اقیانوس‌شناسی/ سال پنجم/ شماره ۱۸/ تابستان ۱۳۹۳/۱۲/۱۳۲-۱۲۱

ارزیابی ریسک در عملیات جابجایی کانتینرها در پایانه‌های کانتینری (مورد کاوی بندر شهید رجایی)

منصور کیانی مقدم[1*]، جعفر سیاره[2]، محمود منصوری رودی[3]، حمیدرضا تهمک[4]

۱- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، استان سیستان و بلوچستان، چابهار، پست الکترونیکی: m.kiani@cmu.ac.ir
۲- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، استان سیستان و بلوچستان، چابهار، پست الکترونیکی: j.sayareh@cmu.ac.ir
۳- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، استان سیستان و بلوچستان، چابهار، پست الکترونیکی: mansoori.rudi@gmail.com
۴- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، استان سیستان و بلوچستان، چابهار، پست الکترونیکی: hamidrezatahmak@gmail.com

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۳، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

پایانه‌های کانتینری به‌علت فعالیت‌های شبانه‌روزی، شرایط محیطی، توسعه‌ی فن‌آوری و افزایش شرایط، زمینه‌ها و عوامل عدم اطمینان با خطرات زیادی روبرو هستند که در صورت عدم رعایت اصول ایمنی و بهداشتی، می‌توانند هزینه-های مستقیم و غیر مستقیم زیادی را ایجاد کنند. امروزه روش‌های متعددی جهت شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی ریسک عملیات جابه‌جایی کانتینرها با استفاده از روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن با استفاده از تئوری فازی است. نتایج حاصل از این روش نشان می‌دهد که خطر بالقوه تصادف کِشَنده کانتینر باکِشَنده(های) دیگر و تجهیزات دیگر به‌عنوان خطری که دارای سطح ریسک بحرانی است معرفی می‌گردد.

کلمات کلیدی: *ارزیابی ریسک، بندر شهید رجایی، Fuzzy FMEA، عملیات جابه‌جایی کانتینر.*

۱. مقدمه

بنادر به‌عنوان حلقه‌ی اتصال دریا و خشکی، نقش مهمی را در زنجیره تأمین کالا ایفا می‌کنند و به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم در اقتصاد کلان یک کشور تأثیرگذار هستند. در نتیجه می‌توان گفت که بنادر کانتینری به‌عنوان پایه و اساس توسعه‌ی اقتصادی یک کشور، یکی از نواحی اصلی جهت سرمایه گذاری و کسب منفعت هستند. پایانه‌های کانتینری به‌علت فعالیت‌های شبانه‌روزی، شرایط محیطی، توسعه‌ی فن‌آوری و افزایش شرایط و عوامل عدم اطمینان با خطرات متعددی روبرو هستند که در صورت بی‌توجهی به این خطرات، شاهد آسیب‌های جدی به جان انسان، تجهیزات، محیط زیست و کالاها خواهیم بود که می‌تواند هزینه‌های زیادی، بر بخش حمل و نقل دریایی تحمیل کند. این امر سبب می‌گردد که به مبحث ایمنی در پایانه‌های کانتینری توجه خاصی شود (Begume, 2007).

ایفای نقش بنادر کانتینری در نیل به اهداف خرد و کلان اقتصادی کشور تنها در گرو بهره‌مندی از موقعیت ممتاز، تأمین زیر ساخت‌های مناسب و بهره‌گیری از روساخت‌های پیشرفته و به روز نیست. چرا که از دید مشتریان، اساسی‌ترین شاخص برای جلب و نگهداری مشتریان، جذب سرمایه‌های داخلی و خارجی و همچنین اشتغال‌زایی، تأمین ایمنی و به حداقل رساندن ریسک خسارت به سرمایه‌های انسانی و مالی ذینفعان است (حسن زاده محمدی، ۱۳۸۷).

در اکثر مطالعات سه عامل عمده‌ای که عملکرد هر بندری را تحت تأثیر خود می‌گذارند کارایی بندر، اثربخشی بندر و رضایت‌مندی شرکا و مشتریان است. عملیات جابه‌جایی کانتینرها در پایانه کانتینری شامل عملیات کشتی، عملیات اسکله، عملیات انبار و عملیات درب ورود و خروج هستند که به‌منظور بهبود عملکرد پایانه کانتینری کل عملیات جابه‌جایی کانتینر مورد بررسی قرار گرفته است. در برخی از مطالعات یکی از بهترین راهکارها به‌منظور بهبود عملکرد پایانه‌های کانتینری بهره‌گیری از راهبردهای جامع مدیریتی معرفی شده است.

از آنجا که پایانه‌های کانتینری به‌علت فعالیت‌های شبانه روزی، شرایط محیطی، توسعه‌ی فن‌آوری و افزایش زمینه‌ها و عوامل عدم اطمینان با عوامل ریسک متعددی روبرو هستند، این امر باعث می‌شود تا هر کدام از عوامل این ریسک‌ها نتایجی متفاوت را رقم بزنند. مخاطرات موجود در بنادر عواملی هستند که می‌توانند تهدیدی بالقوه برای افراد اعم از درون و برون‌سازمانی، تأسیسات و تجهیزات بندری و دریایی، شناورها، صنایع تولیدی یا تبدیلی موجود در اراضی پشتیبانی بنادر، محیط زیست به‌ویژه محیط زیست دریایی و همچنین کالاهای وارداتی، صادراتی، ترانزیتی یا ترانشیپی باشند. لازم به ذکر است که به لحاظ تنوع فعالیت‌های موجود در بنادر، می‌بایست خطرات مربوط به هر فعالیت به‌صورت جداگانه ارزیابی و کنترل گردند. مهمترین وظایف و مسوولیت‌های اداری و عملیاتی یک بندر به دو دسته کلی خدمات ناوبری به شناورها و خدمات جابه‌جایی به کالا تقسیم می‌شوند.

۱-۱. خدمات ناوبری به شناورها

خدمات ارتباطی بین کشتی و ساحل، خدمات کمک ناوبری، لنگراندازی، راهنمایی، یدک کشی، بستن طناب و پهلوگیری مجموعه خدماتی هستند که به‌ترتیب به یک شناور ورودی به بندر ارایه می‌گردند.

۱-۲. خدمات جابه‌جایی به کالاها یا مسافران

عمده خدمات قابل ارایه به کالاهای ورودی به بندر به‌ترتیب عبارتند از: باز کردن بست‌های کالا[1]، باز کردن دریچه‌های شناور، جابه‌جایی کالا روی شناور، جابه‌جایی کالا روی اسکله، جابه‌جایی کالا در محوطه، نگهداری در بندر و تحویل کالا به وسایل نقلیه خروجی و در مورد کالاهای خروجی نیز عملیات مربوط به دریافت کالا از وسیله نقلیه، جابه‌جایی در بندر، نگهداری، جابه‌جایی کالا روی اسکله، جابه‌جایی کالا روی شناور، بستن کالا[2] و بستن دریچه‌های شناور، اهم خدماتی هستند که توسط بنادر ارایه می‌شوند.

هر یک از خدمات مذکور دارای عوامل و میزان عوامل ریسک مرتبط به خود بوده که می‌توانند به خدمه کشتی یا افراد شاغل در اسکله، شناور، شناورهای دیگر، کالای موجود در شناور، تأسیسات بندر از قبیل موج‌شکن، اسکله یا تجهیزات موجود در روی اسکله و همچنین محیط زیست دریایی آسیب‌های جزئی و کلی وارد نمایند (حسن‌زاده محمدی، ۱۳۸۷).

