اقیانوس‌شناسی/ سال دهم/ شماره ۳۹/ پاییز ۱۳۹۸/۱۳/۵٤ـ٤۱

مطالعه عوامل ریسک در عملیات تخلیه و بارگیری نفت خام توسط کشتی‌های نفتکش با استفاده از روش Fuzzy TOPSIS

منصور کیانی مقدم[۱*]، سپیده سهرابی[۲]

۱- دانشیار دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، ایران، پست الکترونیکی: m.kiani@cmu.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، ایران، پست الکترونیکی: sepidehsohrabi2015@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۷/٦/۲٤ * نویسنده مسوول تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/٤

چکیده

گستردگی و اهمیت روز افزون عوامل ریسک در صنعت حمل و نقل دریایی، هدف اصلی این مطالعه است. در این تحقیق، عوامل اثرگذار بر کشتی‌های نفتکش وارده به پایانه‌های نفتی دریایی کشور جمهوری اسلامی ایران مورد ارزیابی قرار گرفته است. این مطالعه از نظر نوع کیفی و از نظر هدف کاربردی و توسعه‌ای و از نظر ماهیت یک پژوهش توصیفی و پیمایشی است. این تحقیق از مهرماه ۱۳۹٦ تا آذرماه ۱۳۹۷ با انجام مطالعات میدانی و با استفاده از پرسشنامه‌های تخصصی و مصاحبه‌های حضوری صورت گرفته است. قلمرو مکانی تحقیق اکثر بنادر و پایانه‌های نفتی دریایی و شرکت ملّی نفتکش ایران و شرکت نفت فلات قاره ایران و جامعه آماری آن کشتی‌های نفتکش تحت مالکیت کشور جمهوری اسلامی ایران، متخصصین، کارشناسان و خبرگان مستقر در خشکی و شاغل در دریا شناسایی و تعیین گردیدند. در این مطالعه با استفاده از روش دلفی فازی مهم‌ترین عوامل ریسک در کشتی‌های نفتکش بعد از غربال کردن از بین ٤۳ عامل مهم ریسک انتخاب و دسته‌بندی شده‌اند. در این راستا، تعداد هفت معیار اصلی و ۱۵ عامل زیرمعیار ریسک در قالب Fuzzy TOPSIS کاربردی و نظرات پنل خبرگان دلفی برای ایمنی کشتی، خدمه و کارکنان آنان طبقه‌بندی شده‌اند. با توجه به اینکه اغلب روش‌های قدیمی ارزیابی ریسک پیرامون موضوع این تحقیق فقط به مطالعه دو قطب اصلی یعنی پیامد و احتمال در ارزیابی‌ها پرداخته‌اند و با توجه به اینکه این دو عامل اصلی به‌صورت جامع به تمام جنبه‌های خطرات پروژه نمی‌پردازند، در این مقاله برای اطمینان بیشتر و دقیقتر و تضمین ارزیابی و رتبه‌بندی‌ها از روش Fuzzy TOPSIS استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد در رتبه‌بندی عوامل ریسک و با در نظر گرفتن معیارهای ارزیابی، به ترتیب اهمیت، عوامل انسانی، ماشین آلات و مخازن کشتی و ایمنی به عنوان مهمترین عوامل ریسک‌آفرین در بروز حوادث در عملیات کشتی‌های نفتکش شناخته می‌شود.

کلمات کلیدی: *رتبه‌بندی عوامل ریسک، روش Fuzzy TOPSIS ، حمل و نقل نفت خام، کشتی های نفتکش.*

۱. مقدمه

در جامعه امروزی که در آن سازمان ها اکثراً از سیستم‌های مدرن و پیچیده برای انجام امور خود استفاده می‌کنند، نقص فنی در یک سیستم یا بروز حوادث نه تنها می‌تواند موجب اختلال در سطوح مختلف اجرایی شود بلکه به عنوان تهدیدی برای جامعه و محیط زیست نیز خطر آفرین گردد. با عنایت به قوانین حمایتی و سختگیرانه حاکم بر جوامع امروزی، سازمان‌ها درپی به خدمت

گرفتن یک سیستم ایمن و با احتمال وقوع خطر پایین هستند (International Maritime Organization, 2016). در این جا واژه ریسک به معنی عدم قطعیت و نشانگر احتمال وقوع و شدت آن ظهور می‌یابد. نتیجه ریسک تعیین می‌کند که با وقوع هر خطر چه نوع و میزان خساراتی ممکن است بر یک سیستم تحمیل شود و چه پیامدهای زیست محیطی را ممکن است در بر داشته باشد (Setourg et al. 2005). وجود شرایط محیطی و حرفه‌ای خاص در صنعت کشتیرانی و نوع فعالیت بین‌المللی این صنعت موجب بروز مخاطرات فراوان در این بخش شده است. در سال‌های اخیر، روند رو به رشد اقتصاد جهانی و در نتیجه افزایش میزان حمل و نقل کالا و مواد اولیه از طریق دریا، اهمیت و توجه به مسائل ایمنی و امنیتی در تردد شناورها را دچار تحولی بنیادین نموده است (Chen, 2005).

