

# کاربرد GIS در مدیریت بحران مبتنی بر داده‌های سنجش از دور در بندر شهید رجایی

حامد گلپور<sup>۱\*</sup>، کریم سلیمانی<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۱۷

\*نویسنده مسئول

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۶

© نشریه صنعت حمل و نقل دریایی، ۱۳۹۷، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه صنعت حمل و نقل دریایی است.

## چکیده

هدف تحقیق حاضر، کاربرد GIS<sup>۱</sup> در مدیریت بحران بندر شهید رجایی با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی<sup>۲</sup> و به روش تهیه نقشه پهنه‌بندی<sup>۳</sup> خطر در محدوده بندر می‌باشد. بنادر از نقاط استراتژیک و لجستیک یک کشور محسوب می‌شوند و موقع هرگونه حادثه غیرمتوقبه یا مخاطره‌ای می‌تواند به بروز وضعیت بحرانی منجر گردد. در چنین شرایطی اطلاع از مناطق در معرض خطر و تعیین مناطقی که در صورت بروز وضعیت بحرانی بیشترین صدمه را خواهد دید، می‌تواند در مهار بحران و بازگشت به وضعیت عادی نقش بسزایی ایفا نماید. نقشه پهنه‌بندی خطرات مهم‌ترین ابزار مدیریتی در مرحله پیشگیری و کاهش اثرات بحران در چرخه مدیریت بحران می‌باشد.

برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطرات، ابتدا کلیه سوانح محتمل در بندر، شناسایی و در هفت دسته سوانح کلی دسته‌بندی شد و با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی، وزن‌دهی گردید. سپس کلیه مناطق حادثه‌خیز بندر به نه منطقه تقسیم شد و با استفاده از روش ویلیام فاین<sup>۴</sup> سوانح عمدۀ در این مناطق مورد ارزیابی ریسک قرار گرفتند. رتبه هر ریسک در مناطق نه گانه بندر مشخص و در سه دسته پرخطر، متوسط و کم خطر دسته‌بندی گردیدند و هفت نقشه پهنه‌بندی خطر برای هریک از سوانح عمدۀ به صورت جداگانه، در محیط GIS تهیه شد. دست‌آخر، با استفاده از تحلیل‌های موجود در سیستم اطلاعات جغرافیایی و وزن‌های بدست‌آمده برای هر یک از سوانح عمدۀ، تمام نقشه‌های تهیه شده با هم تلفیق و نقشه پهنه‌بندی کلیه خطرات در بندر شهید رجایی تولید شد. از این نقشه می‌توان در استقرار واحدهای مدیریت بحران و همچنین اندیشیدن تمهیداتی برای پیشگیری از بحران در بندر بهره جست.

**واژه‌های کلیدی:** بندر شهید رجایی، مدیریت بحران، GIS، نقشه پهنه‌بندی خطر، شبکه عصبی مصنوعی.

۱. کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS دانشگاه آبان هراز، Goalpour.hamed@Gmail.Com

۲. هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳. Geographic Information System

۴. Artificial Neural Network

۵. Zoning Map

۶. William Fine

## ۱- مقدمه

پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌ها در دستیابی به اهداف عملیاتی و اجرایی بر مبنای تجزیه و تحلیل، استدلال‌های آماری و کشف داده‌ها می‌باشد. سیستم‌های کشف داشت، این امکان را به کاربر می‌دهند که بتواند انبوی داده‌های جمع‌آوری شده را تفسیر کنند و داشش نهفته در آن را استخراج نمایند. کاوش داده‌ها را می‌توان روی بانک‌های اطلاعاتی مختلفی انجام داد. یکی از این بانک‌ها، بانک‌های اطلاعاتی مکانی است. کاوش در مورد داده‌هایی که دارای یک یا چند ویژگی مکانی، فضایی و یا جغرافیایی باشند، داده کاوی مکانی نامیده می‌شود و خروجی آن دانشی است که دارای خصوصیات فضایی جغرافیایی، مانند مکان، جهت، فاصله، شکل هندسی و مانند آن باشد. یکی از کاربردهای سامانه اطلاعات مکانی که نقش اساسی در حفظ جان انسان‌ها و جلوگیری از بروز خسارات مالی و زیست‌محیطی دارد، مدیریت بحران می‌باشد.