امروزه خطرات زیادی در سطوح مختلف بنادر وجود دارد که به‌دلیل عدم رعایت اصول ایمنی و بهداشتی هزینه‌های زیادی را بر بنادر و بخش‌های خصوصی تحمیل می‌کنند که این هزینه‌ها تنها هزینه‌های مستقیم این سوانح است و هزینه‌های غیر مستقیم آن مانند استخدام مجدد، به‌کارگیری، نیاز به آموزش مجدد، پیگیری دعاوی حقوقی سوانح، از سرویس خارج شدن تجهیزات و کاهش سرعت عملیات تخلیه و بارگیری نیز قابل چشم پوشی نیست (حمیدی، ۱۳۸۹).

چگونگی مقابله با این خطرات از طریق فرآیند مدیریت ریسک میسر می‌شود. مدیریت ریسک این امکان را فراهم می‌کند تا مؤثرترین و اقتصادی‌ترین وجه ممکن ریسک‌ها شناسایی، ارزیابی و کنترل شوند و با کاهش خسارات واقعی، افزایش سود، ارتقای ایمنی و افزایش رضایت‌مندی مشتریان به بهبود عملکرد پایانه‌های کانتینری کمک کند (حسن زاده محمدی، ۱۳۸۷).

[1] Unlashing
[2] Lashing

ایمنی را به حداقل رساندن تماس با ریسک تعریف کرده‌اند. این به معنی آنست که هر چه تماس با ریسک کمتر شود ایمنی ارتقا می‌یابد. از این‌رو گام اساسی در ارتقای سطح ایمنی، استقرار یک سامانه‌ی مدیریت ریسک کارآمد به‌منظور بررسی مستمر محیط کار جهت شناسایی و کنترل مخاطراتی است که پتانسیل آسیب‌زدایی از افراد، دارایی‌ها، محیط زیست، شغل و مواد را دارا هستند. مدیریت ریسک اصطلاحی است که به فرآیند سیستمی شناسایی، تجزیه و تحلیل ارزیابی، مواجهه و کنترل ریسک هرنوع فعالیت و همچنین دست‌یابی به موازنه‌ای قابل قبول بین هزینه-های یک حادثه و هزینه‌های مربوط به تدابیر پیشگیرانه برای کاهش ریسک وقوع حادثه اطلاق می‌شود (سترگ دره شوری و همکاران، ۱۳۸۴). از این‌رو برای مدیریت ریسک در بنادر ابتدا باید عوامل ریسک مرتبط با فعالیت‌هایی که در محدوده بنادر انجام می‌شوند را شناسایی و تجزیه و تحلیل کرد.

از مهمترین ابزارهای مدیریت ریسک که جهت ارتقای سطح ایمنی و مقابله با خطرات به‌کارگرفته می‌شود، ارزیابی ریسک است که باید بر اساس شدت پیامد و احتمال وقوع مخاطرات، صورت گرفته و سپس نسبت به سطح بندی یا اولویت‌بندی اقدامات کنترلی آن‌ها اقدام گردد. ارزیابی ریسک به‌صورت کمی، کیفی، کمی-کیفی و همچنین در قالب یک فرآیند پیوسته و دوره-ای انجام می‌شود. (سترگ دره‌شوری و همکاران، ۱۳۸۴). در صورت بهره‌گیری از تکنیک‌های مناسب به‌منظور ارزیابی ریسک، نتایج زیر حاصل خواهد شد:

- به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم موجب بهبود عملکرد پایانه کانتینری می‌شود.
- آرامش خاطری که از مدیریت صحیح عوامل ریسک واقعی حاصل می‌شود، به دلیل اینکه سلامت ذهنی و فیزیکی مدیریت، کارگران و مالکان بندر و کالا را بهبود می‌بخشد، می‌توان آن‌را یک دارایی پنهان ارزشمند غیر اقتصادی شمرد.
- با ایجاد پوشش‌های مناسب در مقابل عوامل ریسک واقعی سبب افزایش جذب و رضایت‌مندی مشتریان، سهامداران و تمام کسانی که در بهبود عملکرد و سوددهی پایانه کانتینری سهیم هستند، می‌شود.

مجتمع بندری شهید رجایی در حدود ۲۵ کیلومتر مربع مساحت دارد و در شهریور ۱۳۶۲ که اولین پایانه بندر افتتاح و عملیات تخلیه و بارگیری تا میزان قابل قبولی در آن آغاز شد، رسما افتتاح گردید. این بندر دارای پایانه‌های صادرات، کانتینری، ترانزیت و کالای خطرناک است و به‌دلیل برخورداری از موقعیت جغرافیایی منحصر به فرد، دسترسی به آب‌های آزاد بین المللی از طریق خلیج فارس، اتصال به شبکه بین المللی جاده‌ای و ریلی، نزدیکی به مناطق آزاد کیش، قشم و بنادر منطقه خلیج فارس، و بهره‌گیری از تاسیسات و تجهیزات مدرن روز، باعث شده که از این بندر به‌عنوان بندر راهبردی ایران در منطقه نام برده شود. زیرا بندر شهید رجایی به‌عنوان بزرگترین پایانه کانتینری کشور که بیشترین حجم عملیات کانتینری کشور در آن تخلیه و بارگیری می‌شود و نقش حیاتی و بسزایی در اقتصاد و تجارت کشور ایفاء می‌نماید، مطرح است. همچنین این بندر از بنادر کانتینری فعال در جهان و منطقه محسوب می‌شود، به‌طوری‌که در بین بنادر کانتینری جهان در سال ۲۰۰۴ رتبه ۷۲ داشته و توانسته است در سال ۲۰۱۲ از رتبه ۷۲ به رتبه ۴۵ ارتقا یابد (پورتال اینترنتی سازمان بنادر و دریانوردی، ۱۳۹۳). لذا این بندر به‌عنوان بندر نمونه‌کاوی در این تحقیق انتخاب شده است.

۲. پیشینه تحقیق

در این بخش از تحقیق به بررسی برخی تحقیقات انجام شده در گذشته پرداخته خواهد شد که در زمینه‌ی موضوعی این تحقیق انجام شده است.

Goedvolk و Hulsebosch (۲۰۰۱) تحقیقی برای تجزیه و تحلیل عوامل ریسک مرتبط با گردش کالا و اطلاعات در فرآیند واردات کانتینر در بندر رتردام انجام دادند. آنها در تحقیق خود سه نوع گردش فیزیکی، مالی و اطلاعاتی را در فرآیند جابه‌جایی کانتینر شناسایی کردند.