با معرفی روش ارزیابی سیستماتیک ایمنی[1] در سازمان بین-المللی دریانوردی[2]، تصمیم‌گیری در مورد وضعیت موجود و نحوه اجرای مقررات جدید در حیطه حوادث مرتبط با نگهداری، تخلیه و بارگیری و حمل و نقل نفت خام توسط کشتی‌های نفتکش تسریع گردیده است. در همین راستا، سازمان محیط زیست کشور جمهوری اسلامی ایران جهت حفاظت بنادر، سواحل و رودخانه‌های کشور از خطرات ناشی از آلاینده‌های دریایی، بخشنامه‌ای به کلیه واحدها و سازمان‌های اجرایی دولتی و خصوصی مستقر در سواحل و بنادر جهت رعایت مفاد کنوانسیون‌های مربوطه و اتخاذ تدابیر لازم جهت تحقق کنترل آلودگی ابلاغ نموده است (Department of Environment, 2018).

در سراسر دنیا مطالبات سیاسی و اجتماعی برای ارتقاء ایمنی و کاهش حوادث ناشی از آن در بنادر و در سراسر صنعت کشتیرانی افزایش یافته است. با توجه به درخواست تعدادی از اعضای سازمان بین‌المللی دریانوردی مبنی بر الزام در بازنگری در اصول ایمنی فعالیت‌های کشتیرانی و تدوین یک روش و رویه مدون و مشخص ایمنی برای عملیات دریایی در بنادر، قانون‌گذار به تمامی اعضا ابلاغ نموده است تا کلیه عملیات دریایی از نگهداری، تخلیه و بارگیری، حمل و نقل کالا بر اساس فرآیندهای ایمنی و منطبق بر استانداردها و نرم‌های جهانی طراحی و به مرحله اجرا برسد (Christian Sen, 2010).

۲. بررسی وضع موجود و گذشته موضوع

با توجه به پیشرفت روزافزون فنآوری‌های گوناگون، زمینه‌ها و عوامل ریسک جدیدی در صنایع بوجود می‌آیند ولی بسیاری از عوامل ریسک قدیمی همچنان در محیط باقی می‌مانند و نتیجتاً موجودی عوامل ریسک (فراوانی تجمعی عوامل ریسک) افزایش پیدا می‌کند. به همین دلیل ریسک و مدیریت ریسک در چند سال اخیر به موضوعی حساس و ضروری برای سازمان‌ها و خصوصاً مدیران تبدیل شده است، به‌طوری که در یک محیط شغلی با وجود شرایط عدم اطمینان بالا، هر لحظه می‌توان انتظار وقوع رخدادهای غیرمنتظره را داشت (Rastgari, 2005). برای مدیریت ریسک فرآیندهای متعدد علمی پیشنهاد شده است. یکی از این فرآیندها روش ارزیابی ریسک "مدل روری بورکِ" است (Burke, 2010). در روش پیشنهادی روری بورکِ، ابتدا مفاهیم ابتدایی ریسک و تعاریف آن بیان می‌گردد و ریسک پدیده‌ای غیر قطعی یا شرایطی با اثر مثبت یا منفی بر شرایط پروژه تعریف و همچنین چرخه عملیات مدیریت ریسک و استاندارد دانش مدیریت یک پروژه بیان می‌گردد. در این روش فرآیند شناسایی ریسک و جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات به‌منظور شناسایی ریسک از روش مصاحبه تشریح می‌گردد، سپس، فرآیند تحلیل ریسک و مراحل کمی نمودن اثر عوامل ریسک تدوین می‌گردد (Avazikhah and Mohebbi, 2011):

– تعریف اهداف: فرآیندی است که در طی آن هدف‌های شناخت و کنترل ریسک تدوین می‌گردد. با مشخص شدن اهداف، پایه و اساس تقسیم بندی ریسک و تصمیمات آینده مشخص می‌شود.

– شناسایی ریسک: شناسایی زمینه‌های ریسک ممکن است باعث کمک به مدیریت و احاطه کردن و یا انحراف از ریسک اصلی گردد.

– تجزیه و تحلیل ریسک: باعث کمک به شناسایی دقیقتر و تعیین مرتبه سطوح مختلف ریسک، زمینه‌های عدم اطمینان و عدم قطعیت، تعداد و تناوب پیشامد و مقدار اثر آنان می‌شود.