بحران حادثه‌ای است که به طور طبیعی و یا توسط بشر به‌طور ناگهانی و یا به صورت فرایند به وجود می‌آید. بحران در طول تاریخ مکتب بشر همواره همراه با بشر بوده و چه بسا پیش از آن نیز وجود داشته است. بحران مرحله‌ای است که در آن عدم اطمینان درباره برآورد وضعیت و راهکارهای مهم آن افزایش و کنترل واقعه و تأثیر آن کاهش می‌یابد. سوانح طبیعی پدیده‌ای گریزناپذیر به‌شمار می‌آید. تجربه در سطح جهانی و ملی نشان داده است که بازگرداندن شرایط اولیه به مناطق سانحده‌دیده، کاری بس دشوار یا تقریباً غیرممکن است. اما با در نظر گرفتن اقداماتی نظری تدوین استراتژی‌های از پیش هشداردهنده بحران، این امکان وجود دارد که بتوان خطر را در مناطق مختلف جغرافیایی به حداقل رساند.

## ۱-۱- بیان مسئله

از آنجا که بنادر از نقاط استراتژیک و لجستیک یک کشور محسوب می‌شوند، بروز بحران در آنها می‌تواند به یک فاجعه منطقه‌ای و در ابعاد وسیع‌تر به فاجعه ملی تبدیل شود. از این رو، تهیه مدلی مبتنی بر تکنولوژی‌های روز و تعیین مناطق پرخطر با توجه به عوامل عمدی و اصلی بروز حوادث و سوانح، می‌تواند کمک قابل توجهی در کاهش خسارات جانی و مالی کند و افزایش آمادگی جهت روابری با این‌گونه حوادث را در بنادر به وجود آورد.

در همین راستا سازمان جهانی دریانوردی (IMO)<sup>۷</sup> با تصویب کنوانسیون‌های بین‌المللی و الزام دولتها به اجرای دقیق آنها اقداماتی را در جهت بهبود امنیت و ایمنی بنادر، صورت داده است. یکی از این کنوانسیون‌ها، تصویب آئین نامه بین‌المللی امنیت کشتی و تسهیلات بندی (ISPS CODE<sup>۸</sup>) توسط سازمان جهانی دریانوردی در سال ۲۰۰۱ میلادی می‌باشد. از طرفی تدوین قوانین و مقررات کلان داخلی به ویژه در سال‌های اخیر نظیر، چشم‌انداز ایران در سال ۱۴۰۴ مصوبات و سیاست‌گذاری‌های کلان مجمع تشخیص مصلحت نظام، قانون برنامه چهارم توسعه کشور و سایر ضوابط و دستورالعمل‌های دولتی در زمینه ایمن‌سازی، مقاوم‌سازی و مدیریت بحران نیاز به ارایه راهکارهای جدید و بهروز در راستای اجرای بهینه مدیریت بحران در کشور به‌طور عام و در بنادر کشور به عنوان نقاط استراتژیک کشور به طور خاص، به شدت ملموس می‌باشد.

## ۱-۲- ضرورت انجام پژوهش

یکی از تکنولوژی‌هایی که در مدیریت بحران و تعیین مناطق پر مخاطره به عنوان ابزاری کارآمد مورد توجه بوده است، به کارگیری تکنیک‌های مربوط به GIS و تحلیل‌های مکانی خطرات و حوادث می‌باشد. در همین راستا اقدامات مؤثری در به کارگیری این تکنولوژی در مدیریت بحران و محاسبه میزان خطر در مناطق مختلف انجام شده است.

۷. International Maritime Organization

۸. International Ship and Port Facility Security Code

در بنادر کشور ایران خلاً وجود چنین سیستم‌هایی همواره مشهود بوده است، گرچه در سال‌های اخیر شاهد اقدامات مثبت زیادی در زمینه به کارگیری تکنولوژی سنجش از راه دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در بنادر ایران بوده‌ایم ولی استفاده از این علم در زمینه مدیریت بحران بنادر کمتر صورت گرفته است. تقسیم‌بندی بندر به نواحی مختلف و همچنین محاسبه میزان رسیک بروز سوانح عمدۀ در آنها می‌تواند نقش بسزایی در کاهش سوانح ایفا کند. بنابراین پرداختن به این موضوع می‌تواند به نتایجی مبتنی بر فرضیه‌های علمی منجر شود و مدلی کلی جهت پیاده‌سازی در کلیه بنادر فراهم کند.