مهمترین خطراتی که در این سه گردش شناسایی شدند عبارتند از:

۱) ایجاد آشوب و اختلال که موجب تأخیر و هرج و مرج می‌شود.
۲) سرقت و دزدی کانتینر و کالاها
۳) تجارت غیر قانونی و اجتناب از پرداخت مالیات

Gronalt و همکاران (۲۰۱۰) بیان می‌کنند که نه‌تنها حملات تروریستی می‌تواند سبب ایجاد ریسک و چالش‌هایی در پایانه-های کانتینری شود، بلکه فعالیت‌های شبانه روزی، ساختار عملیات، ساختار زیربنایی و روبنایی همچنین محیط پایانه کانتینری سبب بروز خطرات می‌شوند که شدت و تناوب آن‌ها به

مراتب از حملات تروریستی بیشتر است. در نتیجه در تحقیق خود دیدگاه جدیدی برای شناسایی و ارزیابی عوامل ریسک موجود در پایانه‌های کانتینری مطرح کردند که شامل سه مرحله‌ی زیر است:

۱) تشریح کامل فعالیت‌های مربوط به پایانه کانتینری
۲) شناسایی و طبقه بندی عوامل ریسک مرتبط با هر یک از فعالیت‌های پایانه کانتینری
۳) تجزیه و تحلیل میزان آسیب پذیری حوادث با کمک ماتریس‌های دو بعدی

Tseng و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی که به‌منظور تجزیه و تحلیل ریسک عملیات تخلیه و بارگیری کانتینرها در پایانه‌های کانتینری بندر Kaohsiung (تایوان) انجام دادند، در مجموع ۱۷ عامل ریسک را شناسایی کردند. پس از ارزیابی عوامل ریسک، با کمک روش ماتریس ریسک، مشخص شد که عوامل وجود نقص در گنتری کرین و عدم توانایی گنتری کرین در بلند کردن بازوی خود، لغزش مستقیم کانتینر بر روی کشنده و عدم اتخاذ اقدامات پیشگیرانه به‌منظور جلوگیری از بروز حوادث در زمان شرایط آب و هوایی نامناسب به‌ترتیب بیشترین مقدار شدت وخامت و عوامل حرکات پیچشی کشتی به‌علت حرکت کشتی و امواج، عدم استفاده صحیح از Hangers بیست فوتی و چهل فوتی در زمان تخلیه و بارگیری و توقف کشندهدر فاصله نامناسب از گنتری کرین به‌ترتیب بیشترین مقدار تناوب را به خود اختصاص داده است.

Chlomoudis و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از اطلاعات ثبت شده و انجام مصاحبه در پایانه کانتینری بنادر Piraeus وThessalonik کشور یونان، ۲۴ عامل ریسک را شناسایی کردند که آنها را در پنج گروه، عوامل مربوط به نیروی انسانی، عوامل مربوط به ماشین آلات، عوامل‌های محیطی، عوامل طبیعی و عوامل امنیتی دسته‌بندی کردند. پس از ارزیابی عوامل ریسک از طریق توزیع پرسش‌نامه در دو بندر، آنها به این نتجه رسیدند که در پایانه کانتینری بندر Piraeus عوامل سقوط کانتینر و نقص سامانه و در پایانه کانتینری بندر Thessaloniki، تجارت غیرقانونی و وقوع زمین‌لرزه به‌ترتیب بیشترین عدد ریسک را به خود اختصاص داده‌اند.

Jones (2008) عوامل ایجاد کننده‌ی خسارات را در پایانه‌های کانتینری را به چهار گروه عمده‌ی اشتباهات انسانی، نقص وسایل و تجهیزات، اوضاع جوی و عوامل بیرونی دسته‌بندی کرد.پس از تجزیه و تحلیل خسارات ایجاد شده در ۸۵٪ پایانه‌های کانتینری جهان بر اساس اطلاعات مربوط به سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷، به این نتیجه رسید که ۷۲٪ خسارات به‌دلیل خطاهای انسانی، ۲۳٪ خسارات به‌علت نقص وسایل و تجهیزات، ۳٪ خسارات به‌دلیل اوضاع جوی و ۲٪ خسارات به‌علت عوامل بیرونی هستند.

۲-۱. گردآوری اطلاعات

اطلاعات و داده‌های مربوط به این قسمت از تحقیق، اکثرا از طریق مشاهده، مصاحبات رو در رو، تماس‌های تلفنی، و برگزاری جلسات طوفان مغزها با متخصصان، کارشناسان و افراد مجرب در زمینه عملیات جابه‌جایی کانتینرها در پایانه کانتینری شهید رجایی جمع آوری شده‌است. متخصصین و افراد مجرب در گروه‌های مدیران امور بندری، مدیران و کارشناسان اداره امور کانتینر، مدیران و کارشناسان واحد HSE[1]، مدیران، معاونان و پرسنل شرکت‌های خدمات دریایی دسته‌بندی می‌شوند. همچنین برای اجرای مناسب روش FMEA[2]، نیاز به جمع آوری اطلاعات، دانش وسیع و تجربه کافی در زمینه عملیات تحت مطالعه است. دست‌یابی به این هدف از طریق فعالیت تیمی امکان‌پذیر خواهد بود. بنابراین برای محاسبه RPN در این تحقیق نیازمند، به تشکیل تیم FMEA است. به همین منظور طی جلسات متعدد از اطلاعات و دانش گروهی از افراد متخصص و مجرب مرتبط با این عملیات استفاده می‌شود. تیم مورد نیاز متشکل از هشت نفر از افراد متخصص و باتجربه است که آگاهی کامل و کافی نسبت به خطرات بالقوه عملیات جابه‌جایی کانتیرها در پایانه کانتینری شهید رجایی دارند. این افراد شامل رئیس واحد HSE، کارشناس مسئول واحد HSE، کارشناسان واحد HSE، کارشناس مسوول پایانه‌های کانتینری، کارشناس مسوول ادراه امور کانتینر، کارشناس مسئول ایمنی اداره امور کانتینر و کارشناس ناظر تجهیزات پایانه کانتینری است.

۲-۲. عملیات جابه‌جایی کانتینرها در پایانه کانتینری

مهمترین عملیات انجام شده در مناطق طراحی شده یک پایانه کانتینری به چهار دسته زیر قابل تقسیم هستند

[1] Health and Safety Environment
[2] Failure Modes and Effects Analysis

(Vis, 2002; Begum, 2007; Esmer, 2008; Meisel, 2009):

۱) عملیات کشتی: این رشته فعالیت بین انبارهای کشتی (خن) و اسکله انجام می‌شود. در واقع این فعالیت شامل مواردی است که کالا را از درون انبار کشتی به سطح اسکله منتقل می‌کند. در تخلیه، این مرحله از درون انبار کشتی یا عرشه کشتی شروع و تا لحظه قرار گرفتن کالا بر روی اسکله و یا بر روی وسیله حمل کننده مستقر بر روی اسکله ادامه دارد. در بارگیری این فعالیت از زمانی‌که بار را از وسیله حمل کننده بر می‌دارد، شروع و تا قرار گرفتن بار بر روی عرشه یا درون انبار کشتی ادامه دارد (آهویی، ۱۳۸۹).

۲) عملیات اسکله: این مرحله بلافاصله پس از پایان مرحله قبل شروع و تا زمان استقرار کالا در محوطه انبار خاتمه می‌یابد. در این مرحله تجهیزات بندری، بیشترین حجم فعالیت را دارند (آهویی، ۱۳۸۹).

۳) عملیات انبار: با ورود کالا به انبار و محوطه، این مرحله شروع می‌شود. کلیه کالاها بر اساس یک برنامه منظم و بر اساس اصول ایمنی در محل‌های معین و مناسب درون محوطه و انبار قرار می‌گیرند. برای پیگیری‌های اداری بعدی کلیه مشخصات مربوط به کالا مانند وزن، نوع کالا، بارنامه، کشتی، صاحب کالا، تاریخ ورود به انبار یا محوطه، شرکت کشتیرانی در دفتر انبار ثبت می‌گردد (آهویی، ۱۳۸۹). عملیات تخلیه و بارگیری کانتینرها از کشنده‌ها و قطار همچنین چینش آن‌ها در بلوک‌های محوطه انبار پایانه کانتینری توسط ترانستینرها انجام می‌شود.

