Science, 97, 34-42.

11. Demichela, M. Pilone, E. & Camuncoli, G. (2014). Land use planning around major risk installations: from EC directives to local regulations in Italy. Land Use Policy, 38, 657-665.

12. Rahmawati, D. Pamungkas, A. Aulia, B. Larasati, K. Rahadyan, G. & Dito, A. (2016). Participatory Mapping for Urban Fire Risk Reduction in High-density Urban Settlement. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 227, 395-401.

13. Pilone, E. Mussini, P. Demichela, M. & Camuncoli, G. (2016). Municipal emergency plans in Italy: requirements and drawbacks. Safety Science, 85, 163-170

۱۴. مهدی زاده، محمدحسین؛ سیدی، میر داوود (۱۳۹۵)، تعیین حریم ایمن برای جایگاه‌های عرض گاز طبیعی فشرده CNG در شهرها، دومین همایش سراسری مباحث کلیدی در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی ایران، گرگان.

۱۵. میر داوود، سیدی؛ مدیری، مهدی؛ حسینی جناب، وحید (۱۳۹۴)، بررسی جایگاه برنامه‌ریزی کاربری اراضی در مدیریت ریسک تأسیسات پرخطر بر اساس سناریوی وقوع حوادث عظیم در آن‌ها. هفتمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران. تهران.

۱۶. یعقوب زاده، نوید؛ بالارستاقی، فاطمه (۱۳۹۴)، مکان‌یابی بهینه جایگاه‌های عرضه سوخت پمپ‌بنزین مطالعه موردی: شهر گرگان، اولین همایش ملی علوم زمین و توسعه شهری، تبریز

۱۷. لنگری، مبین؛ شامحمدی، ابراهیم؛ رشتچیان، داوود (۱۳۸۹)، آنالیز نرم‌افزارهای مدل‌سازی پیامد PHAST و ALOHA. نخستین همایش بین‌المللی بازرسی و ایمنی در صنایع نفت و انرژی، تهران.

۱۸. یعقوب زاده، نوید؛ کتانچی، مهرزاد (۱۳۹۴)، مکان‌یابی بهینه جایگاه‌های عرضه سوخت پمپ‌بنزین مطالعه موردی: شهر بندرگز، کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، تهران.

۱۹. نیری، هادی؛ کرمی، محمدرضا؛ سوری، محمود (۱۳۹۸)، مکان‌یابی مراکز امداد و نجات در شهرستان نهاوند با استفاده از مدل فازی- ای اچ پی FAHP، نشریه مدیریت مخاطرات محیطی، دوره ۶، شماره ۲