در همین راستا بندر به لحاظ پارامترهای ژئوپولیتیک نیز بررسی می‌شود و به کمک قابلیت‌های GIS و تحلیل‌های هوش مصنوعی نسبت به تعیین مناطق پرخطر بر حسب عوامل اصلی بروز سوانح از جمله آتش‌سوزی، اقدام و مدل کلی‌ای جهت به کارگیری در کلیه بنادر کشور تهیه می‌گردد. همچنین با قابلیت‌های Web-GIS در زمینه ارتباطات آنلاین، امکان کنترل و رصد یکپارچه و لحظه‌ای کلیه بنادر در اداره کل سازمان بنادر وجود دارد.

## ۲- روش تحقیق

مجتمع بندری شهید رجایی بندرعباس از مهم‌ترین بنادر ایران به‌شمار می‌رود و به تنها‌ی بیش از ۵۵٪ صادرات و واردات و ۷۰٪ ترانزیت بنادر کشور را برعهده دارد. همچنین تخلیه ۹۰٪ بارگیری کالاهای کانتینری کشور در این مجتمع انجام می‌گیرد. این بندر در فاصله ۲۳ کیلومتری غرب بندرعباس واقع شده و با بیش از ۴۸۰۰ هکتار وسعت، ظرفیت پذیرش سالانه بیش از ۹۳ میلیون تن کالا را دارد.



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه

در بنادر مراکزی وجود دارند که کلیه اطلاعات مرتبط با سوانح و حوادث روی‌داده در بندر را به صورت کاملاً دقیق ثبت می‌کنند، بنابراین، منبع قابل استناد محسوب می‌شوند. این مراکز عبارتند از: (۱) مرکز رادیویی برج کنترل، (۲) درمانگاه و مرکز درمانی، (۳) مرکز آتش‌نشانی، (۴) مرکز گارد و حفاظت، (۵) گزارش سالیانه بندر و (۶) اداره حفاظت و ایمنی بندر (افسر ایمنی و امنیت بندر) فرآیند انجام این تحقیق در نمودار (۱) نشان داده شده است.



نمودار (۱): فرآیند انجام تحقیق

### ۳- تجزیه و تحلیل داده ها

#### ۱-۳- ارزیابی ریسک

برای ارزیابی ریسک از روش ویلیام فاین استفاده شد. این روش، ریسک را تابعی از احتمال وقوع خطر، پیامد ناشی از آن و میزان تماس با خطر می‌داند.

در این روش رتبه ریسک از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$(1) \quad \text{رتبه ریسک} = \text{میزان احتمال} * \text{میزان تماس} * \text{میزان پیامد}$$

برای رتبه‌دهی ریسک خطرات از جداول مختلف استفاده شد.

جدول (۱): طبقه‌بندی شدت ریسک

ردیف	شرح شدت ریسک	کد
۱۰۰	مرگ و میر بیش از سه نفر، خسارت مالی زیاد (بیش از پانصد میلیون تومان)، اثر روی شهرت سازمان به صورت بین المللی	۱
۷۵	مرگ یک تا سه نفر، آسیب منجر به از کارافتادگی دائم بیش از یک نفر، خسارت مالی بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلیون تومان، اثر روی شهرت سازمان به صورت ملی	۲
۵۰	مرگ یک نفر، آسیب منجر به از کارافتادگی دائم بیش از یک نفر، خسارت مالی بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ میلیون تومان، اثر روی شهرت سازمان به صورت منطقه‌ای	۳
۲۵	آسیب منجر به از کارافتادگی دائم یک نفر، خسارت مالی بین ۲۰ تا ۵۰ میلیون تومان، اثر روی شهرت سازمان به صورت استانی	۴
۱۵	آسیب طولانی مدت بدون ناتوانی دائم، خسارت مالی بین ۵ تا ۲۰ میلیون تومان، اثر روی شهرت سازمان به صورت محلی	۵
۱۰	آسیب موقتی، خسارت مالی بین پانصد هزار تا ۵ میلیون تومان، اثر روی شهرت سازمان به صورت درون سازمانی	۶
۵	آسیب جزئی نیازمند کمک‌های اولیه (بین یک تا سه روز)، خسارت مالی بین پانصد هزار تا ۵ میلیون تومان، اثر روی شهرت سازمان به صورت ناجیهای	۷
۲	آسیب جزئی نیازمند کمک‌های اولیه (یک روز و کمتر)، خسارت مالی کمتر از پانصد هزار تومان	۸
۱	بدون نیاز به بررسی‌های بیشتر، خسارت‌های مالی قابل صرفنظر، بدون اثر روی شهرت سازمان	۹