۴) عملیات درب ورود و خروج[1]: عملیات درب ورود و خروج پایانه کانتینری مربوط به متصدیان حمل کالا است. این رشته فعالیت شامل دریافت کانتینرهای صادراتی و ترانزیتی از متصدیان حمل جهت بارگیری آن‌ها به کشتی، همچنین تحویل کانتینرهای وارداتی و ترانزیتی تخلیه شده از کشتی به متصدیان حمل است (Esmer, 2008).

۲-۳. *FMEA*

FMEA یکی از شناخته‌ترین تکنیک‌های ایمنی سامانه بوده که به مقدار زیاد در بخش‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تکنیک، شامل یک تجزیه و تحلیل و ارزیابی متوالی از انواع شکست‌هایی بوده که می‌تواند رخ دهد اثرات محتمل آن‌ها برحسب حداکثر پتانسیل خسارت، بیان شود. این تکنیک به‌عنوان مدلی پیشگویانه به‌کار می‌رود و می‌تواند بخشی از یک ارزیابی کلی ریسک را شکل دهد.

به‌منظور اجرای صحیح FMEA گام‌هایی که در جدول ۱ بیان شده است باید دنبال شود:

جدول ۱: ده گام اجرایی FMEA

گام اول	دوره مرور فرآیند، محصول/ طراحی
گام دوم	برگزاری جلسات طوفان ذهنی برای تعیین حالات شکست
گام سوم	لیست کردن آثار شکست بالقوه
گام چهارم	تعیین درجه‌ی شدت هر یک از اثرات حالات شکست
گام پنجم	تعیین درجه‌ی احتمال وقوع برای هر یک از حالات شکست
گام ششم	تعیین درجه تشخیص برای هر یک از حالات شکست بالقوه و یا اثر آن
گام هفتم	محاسبه عدد اولویت ریسک (حاصلضرب سه فاکتور شدت وقوع، احتمال وقوع و احتمال کشف) برای هر یک از حالات شکست
گام هشتم	تشخیص اولویت‌های الگوهای حالات شکست برای اخذ اقدامات کنترلی
گام نهم	اتخاذ اقدامات کنترلی لازم برای حذف یا کاهش اثرات حالات شکست بالقوه دارای خطر پذیری بالا
گام دهم	محاسبه RPN پس از کاهش و یا از بین بردن اثرات حالات شکست

۲-۴. *Fuzzy FMEA*

رویکرد FMEA بر اساس نظریه مجموعه‌های فازی یک راه‌حل انعطاف‌پذیر و مناسب برای ارزیابی خطرات بالقوه است. با استفاده از این روش می‌توان بر عدم اطمینان به‌وجود آمده در روش FMEA مرسوم غلبه کرده و تا حدودی معایب موجود در روش FMEA مرسوم را اصلاح کرد.

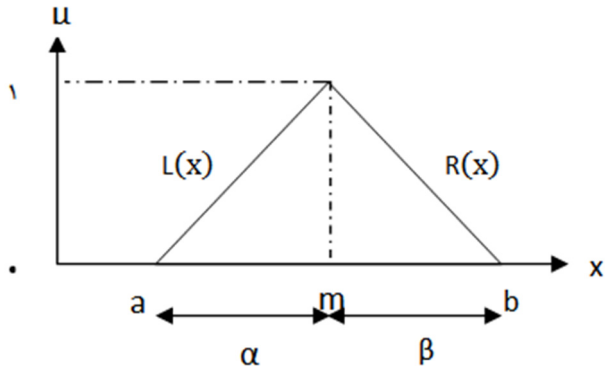
۲-۵. *محاسبه‌ی **RPN** با استفاده از نظریه فازی*

برای محاسبه‌ی RPN و اولویت‌بندی خطرات بالقوه با استفاده از نظریه فازی، سه گام زیر باید طی شود:

۱) انتخاب تابع عضویت فازی: در این مرحله برای کلیه‌ی عوامل مؤثر در محاسبه‌ی RPN، مجموعه مرجع، توابع عضویت و مقادیر زبانی تعریف می‌گردد. در این تحقیق برای عوامل شدت وقوع، احتمال وقوع و احتمال کشف توابع عضویت مثلثی در نظر گرفته شده است. با توجه به شکل ۱ یک عدد فازی مثلثی را می‌توان با اعداد حقیقی به‌صورت $(m-\alpha, m, m+\beta)$ نمایش داد، که $a= m-\alpha$ و $b= m+\beta$. مقدار عدد فازی M با توجه به شکل روبرو است: $M=(a,m,b)$. به‌طوری‌که μ تابع عضویت، x مجموعه اعداد

[1] Gate operation

حقیقی، b حد بالای عدد فازی، m محتمل‌ترین مقدار یک عدد فازی و a حد پایین یک عدد فازی است.



شکل ۱: عدد فازی مثلثی

۲) تشکیل تابع عضویت از حاصل‌ضرب توابع عضویت شدت وقوع، احتمال وقوع و احتمال کشف: در این مرحله FRPN، با تشکیل تابع عضویت از حاصل‌ضرب توابع عضویت شدت وقوع، احتمال وقوع و احتمال کشف محاسبه می‌شود.

۳) غیرفازی کردن تابع عضویت: در این تحقیق از روش امتیاز دهی به‌سمت چپ و راست عدد فازی برای غیر فازی کردن مقادیر حاصل از حاصل‌ضرب توابع عضویت شدت وقوع، احتمال وقوع و احتمال کشف استفاده می‌شود. در این روش امتیاز کل دقیق یک عدد فازی از مقادیر امتیازات چپ و راست عدد فازی به‌دست می‌آید. برای مثال چنانچه یک مجموعه فازی مثلثی به‌صورت $A=(m-\alpha, m, m+\beta)$ تعریف شود. برای به‌دست آوردن مقدار دقیق A، ابتدا بر اساس رابطه ۱ مقادیر سمت چپ و بر اساس رابطه ۲ مقدار سمت راست عدد فازی A محاسبه می‌گردد. با به‌دست آوردن مقادیر سمت چپ و راست عدد A، مقدار دقیق و معین A، با کمک رابطه ۳ به‌دست می‌آید (Opricovic, 2003; Tseng, 2010).

رابطه ۱ $$\mu_L(A) = 1 - \frac{m}{1+\alpha}$$

رابطه ۲ $$\mu_R(A) = \frac{m+\beta}{1+\beta}$$

رابطه ۳ $$\mu_T(A) = \frac{\mu_R(A)+1-\mu_L(A)}{2}$$

۲-۶. برآورد عوامل ریسک در عملیات جابه‌جایی کانتینرها در پایانه کانتینری شهید رجایی

در این مرحله از تحقیق رتبه شدت وقوع، احتمال وقوع و احتمال کشف تعیین می‌شود و با تشکیل تابع عضویت فازی مقدار FRPN برای هر یک از خطرات بالقوه محاسبه شده و با استفاده از روش امتیازدهی به چپ و راست عدد فازی مقدار دقیق RPN به‌دست خواهد آمد.