جدول (۲): طبقه‌بندی میزان تماس با خطر

ردیف	شرح میزان تماس با خطر	طبقه
۷	به طور پیوسته، روزی چندین بار، تماس بیش از ۸ ساعت	۱۰
۶	غالب، هفت‌های چندین بار، تماس بین ۶ تا ۸ ساعت	۶
۵	گهگاه، ماهی چندین بار، تماس بین ۴ تا ۶ ساعت در روز	۳
۴	به طور غیر معمول، سالی چندین بار، تماس بین ۲ تا ۴ ساعت در روز	۲
۳	به ندرت، چند سال یک بار، تماس بین ۱ تا ۲ ساعت در روز	۱
۲	به طور جزئی، خلی کم، تماس کمتر از ۱ ساعت در روز	۰.۵
۱	بدون تماس، بدون وقوع	۰.۲

جدول (۳): طبقه‌بندی احتمال وقوع خطر یا احتمال تأثیر عوامل زیان‌آور

ردیف	شرح احتمال وقوع خطر	امتیاز
۱	حتمی است	۱۰
۲	به طور شدیدی امکان پذیر است	۸
۳	شانس وقوع ۵۰٪ است	۵
۴	گاهی اوقات اتفاق می‌افتد	۳
۵	می‌تواند تصادفی اتفاق بیفتد/شانس وقوع کمتر از ۵۰٪	۱
۶	تا چند سال بعد از تماس اتفاق نمی‌افتد اما امکان وقوع دارد	۰.۵
۷	عملای وقوع غیر ممکن است/هرگز اتفاق نمی‌افتد	۰.۱

### ۲-۳-۳- تعیین وزن در شبکه عصبی مصنوعی

تعیین وزن در شبکه عصبی مصنوعی شامل دو مرحله است. در مرحله اول وزن‌ها به صورت تصادفی تعیین می‌شوند (Topal and Yesilnacar, 2005). سوری و همکاران در سال ۱۳۹۰، به منظور آموزش بهتر و سریع‌تر، نخست همه وزن‌های شبکه را به صورت تصادفی بین ۰/۰ - ۰/۷ وزن دهی کردند. برخی دیگر وزن‌های اولیه را به صورت تصادفی بین ۰/۰ - ۰/۳ انتخاب می‌کنند (Kavzoglu, 2001). توپال و ایسلی‌ناکار وزن‌های اولیه را به صورت تصادفی بین ۰/۰ - ۰/۵ انتخاب کردند. راکعی و همکاران در سال ۱۳۸۶، با استفاده از یک فضای کاری کاملاً تصادفی عناصر ماتریس‌های وزن لایه اول و دوم را ۰/۰ - ۰/۲۵ تا ۰/۰ - ۰/۲۵ انتخاب کردند.

در مرحله دوم، با استفاده از نرم‌افزار وزن نهایی هر عامل در شبکه مصنوعی تعیین می‌شود. در مرحله یادگیری شبکه، در هر تکرار با استفاده از روابط

(۱) تا (۱۲) مقادیر وزن تغییر داده تا به مقادیر وزن مطلوب برسیم. (لی و همکاران، ۲۰۰۶)

$$net = \sum_i^j w_{ij} o_i \quad (1)$$

که در  $w_{ij}$  و  $j$  وزن بین واحد پردازشگر

و در  $i$ : خروجی واحد پردازشگر نام است، که از رابطه (۲) به دست می آید:

$$o_i = f(net_j) \quad (2)$$

در رابطه فوق  $f$ : تابع فعال است که معمولاً یک تابع غیرخطی که برای قرار دادن مجموع وزن‌های خروجی از هر لایه به لایه بعدی استفاده می‌شود.

یکی از مزیت‌های این تابع آن است که مطابق رابطه (۳) قابلیت مشتق‌پذیری دارد.

$$f'(net_j) = f(net_j)(1 - f(net_j)) \quad (3)$$

شبکه‌ای که در رابطه (۳) استفاده شده است شامل سه لایه می‌باشد که اولین لایه آن، لایه ورودی، دومین لایه، لایه پنهان و سومین لایه شبکه، لایه خروجی نام دارد. هر واحد پردازشگر از لایه پنهان به لایه قبلی و بعدی به وسیله ارتباطات وزنی متصل شده است. میزان خطای شبکه برای یک الگوی مشخص ورودی تابعی از بردار مطلوب خروجی (d) و بردار خروجی واقعی است که از طریق رابطه (۴) بدست می‌آید.

$$E = \frac{1}{n} \sum_k (d_k - o_k) \quad (4)$$

که در آن  $E$ : خطای کل شبکه،

$o_k$  : مقادیر پیش‌بینی شده

$d_k$  : مقادیر مشاهده شده م باشد.

فرآیند پیشرو و پس انتشار خطای طور زیادی تا موقعی که خطای کل شبکه حداقل شده یا به مقدار مورد نظر بررسد تکرار می‌شود. الگوریتم پس انتشار

خطای تعیین وزن‌های هر فاکتور و استفاده از این داده‌ها برای طبقه‌بندی استفاده می‌شود. اهمیت خروجی  $(o_k)$  که خروجی از هر نod لایه خروجی می‌باشد از رابطه (۵) به دست می‌آید.

$$\frac{\delta o_k}{\delta o_j} = f'(net_k) * \frac{\delta (net_k)}{\delta o_j} = f'(net_k) * w_{jk} \quad (5)$$

رابطه (۵) هم مقادیر مثبت و هم مقادیر منفی تولید می‌کند. اگر اندازه اثرات دلخواه باشد، آنگاه اهمیت (وزن) واحد پردازشگر  $j$  متناسب با واحد پردازشگر

$o_i$  در لایه پنهان، ممکن است به عنوان نسبتی از قدر مطلق مشتق رابطه (۵) محاسبه شود (رابطه (۶)).

$$\frac{|\delta_{ok}|}{|\delta_{oj}|} / \frac{|\delta_{ok}|}{|\partial_{oj}| |\partial_{oj}o|} = \frac{|f'(net_k)w_{jk}|}{|f'(net_k)w_{jok}|} = \frac{|w_{jk}|}{|w_{jok}|} \quad (6)$$

برای یک واحد پردازشگر مشخص در لایه خروجی نتایج رابطه (۶) نشان می‌دهد وزن نسبی یک واحد پردازشگر در لایه پنهان نسبتی از قدر مطلق وزن ارتباط بین واحد پردازشگر لایه پنهان و لایه خروجی است. هنگامی که شبکه شامل لایه‌های خروجی با بیش از یک واحد پردازشگر باشد آنگاه رابطه (۶) نمی‌تواند برای مقایسه دو واحد پردازشگر در لایه پنهان استفاده شود. در صورتی چند واحد پردازشگر در لایه خروجی داشته باشیم از روابط (۷) و (۸) استفاده می‌شود:

$$W_j O_k = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J |W_{jk}| \quad (7)$$

$$T_{jk} = \frac{|W_{jk}|}{\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J |W_{jk}|} = \frac{J |W_{jk}|}{\sum_{j=1}^J |W_{jk}|} \quad (8)$$

بنابراین با توجه به اینکه واحد پردازشگر  $k$  در لایه پنهان می‌تواند دارای ارزشی بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از یک باشد. بسته به اینکه آیا ارزش آن بیشتر یا کمتر از ارزش میانگین باشد، تمام واحدهای پردازشگر مشابه در لایه پنهان یک ارزش کل دریافت می‌کنند، که از طریق رابطه (۹) محاسبه می‌شود:

$$\sum_{j=1}^J t_{jk} = J \quad (9)$$

در نتیجه اهمیت  $j$  با توجه به تمام واحدهای پردازشگر در لایه خروجی، از رابطه (۱۰) بدست م آید.

$$T_j = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K t_{jk} \quad (10)$$

به روش مشابه، با توجه به واحد پردازشگر  $j$  در لایه پنهان درجه اهمیت نرمالیزه شده واحد پردازشگر  $j$  در لایه ورودی می‌تواند از رابطه (۱۱) بدست آید.

$$S_{ij} = \frac{|W_{ij}|}{\frac{1}{I} \sum_{l=1}^I |W_{il}|} = \frac{I |W_{ij}|}{\sum_{l=1}^I |W_{il}|} \quad (11)$$

اهمیت نهایی واحد پردازشگر  $j$  با توجه به لایه مخفی از رابطه (۱۲) بدست م آید.

$$S_i = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J S_{ij} \quad (12)$$

جهت تهیه پارامتر ورودی در شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از مدل نسبت فراوانی، وزن هر یک از خطرات به‌دست آمد. نتایج وزن‌دهی به این عوامل در جدول (۴-۱) ارائه شده است.