۲-۷. شناسایی خطرات بالقوه، علل و اثرات آنها در مناطق اصلی پایانه کانتینری

فعالیت‌های انجام شده در مناطق اصلی پایانه کانتینری در برگیرنده‌ی خطرات بالقوه‌ای هستند. این خطرات به‌صورت زیر دسته‌بندی شده‌اند و در جدول ۲ نیز نشان داده شده است:

۱) فعالیت تخلیه و بارگیری کانتینر توسط گنتری کرین
۲) قراردادن درب انبار کشتی بر روی اسکله
۳) انتقال کانتینرها با کشنده‌ها
۴) تخلیه و بارگیری کانتینر از/ به کِشَنده توسط ترانستینر
۵) حوزه فعالیت خن‌کاران
۶) تخلیه و بارگیری کانتینر از/ به کشنده توسط ریچ استکر و تاپ لیفت
۷) حوزه فعالیت بارشماران
۸) حمل کانتینر با تاپ لیفت و ریچ استکر در مسافت‌های طولانی

۲-۸. برآورد عوامل ریسک در عملیات جابجایی کانتینرها در پایانه کانتینری شهید رجایی

در این مرحله از تحقیق رتبه شدت وقوع، احتمال وقوع و احتمال کشف تعیین می‌شود و با تشکیل تابع عضویت فازی مقدار FRPN برای هر یک از خطرات بالقوه محاسبه شده و با استفاده از روش امتیازدهی به چپ و راست عدد فازی مقدار دقیق RPN به‌دست خواهد آمد.

۲-۹. تخمین رتبه شدت وقوع، احتمال وقوع و احتمال کشف برای هر یک از خطرات بالقوه

با قرار دادن عوامل در اختیار تیم FMEA، رتبه شدت وقوع، احتمال وقوع و احتمال کشف توسط اعضای تیم تعیین می‌گردد.

جدول ۲: عوامل ریسک عملیات جابه‌جایی کانتینرها در پایانه کانتینری شهید رجایی از نظر تیم کاری

ردیف	نام فعالیت	خطر بالقوه	
۱	تخلیه و بارگیری کانتینر توسط گنتری کرین	فشار به گنتری کرین و شکستن بوم آن	A1
		ریزش کانتینرها	A2
		سقوط کانتینر	A3
		برخورد کانتینر با بغل گیرهای غیر استاندارد کشنده	A4
		سقوط کانتینر و اسپریدر گنتری کرین	A5
		بر خورد بوم گنتری کرین با پل فرماندهی کشتی یا تجهیزات مخابراتی بر روی آن	A6
		برخورد با تجهیزات و عبور از روی کابل برق هنگام حرکت تراول گنتری کرین	A7
		خستگی مفرط اپراتور گنتری کرین	A8
۲	B- قراردادن درب انبار کشتی بر روی اسکله	قرار گرفتن درب انبار کشتی بر روی افراد و خودروهای سواری و کشنده‌ها	B1
۳	C- انتقال کانتینر با کشنده	سقوط کانتینر	C1
		ریزش کالاهای درون کانتینر	C2
		تصادف کشنده با کشنده، سواری، گنتری کرین، ترانس تینر و کانتینر در محوطه‌ها	C3
		تصادف با کارگران و دیگر افراد	C4
۴	D- تخلیه و بارگیری کشنده توسط ترانس تینر	قرار دادن کانتینر برروی هیدرانت	D1
		سقوط کانتینر و اسپریدر	D2
		تصادف ترانس‌تینر با کشنده،کانتینرهای دیگر، هیدرانت و تاور برق	D3
		باز نبودن تویست لاک کانتینر	D4
		ریزش کانتینرها	D5
		خستگی مفرط اپراتور ترانستینر	D6
۵	E- تخلیه و بارگیری کانتیر از/به کشنده توسط ریچ استکر و تاپ لیفت	سقوط کانتینر	E1
		سقوط کانتینر در اثر طوفان	E2
		سقوط کانتینر و واژگونی ریچ استکر	E3
۶	F- حمل کانتینر با تاپ لیفت و ریچ استکر در مسافت‌های طولانی	سقوط کانتینر و واژگونی ریچ استکر و تاپ لیفت	F1
۷	فعالیت خن‌کاران	سر خوردن و سقوط درون آب	G1
		سقوط درون انبار کشتی	G2
		سقوط تویست لاک و تجهیزات لاشینگ بر روی خن‌کاران	G3
		سقوط از بالای کانتینر هنگام لاشینگ کانتینر	G4
		خستگی مفرط	G5
		گرمای محیط	G6
		سر و صدا	G7
۸	H- فعالیت بارشماران	برخورد با کشنده‌ها	H1
		برخورد با گنتری کرین	H2
		سر و صدا	H3
		گرمای محیط	H4
		خستگی مفرط	H5
		سقوط تویست لاک، آهن آلات و وایرهای پاره شده تجهیزات بر روی بارشماران	H6

۲-۱۰. تشکیل تابع عضویت فازی

بعد از تعیین رتبه شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال کشف با استفاده از جدول ۳ اعداد فازی متناظر با عبارات زبانی به هر یک از رتبه‌ها تخصیص داده می‌شود (Ebrahimnejad et al., 2012)

تابع عضویت عبارات زبانی، بصورت شکل ۲ است:

T(x) = { بسیارکم، کم، نسبتا کم، متوسط، نسبتا زیاد، زیاد، بسیار زیاد}

U= [۰،۱]

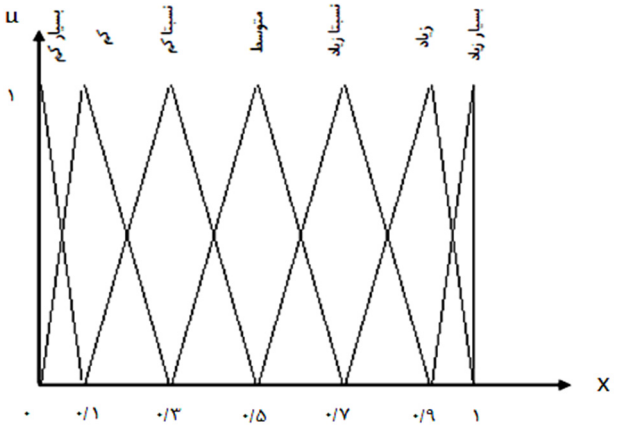
X= {شدت اثر، احتمال وقوع، احتمال کشف}

جدول ۳: اعداد فازی متناظر با عبارات زبانی

عبارت زبانی	عدد فازی مثلثی
بسیار کم	(۰، ۰، ۰/۱)
کم	(۰، ۰/۱، ۰/۳)
نسبتا کم	(۰/۱، ۰/۳، ۰/۵)
متوسط	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)
نسبتا زیاد	(۰/۵، ۰/۷، ۰/۹)
زیاد	(۰/۷، ۰/۹، ۱)
بسیار زیاد	(۰/۹، ۱، ۱)

(منبع: Ebrahimnejad et al., 2012)

با اختصاص مقادیر فازی به هر یک از رتبه‌های شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال کشف (عوامل مؤثر در محاسبه RPN)، FRPN با تشکیل تابع عضویت از حاصل‌ضرب مقادیر فازی شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال کشف محاسبه می‌شود.



شکل ۲: تابع عضویت عبارات زبانی

برای خطر بالقوه "فشار به گنتری کرین و آسیب بوم آن" مربوط به فعالیت "تخلیه و بارگیری کانتینر توسط گنتری کرین" خواهیم داشت:

FRPN= S × O × D = (۰/۹ ،۱ ،۱) ⊗ (۰/۱ ،۰/۳ ،۰/۵) ⊗ (۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)

(۰/۱ ،۰/۳= (۰/۰۰۹ ،۰/۰۹ ،۰/۲۵)

FRPN خطرات بالقوه باقیمانده نیز، مانند FRPN خطر بالقوه "فشار به گنتری کرین و شکستن بوم آن" محاسبه خواهند شد.