جدول (۴): وزن محاسبه شده خطرات محتمل در بندر با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

وزن	سانحه
۲,۴۵	افتادن از ارتفاع
۳,۶۸	افتادن اجسام روی افراد
۴,۴۶	تصادف افراد با وسایل نقلیه
۵,۲	برق گرفتگی
۳,۲	بریدگی و نقص عضو
۳,۹	سوختگی
۴,۶	استنشاق گازهای سمی
۳,۱	درگیری
۳,۸	بیماری ها
تئتری انستینتی	قطع آب شرب
۰,۸	قطع برق
۳,۳۴	قطع سیستم مخابرات
۲,۳	خرابی سیستم اعلان حریق
۲,۱	قطع سیستم دیتا
۳,۲	خرابی نرم افزارهای بندر
آودگی آب شرب	
۴,۳	آودگی صوتی
۲,۳۶	آودگی ناشی از زباله
۲,۵۷	آودگی هوا
۳,۸۲	آودگی هسته ای و مواد رایواکتیو
۶,۶	انتشار گازهای سمی
۵,۳۹	انتشار آودگی های نفتی
۴,۶۳	سوانح مربوط به مایعات قابل اشتعال
۴,۴۵	سوانح مربوط به جامدات قابل اشتعال
۳,۳	سوانح مواد اکسید کننده، خورنده سوزاننده
آتشی های خطرناک آتش سوزی خشکی	حریق در اثر برخورد با خطوط نفتی
۵,۲۱	حریق ناشی از برق
۶,۴۵	حریق مواد زائد و زباله
۳,۶۲	حریق خودرو در اثر تصادف
۳,۸۳	آتش سوزی پست برق و جعبه تقسیم و کتسور
۲,۲۱	آتش سوزی کالا
۳,۴۲	آتش سوزی مواد قابل اشتعال
۵,۱۳	حریق ساختمان ها
۶,۸۷	آتش سوزی مخازن نفت
۷,۰۵	زلزله
۷,۱۲	طوفان شدید
۵,۴۱	ریزگرد
۲,۸۴	رعد و برق
۱,۸	امواج شدید
۲,۳۶	بالا آمدن سطح آب دریا
۲,۴	سیل
۴,۶	سقوط وسیله نقلیه در آب
۴,۵۶	تصادف وسایل نقلیه با هم
۴,۷	تصادف با تجهیزات خشکی
۳,۷۷	تصادف با کالا
۴,۲۱	تصادف با ساختمان ها

۱,۴۲	از کار افتادگی تجهیزات استراتژیک	:
۳,۲۵	آسیب‌دیدگی تجهیزات آتش‌نشانی و امداد و نجات	:

همان‌گونه که در بخش‌های نخست اشاره شد، بنادر به عنوان مکان‌هایی که انواع کالاها اعم از کالاهای حجمی، لوکس، مواد نفتی، خطرناک و غیر آن، به آنها تردد می‌کنند، مطرح می‌باشند. از سوی دیگر تردد زیاد وسائل حمل و نقل کالا و تجهیزات مربوطه در محوطه‌های بندری، این مکان را به عنوان محلی با پتانسیل بالای بروز حوادث و سوانح تبدیل می‌کنند. به منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر در بندر، مناطقی را که امکان بروز سانحه در آنها بیشتر است انتخاب می‌کنیم. ریسک سوانح اصلی در مناطق نه گانه مورد بررسی، در این مطالعه برابر جدول (۵) می‌باشد.

جدول (۵): رتبه ریسک سوانح عمده محتمل در مناطق نه گانه بندر شهری در جایی

منطقه	سانحه							
	انسانی و رفتاری	تصادفات خشکی	سوانح زیرساخت‌ها	سوانح تجهیزات	سوانح آتش‌سوزی خشکی	آسودگی‌ها	سوانح طبیعی	رتبه
گیت و پاسکول	19.45	94.5	0.37	59.34	.0,۱۳	14.6	11.۵۴	
ساختمان‌ها	45.97	4.92	23.99	95.61	14.67	119.57	35.36	
راه‌های ارتباطی	377.87	1360.9	10.67	5.68	433.2	188.26	247.44	
باراندازها	149.08	837.18	352.28	2.77	142.98	37.38	55.86	
انبارها	102.9	89.8	8	36.11	71.05	76.55	38.79	
سیلو	60.56	270.26	276.14	101.32	137.07	62.29	60.63	
اسکله‌ها	186.94	492.83	584.64	157.08	54.38	14.79	87.84	
زون نفتی	309.14	14.27	36.48	45.44	930.48	360.34	99.9	
ابیار مواد خطرناک	882.06	27.39	118.02	219.02	271.26	184.86	132.37	

در نهایت سوانحی که دارای رتبه بالاتر از ۲۰۰ می‌باشد بعنوان سوانح با ریسک بالا<sup>۹</sup>، سوانح با رتبه بین ۹۱ تا ۲۰۰ سوانح با ریسک متوسط<sup>۱۰</sup> و سوانح با رتبه کمتر از ۹۱ به عنوان سوانح با ریسک پایین<sup>۱۱</sup> دسته بندی می‌شوند.

جدول (۶): درجه‌بندی رتبه ریسک

رتبه	اقدامات لازم	سطح ریسک
$x > 200$	اصلاحات فوری برای کنترل ریسک	High
۲۰۰ - ۹۱	اضطراری، اقدامات لازم در اسرع وقت	Middle
$\leq 90$	خطر تحت نظرارت و کنترل	Low

۹. High Risk

۱۰. Middle

۱۱. Low Risk

اکنون که وزن و رتبه کلیه سوانح جزئی محتمل در بندر و با استفاده از این سوانح، رتبه دسته‌های کلی سوانح استخراج شدند، زمان تولید نقشه‌های پهن‌بندی برای هریک از دسته‌های کلی سوانح در مناطق مختلف بندر و در نهایت تهیه نقشه کلی پهن‌بندی خطر در بندر شهید رجایی با استفاده از وزن‌های تعیین شده سوانح می‌باشد. تهیه این نقشه کمک شایانی به مدیریت بحران در مرحله پیش‌گیری از بروز بحران می‌کند و یک دید کلی از مناطق پر خطر و ریسک‌پذیر بندر در اختیار تصمیم‌گیران مدیریت بحران بندر شهید رجایی قرار می‌دهد. امتیاز هر کدام از لایه‌های داده‌های مکانی، برای روش ذکر شده به شرح جدول (۷) محاسبه می‌شود.

جدول (۷): امتیاز کلی مناطق نه‌گانه بندر شهید رجایی

منطقه	امتیاز کلی
گیت و باسکول	23.83
ساختمان‌ها	53.29
راه‌های ارتباطی	۴۰۸,۱۳
باراندازها	181.25
انبارها	72.07
سیلوها	111.08
اسکله‌ها	144.89
زون‌های نفتی	379.02
انبار کالاهای خطرناک	311.84

## ۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در تهیه نقشه پهن‌بندی خطرات محتمل و در نهایت اجرای مدیریت بحران بندر شهید رجایی استفاده شد. بنادر در هر کشور نقش حیاتی در چرخه اقتصادی آن ایفا می‌کنند. بندر شهید رجایی به عنوان بزرگ‌ترین بندر کانتینری کشور، با توجه به موقعیت ژئوپولیتیکی خاص، نقش مهمی در اقتصاد کشور ایران دارد. با توجه به حجم بالای ترانزیت شده از این بندر بزرگ و استراتژیک، اجرای بهینه‌ی مدیریت بحران در آن ضروری است. سیستم اطلاعات مکانی به عنوان یک علم فراگیر با ارائه دید کل‌نگر و با در نظر گرفتن کلیه عوامل و خطرات تاثیرگذار کمک شایانی در این امر می‌کند.