۲-۱۱. غیر فازی کردن تابع عضویت فازی

در این تحقیق جهت تبدیل مقدار فازی FRPN به مقدار دقیق RPN از روش امتیازدهی به چپ و راست عدد فازی استفاده می‌شود. اعداد فازی مثلثی در این تحقیق به‌صورت سه تایی مرتب (m+ β ، m ،m – α) نمایش داده شده‌اند.

برای خطر بالقوه "فشار به گنتری کرین و آسیب بوم آن" مربوط به فعالیت "تخلیه و بارگیری کانتینر توسط گنتری کرین" مقدار دقیق RPN به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$m - \alpha = ۰/۰۰۹$$
$$\alpha = ۰/۰۸۱$$
$$m = ۰/۰۹$$
$$m + \beta = ۰/۲۵$$
$$\beta = ۰/۱۶$$

مقدار سمت چپ و سمت راست این عدد فازی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\mu_L = ۱ - \frac{۰/۰۹}{۱+۰/۰۸۱} = ۰/۹۱۶۷$$

$$\mu_L = ۱ - \frac{۰/۲۵}{۱+۰/۱۶} = ۰/۲۱۵۵$$

و مقدار دقیق و معین عدد فازی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\mu_L = \frac{۰/۲۱۵۵+۱-۰/۹۱۶۷}{۲} = ۰/۱۴۹۴$$

در نتیجه مقدار دقیق RPN خطر بالقوه "فشار به گنتری کرین و آسیب بوم آن" مربوط به فعالیت "تخلیه و بارگیری کانتینر توسط گنتری کرین" برابر ۰/۱۴۹۴ است. مقدار دقیق RPN خطرات بالقوه باقیمانده نیز محاسبه می‌گردد. RPN خطرات بالقوه در این تحقیق عددی بین ۰/۰۰۱ و ۰/۸۹۳ خواهد بود.

۲-۱۲. *سطح سنجی ریسک*

آخرین مرحله از فرآیند ارزیابی ریسک در عملیات جابه‌جایی کانتیرها در پایانه کانتینری شهید رجایی، سطح سنجی عوامل ریسک برآورد شده در مرحله قبلی تحقیق است. بر اساس ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و قانونی در پایانه کانتینری شهید رجایی، عوامل ریسک توسط اعضای تیم FMEA در سه سطح قابل تحمل، متوسط و غیر قابل تحمل طبقه‌بندی می‌شوند. هدف از این مرحله، طبقه‌بندی عوامل ریسک، در سه سطح قابل تحمل (ناچیز)، متوسط و غیر قابل تحمل (بحرانی) است و تعیین منطقه‌ای از عوامل ریسک که نیاز بیشتر به توجه دارند.

۲-۱۳. *تحلیل نتایج با استفاده از روش* ***Fuzzy FMEA***

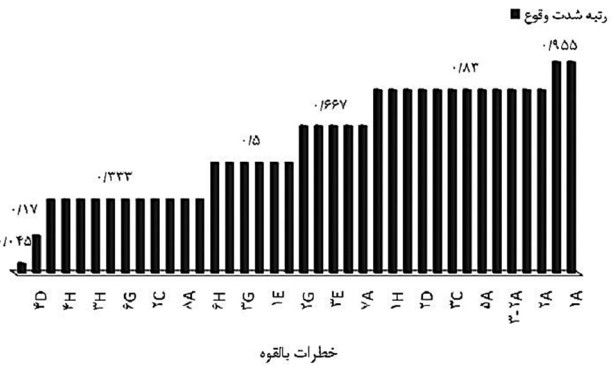
از روش Fuzzy FMEA در چهار مرحله کلی جهت ارزیابی ریسک عملیات جابه‌جایی کانتینرها در پایانه کانتینری شهید رجایی استفاده شده است. در مرحله‌ی اول پس از بررسی دقیق پیشینه‌ی تحقیق و نتایج مصاحبه با کارشناسان مربوط، فعالیت-های اصلی عملیات جابه‌جایی کانتینرها در پایانه کانتینری شهید رجایی در هفت گروه مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. این فعالیت‌ها عبارتند از: فعالیت تخلیه و بارگیری کانتینر توسط گنتری کرین، فعالیت تخلیه و بارگیری کانتینر توسط گنتری کرین، فعالیت قراردادن درب انبار کشتی بر روی اسکله، فعالیت انتقال کانتینر با کشنده، فعالیت تخلیه و بارگیری کشنده توسط ترانستینر، فعالیت تخلیه و بارگیری کانتیر از/ به کشنده توسط ریچ استکر و تاپ لیفت، فعالیت خن‌کاران و فعالیت بارشماران. در مرحله دوم از طریق مشاهده، مصاحبات رو در رو، تماس‌های تلفنی، و برگزاری جلسات طوفان مغزها با متخصصان، کارشناسان و افراد مجرب، خطرات بالقوه که پتانسیل ایجاد خسارت و آسیب را دارند شناسایی شده‌اند. در هفت دسته‌ی فعالیت ذکر شده در مجموع ۳۸ خطر بالقوه شناسایی شده‌اند. این خطرات فعالیت-های اصلی عملیات جابجایی کانتینرها شامل موارد ذیل می-باشند: A1- فشار به گنتری کرین و آسیب بوم آن، A2- ریزش کانتینرها، A3- سقوط کانتینر، A4- برخورد کانتینر با بغل گیرهای غیر استاندارد کشنده، A5- سقوط کانتینر و اسپریدر گنتری کرین، A6- بر خورد بوم گنتری کرین با پل فرماندهی کشتی یا تجهیزات مخابراتی بر روی آن، A7- برخورد با تجهیزات و عبور از روی کابل برق هنگام حرکت تراول گنتری کرین، A8- خستگی مفرط اپراتور گنتری کرین، B1- قرار گرفتن درب انبار کشتی بر روی افراد و خودروهای سواری و کشنده‌ها، C1- سقوط کانتینر، C2- ریزش کالاهای درون کانتینر، C3- تصادف کشنده با کشنده، سواری، گنتری کرین، ترانستینر و کانتینر در محوطه‌ها، C4- تصادف با کارگران و دیگر افراد، D1- قرار دادن کانتینر بر روی هیدرانت، D2- سقوط کانتینر و اسپریدر، D3- تصادف ترانستینر با کشنده، کانتینرهای دیگر، هیدرانت و برجک برق، D4- باز نبودن تویست لاک کانتینر، D5- ریزش کانتینرها، D6- خستگی مفرط اپراتور ترانستینر، E1- سقوط کانتینر، E2- سقوط کانتینر در اثر طوفان، E3- سقوط کانتینر و واژگونی ریچ استکر، F1- سقوط

کانتینر و واژگونی ریچ استکر و تاپ لیفت، G1- سر خوردن و سقوط درون آب، G2- سقوط درون انبار کشتی، G3- سقوط تویست لاک و تجهیزات مهار بر روی خن‌کاران، G4- سقوط از بالای کانتینر هنگام مهار کانتینر، G5- خستگی مفرط، G6- گرمای محیط، G7- سر و صدا، H1- برخورد با کشنده‌ها، H2- برخورد با گنتری کرین، H3- سر و صدا، H4- گرمای محیط، H5- خستگی مفرط، H6- سقوط تویست لاک، آهن آلات و وایرهای پاره شده تجهیزات بر روی بارشماران. در مرحله دوم که مرحله برآورد ریسک است، رتبه هر یک از عوامل مؤثر بر RPN توسط تیم FMEA تعیین شده است. پس از بررسی پاسخ‌های تیم FMEA و تجزیه و تحلیل آن‌ها، نتایج حاصل از این مرحله به دو صورت زیر مورد تحلیل قرار می‌گیرند:

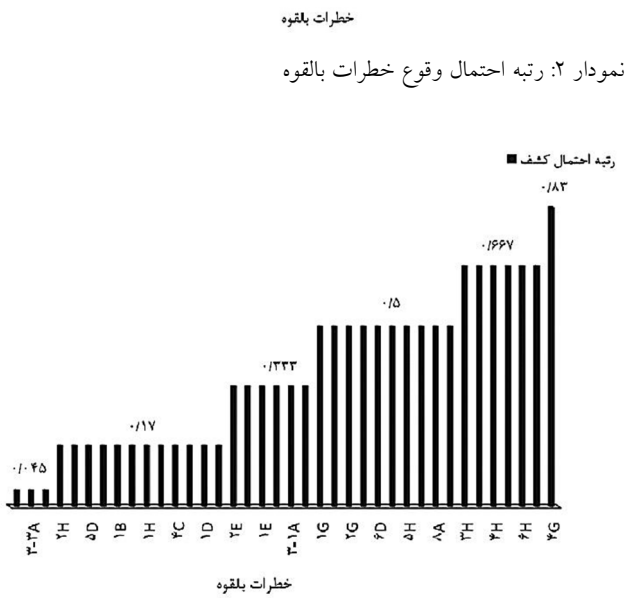
۱- تحلیل عوامل مؤثر بر RPN به‌صورت مستقل از یکدیگر

اولویت بندی خطرات بالقوه شناسایی شده بر اساس هر یک از عوامل مؤثر بر RPN به‌طور مجزا به‌صورت زیر است:

برتری و ارجحیت خطرات بالقوه بر مبنای هریک از عوامل مؤثر بر RPN به‌صورت مجزا در نمودارهای ۱ و ۲ و ۳ آورده شده است. نتایج نمودارها نشان می‌دهد که از نظر تیم FMEA، خطرات بالقوه فشار به گنتری کرین و شکستن بوم آن (A1) و بر خورد بوم گنتری کرین با پل فرماندهی کشتی یا تجهیزات مخابراتی بر روی آن (A2) بیشترین رتبه شدت وقوع، خطرات بالقوه تصادف کشنده با کشنده و دیگر تجهیزات در محوطه‌ها (C3) و خستگی مفرط خن کاران و بارشماران (G5 و H5) بیشترین رتبه احتمال وقوع و خطر بالقوه سقوط از بالای کانتینر هنگام لاشینگ کانتینرها در کشتی (G4) بیشترین رتبه احتمال کشف را به خود اختصاص داده‌اند.



نمودار ۱: رتبه شدت وقوع خطرات بالقوه



نمودار ۲: رتبه احتمال وقوع خطرات بالقوه

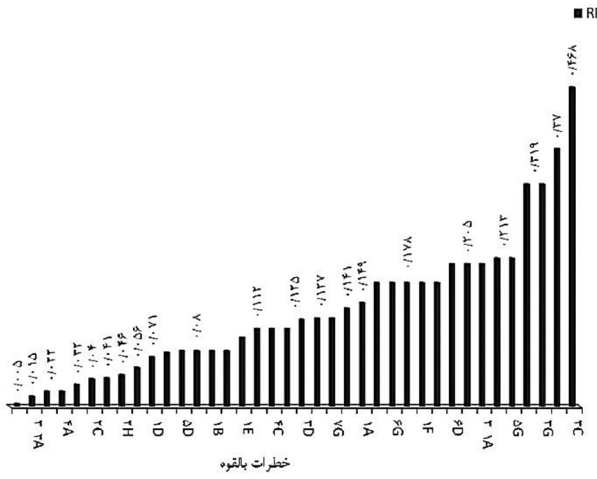
نمودار ۳: رتبه احتمال کشف خطرات بالقوه

۲- تحلیل خطرات بالقوه بر مبنای RPN که از ترکیب (حاصل‌ضرب) عوامل شدت وقوع، احتمال وقوع و احتمال کشف به‌دست می‌آید:

برتری و ارجحیت خطرات بالقوه بر مبنای RPN در نمودار ۴ آورده شده است. نتایج این نمودار نشان می‌دهد که از نظر تیم FMEA، خطر بالقوه تصادف کشنده با کشنده و دیگر تجهیزات در محوطه‌ها (C3)، بیشترین رتبه RPN را به خود اختصاص داده است. و بعد از آن خطرات سقوط خن کاران از بالای کانتینر هنگام لاشینگ کانتینرها درکشتی (G4) و سقوط تویست لاک و تجهیزات لاشینگ بر روی خن‌کاران و بارشماران (H6 و G3) در اولویت قرار می‌گیرند.

مرحله سوم ارزیابی ریسک، مرحله ارزشیابی ریسک است. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود از نظر تیم FMEA خطر بالقوه تصادف کشنده با کشنده و دیگر تجهیزات در محوطه‌ها مربوط به فعالیت انتقال کانتینر با کشنده، دارای ریسک بحرانی است. لذا اقدامات کنترلی جاری در مورد این خطر کافی نیست. بنابراین لازم است اقدامات کنترلی جدید به‌منظور حذف خطر یا کاهش هر یک از عوامل مؤثر بر RPN طراحی شود. همچنین خطراتی که در سطح ریسک متوسط طبقه‌بندی شده‌اند تحت کنترل بوده ولی نیازمند تجدیدنظر هستند و می‌توان در آینده آن‌ها را بهبود داد و به سطح قابل تحمل رساند ولی در حال حاضر اولویت ندارند. خطراتی که در سطح قابل تحمل طبقه

بندی شده‌اند بیانگر این هستند که وجود کنترل‌های جاری، اطمینان لازم را جهت کنترل این خطرات و جلوگیری از بروز خسارات آن‌ها را می‌دهد. نتایج نمودار ۴ در جدول ۴ خلاصه شده است.



نمودار ۴: رتبه RPN خطرات بالقوه

جدول۴: ارزشیابی عوامل ریسک عملیات جابه‌جایی کانتینرها در پایانه کانتینری شهید رجایی

خطرات بالقوه	سطح ریسک
A4, A6, A7, C2, D4, E3, E2, H2	قابل تحمل
A1, A2, A3-1, A3-2, A3-3, A5, A8, B1, C1, C4, D1, D2, D3, D5, D6, E1, F1, G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, H1, H3, H4, H5, H6	متوسط
C3	بحرانی

۳. نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده در این تحقیق ماحصل روش FUZZY FMEA است. در مرحله اول خطرات بالقوه شناسایی شد در مرحله دوم به برآورد ریسک‌ها و در مرحله سوم به ارزشیابی ریسک‌ها پرداخته شد.