## شکل (۲) ک نقشهٔ پهنه‌بندی خطرات بندر شهید رجایی

این نقشه به عنوان ابزاری کارآمد کمک شایانی به مدیران و تصمیم‌سازان حوزه ایمنی بندر شهید رجایی می‌کند و در برنامه‌ریزی برای تخصیص و یا جابجایی تجهیزات ایمنی به مکان‌های با ریسک خطر بیشتر مورد استفاده واقع می‌شود. با شناسایی مناطق پرخطر و اخذ یک برنامه پیشگیرانه مناسب - با توجه به میزان خطرپذیری اماکن مختلف بندر - می‌توان تا حدود زیادی احتمال بروز خطرات را کاهش و نسبت به پیشگیری از بروز آنها اقدام مناسب اتخاذ کرد. در این تحقیق، از قابلیت‌های GIS در تلفیق داده‌های مکانی و غیرمکانی به عنوان ابزاری قدرتمند برای تهیه نقشه‌های دقیق پهنه‌بندی خطرات استفاده شد. طبق نتایج این تحقیق، زون‌های نفتی و انبار مواد خطرناک و جاده‌های بندر شهید رجایی بیشترین آسیب‌پذیری را در برابر خطرات احتمالی دارند.

## مراجع

۱. آذرباد، علیرضا؛ فابی‌نژاد، علیرضا. (۱۳۹۳). استفاده از GIS در مدیریت بحران یک بندر با تأکید بر تعیین و پهنه‌بندی مناطق حادثه‌خیز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. ابراهیمی، احسان؛ سلیمانی، کریم. (۱۳۹۴). ارزیابی و مقایسه کارایی روش‌های عامل اطمینان، شبکه عصبی مصنوعی و دمپستر - شیفر در تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش (مطالعه موردی؛ حوزه آبخیز سیاه بیشه، مازندران). پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۲. حسن‌زاده محمدی، محمدعلى. (۱۳۹۰). اقتصاد حمل و نقل دریایی. تهران: آراش.
۳. حمیدی، حمید؛ قیصری، ثریا. (۱۳۸۷). راهکارهای اصلاحات در بنادر. تهران: اسرار دانش.
۴. راسخ، ابوالفضل. (۱۳۹۱). استفاده از GIS برای تخصیص وظایف گروه‌های امداد و نجات زلزله. پایان‌نامه کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.
۵. شرکت طرح نوآندیشان. (۱۳۸۵). گزارش مدیریت بحران بندر امام خمینی (ره).
۶. عزیز آبادی، ابراهیم و همکاران. (۱۳۸۵). حمل و نقل دریایی. تهران: اسرار دانش.
۷. گل پور، حامد؛ کریمی، بیتا؛ سلیمانی، کریم. (۱۳۹۵). استفاده از GIS در مکان‌بایی فضای سبز شهری به روشن VIKOR (منطقه مورد مطالعه: شهرستان محمودآباد). دومین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
۸. یاوری، امیر؛ عنبری، یاسمین؛ جان‌محمدی، محسن؛ جوادیان، آرمین. (۱۳۹۰). بررسی مراحل مدیریت بحران شهری در زلزله با استفاده از روش سلسله مراتبی (AHP).
۹. Fensel, D., Bussler, C., (2002). The Web Service Modeling Framework WSMF. Electronic Commerce Research and Applications, 1,(۲) 113-137.
10. Ghallab, M., Nau, D.S., Traverso, P. (2004). Automated planning: theory and practice. Amsterdam; Boston: Elsevier/Morgan Kaufmann.
11. Qiang Wu, Siyuan Ye, Xiong Wu, Pei Pei Chen. (2004). Risk assessment of earth fractures by constructing an intrinsic vulnerability map, a specific vulnerability map and a hazard map. Using Yuci city, Shanxi, china as an example, Environmental Geology, 46: 104-112.
12. Roman, D., Keller, U., Lausen, H., de Bruijn, J. Lara, R., Stollberg, M., Polleres, A., Feier, C., Bussler, C., Fensel, D. (2005). Web service modeling ontology. Applied Ontology, 1(1), 77-106.
13. Russell, S., Norvig, P. (2002). Artificial Intelligence: A Modern Approach (2nd Edition): Prentice Hall.
14. Schut, P. (2007). OpenGIS Web Processing Service, Version 1.0.0: Open Geospatial Consortium Inc.
15. Suparamaniam, N., Dekker, S. (2003). Paradoxes of power: the separation of knowledge and authority in international disaster relief work.