به‌منظور مشخص کردن اقدامات کنترلی در فرآیند مدیریت ریسک، در مرحله اول، خطرات بالقوه با سطوح ریسک غیرقابل تحمل، مدنظر قرار می‌گیرد. در نتیجه برای خطر بالقوه تصادف کشنده با کشنده و دیگر تجهیزات در محوطه‌ها، باید اقدامات کنترلی جهت حذف یا کاهش اثرات آن اتخاذ گردد. در مرحله بعد، خطرات بالقوه‌ای که دارای بیشترین رتبه شدت وقوع، احتمال وقوع و احتمال کشف هستند مدنظر قرار می‌گیرند. اقدامات کنترلی ریسک برای هر یک از حوزه‌های شدت وقوع، احتمال وقوع و احتمال کشف به‌صورت مجزا تعریف می‌شود. لذا برای خطرات بالقوه فشار به گنتری کرین و آسیب بوم آن و برخورد بوم گنتری کرین با پل فرماندهی کشتی یا تجهیزات مخابراتی روی آن، اقدامات کنترلی لازم جهت حذف یا کاهش رتبه شدت وقوع تعریف شود و برای خطر بالقوه خستگی مفرط بارشماران و خن‌کاران، اقدامات کنترلی به‌گونه‌ای تعریف شود که سبب کاهش یا حذف رتبه احتمال وقوع گردد. در نهایت لازم است تا اقدامات کنترلی جهت کاهش یا حذف رتبه احتمال کشف خطر بالقوه سقوط خن‌کاران از بالای کانتینر هنگام مهار کانتینرها در کشتی نیز مشخص شود.

با توجه به نتایج ارزیابی ریسک، اقدامات کنترلی به‌صورت زیر پیشنهاد می‌شود:

- برگزاری دوره‌های آموزشی و تهیه سی‌دی‌های آموزشی جهت آموزش رانندگان کشنده‌ها و تریلرها، نقش به‌سزایی در کاهش سوانح ناشی از برخورد کشنده با تجهیزات خواهد داشت. همچنین نصب تابلوهای آموزشی هشداردهنده و راهنما جهت تریلرهای شهری در خصوص چگونگی تردد و حرکت در پایانه‌های کانتینری می‌تواند در کاهش سوانح تاثیرگذار باشد.
- برگزاری دوره‌های آموزشی برای اپراتورها تجهیزات تا شناخت کافی درباره ساختمان تجهیزات پیدا کرده و با جزئیات قسمت‌های تامین کننده برق، تجهیزات ایمنی، کلیدهای قطع کننده اضطراری، خروجی‌های اضطراری، کپسول‌های آتش نشانی و غیره آشنا شوند.
- آموزش اپراتورها و رانندگان جدید، جهت گردش شغلی و کاهش ساعات کار اپراتورها و رانندگان.
- برخورد قانونی با اپراتورها و رانندگانی که آمار سوانح آن‌ها زیاد است.
- اپراتور تجهیزات به‌ویژه اپراتور گنتری کرین با کارگران مشغول بر روی عرشه یا افراد راهنما هماهنگی لازم را داشته باشد. همچنین در هنگام شروع عملیات از باز بودن قفل‌های چرخشی مابین کانتینرها مطمئن باشد، در غیر این‌صورت عملیات را شروع نکند.
- اپراتور گنتری کرین در مواقعی که اسپریدر گنتری کرین درون نبشی‌های بدنه داخلی انبار کشتی قرار می‌گیرد با دقت آن را درون انبار جابه‌جا کند و در صورت گیر افتادن

اسپریدر درون انبار کشتی به جای بالا و پایین کردن اسپریدر و ایجاد فشار به گنتری کرین سریعاً مراتب را از طریق بی‌سیم به بخش فنی اطلاع دهد.

- اپراتور تجهیزات به وزن محموله‌ها و کانتینرها توجه کند و از جابه‌جا کردن محموله‌هایی که وزن آن‌ها بیش از وزن استاندارد است، خودداری کند.
- ایزولاسیون کابین اپراتور در مقابل سروصدا و ارتعاشات حاصله، فراهم‌آوری کلیه تجهیزات رفاهی مورد نیاز در یک شیفت کاری و تغییرات آرگونومی در وضعیت صندلی اپراتورها می‌تواند در کاهش سوانح مؤثر باشد.
- استفاده از آینه محدب در نقاط کور محوطه‌ها، جدا کردن مسیرهای تردد تجهیزات و کشنده‌ها و دیگر وسایل نقلیه.
- استفاده از آلارم، چراغ گردان، بوق دنده عقب و چک کردن سیستم ترمز قبل از بکارگیری تجهیزات.
- محدود کردن سرعت کشنده‌ها و تجهیزات.
- تذکرات لازم به اپراتورها و رانندگان جهت رعایت نمودن مسایل ایمنی.
- ورود به محوطه‌های چینش کانتینر باید محدود شود و خودروها و کشنده‌های مجاز باید به چراغ گردان مجهز شوند.
- علائم مخصوص جهت جلوگیری از ورود تریلرها و خودروهای متفرقه و غیرمرتبط با عملیات کانتینری، در پایانه کانتینری نصب شود.
- مسیرهای ترانستینرها باید خط کشی شده و در شب قابل تشخیص باشند.
- رانندگان کشنده نباید در مسیر خط کشی شده ترانستینر توقف نمایند.
- ترانستینر باید مجهز به سامانه‌ی هشداردهنده صوتی باشد که در صورت حرکت ترانستینر، فعال شود. همچنین برای تسلط بر نقاط کور اپراتور، ترانستینر باید به دوربین مدار بسته و یا آلارم مجهز شود.
- استفاده از صندلی و کاهش ساعت شیفت کاری بارشماران در رفع خستگی بارشماران مؤثر است.
- استفاده صحیح از تجهیزات حفاظت فردی هنگام انجام فعالیت توسط خن‌کاران، از قبیل: کفش آجدار مناسب، کلاه و دستکش ایمنی مناسب نقش به‌سزایی در کاهش سوانح دارد.
- آموزش رایگان خن‌کاران به‌منظور آشنایی با تجهیزات ایمنی، و استفاده صحیح از تجهیزات حفاظت فردی در کاهش سوانح مؤثر است.
- کاهش ساعات شیفت کاری و افزایش تعداد خن‌کاران مجرب در رفع خستگی آن‌ها مؤثر است.
- استفاده از چرخ دستی جهت جابجا کردن قفل‌های چرخشی جهت جلوگیری از خسته شدن خن کاران بسیار مؤثر است.
- استفاده از نردبان ایمن و تجهیزات جلوگیری از سقوط خن-کاران مانند اطاقک مهار و نصب سبد بر روی اسپریدر گنتری کرین، در کاهش سوانح ایجاد شده برای خن‌کاران مؤثر است.

منابع

آهویی، و.، ۱۳۸۹. بارگیری بنادر با استفاده از متدلوژی شش سیگما. دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، صفحات ۶۲-۶۳ و صفحه ۷۹.

حسن‌زاده محمدی، م.، ۱۳۸۷. مدیریت ایمنی در بنادر. انتشارات وزارت راه و ترابری- دفتر مطالعات فنآوری و ایمنی، تهران، صفحات ۲۲-۳۰.

حمیدی، ح.، ۱۳۸۹. مدیریت تجهیزات بندری. انتشارات اسرار دانش، تهران، صفحه ۵۲.

سترگ دره شوری، م.؛ عابدپور، م.؛ دلوی، م.، ۱۳۸۴. مدیریت ریسک. انتشارات مؤسسه علمی دانش پژوهان برین- انتشارات ارکان، اصفهان، صفحات ۵۳-۵۴.

Begum, H., 2007. Impact of port efficiency and productivity on the economy of Bangladesh. International cargo handling coordination association biennial conference, 29th May-2th June 2007. Australia, 3p.

Chlomoudis, C.I.; Kostagiolas, P.A.; Pallis, P.l., 2011. An Analysis for formal risk and safety assessment for ports. Piraeus University, Greece. 17pp.

Esmer, S., 2008. Performance measurements of container terminal operations. Journal of graduate school of social sciences, 10 (1): 238-255.