– تدوین اقدامات: مجموعه اقدامات مدونی که نشان می‌دهند چگونه می‌توان به ریسک‌های تعریف شده پاسخ داد، ریسک‌ها را حذف کرد، میزان اثرات غیر مطلوب آنان را کاهش داد، منحرف کرد و یا آنها را پذیرفت؟

[1] Formal Safety Assessment (FSA)
[2] International Maritime Organization (IMO)

– مدیریت ریسک: سناریوهای مختلفی که نشان می‌دهند چگونه می‌توان بر ریسک‌های احتمالی غلبه کرد و یا با مدیریت صحیح، آنها را کنترل کرد؟
– کنترل و بازنگری ریسک

۳. پیشینه تحقیق

به طور کلی ارزیابی عوامل ریسک شامل موارد زیر است که روش پیشنهادی آن توسط نمایندگی ایمنی دریایی[1] در سال ۱۹۹۳-۱۹۹٦ پیشنهاد شده است (Seturg et al. 2005, ., 2004 Wang, et al):

– شناسایی مخاطرات.
– ارزیابی خطرات وابسته به وقوع ریسک.
– راه‌های شناسایی خطرات تعریف شده.
– ارزیابی هزینه – فایده.

ایمنی در صنایع دریایی خصوصاً در عملیات تخلیه و بارگیری نفت خام و مشتقات آن دارای اهمیت ویژه‌ای است. خطرات و ریسک بالای نهفته در کار با مواد نفتی ناشی از خاصیت انفجار، آتش‌زایی و میزان سمیت آن‌ها است که می‌بایست با شناخت و ارزیابی دقیقی عوامل وقوع ریسک‌ها را شناسایی و کنترل نمود (Wen-Kai et al., 2017). رعایت اصول ایمنی به عنوان یک موضوع بسیار با اهمیت در اغلب عملیات دریایی در نظر گرفته می‌شود. مدیران ارشد به منظور شناسایی، برنامه ریزی و نیل به اهداف مدیریت ایمنی و ریسک، نیازمند اطلاعات کافی، دقیق و حیاتی در فرآیند تصمیم‌گیری می‌باشند (Risto & Kim, 2009، Kiani Moghadam, et al. 2014).

کشتی‌های نفتکش یک نقش حیاتی در حمل و نقل انبوه نفت خام در دنیا ایفا می‌کنند. کشتی‌های نفتکش غول‌پیکر VLCC[2] و ULCC[3] بیش از نصف تناژ سالیانه‌ی حمل و نقل کالاهای دریایی را به‌خود اختصاص داده‌اند (United Nations Conference on Trade And Development, 2018). امروزه بخش عظیمی از تجارت جهانی نفت خام از طریق دریا و عموماً توسط سوپر نفتکش‌ها[4] با ظرفیت بسیار زیاد و تا حدود پانصد هزار تن صورت می‌پذیرد. با توجه به احتمال وقوع خطرات بالقوه‌ای که در عملیات تخلیه و بارگیری و حمل و نقل کشتی‌های نفتکش در پایانه‌های نفتی وجود دارد، مدیریت ریسک و ایمنی عملیات این گونه کشتی‌ها از ضروریات اساسی این صنعت است. انجام ارزیابی بموقع عوامل ریسک در تخلیه و بارگیری نفت خام و مشتقات آن می‌تواند باعث جلوگیری از وقوع خسارات غیر قابل برگشت مانند تلفات جانی، مالی و زیست محیطی گردد (Ghasem Zamani, et al. 2015، Kiani Moghadam, 2014، United Nations Conference on Trade And Development, 2018).

در یک نگاه سطحی، ریسک مرتبط با تخلیه و بارگیری نفت خام و مشتقات آن ممکن است مشکلات عملیاتی بدلیل سیال بودن و انبساط‌پذیر بودن آن بوجود بیاورد. اما خاصیت خطرناک بودن نفت خام نیز باید در تمام امور مربوط به مطالعات ریسک در نظر گرفته شود. علاوه بر آن خاصیت انفجار و اشتعال‌زایی بخارات هیدروکربنی در هنگام عملیات در پایانه‌های دریایی نیز وجود دارد. امروزه، برای مدیریت و کنترل بعضی از مخاطرات احتمالی، کشتی‌های نفتکش به مدرنترین سیستم‌های ضد حریق مانند سیستم گاز خنثی[5] یا سیستم‌های کنترل بخارات هیدروکربنی، کنترل میزان اکسیژن و دیگر فنآوری‌های پیشرفته مجهز شده‌اند تا خطر و عوامل ریسک ناشی از آتش سوزی و انفجار را به حداقل برسانند (Carlebur, 1995).

حادثه کشتی سانچی در سال ۱۳۹٦ نشان داد که با وجود پیشرفت‌هایی شگرفی که در طراحی و ایمن‌سازی کشتی‌های نفتکش و فراورده‌های نفتی مانند نصب سیستم اطفاء حریق هوشمند و بکارگیری فنآوری‌های پیشرفته آتش‌نشانی و کنترل دمای کالا به وجود آمده است اما هنوز هم ریسک انفجار و آتش-سوزی بر روی کشتی‌های نفتکش به عنوان یک تهدید بالقوه باقی مانده است. خطرات زیادی که ناشی از حمل مواد خطرناک و قابل اشتعال در دریا وجود دارد نه تنها سلامتی خدمه کشتی را تهدید می‌کند بلکه خطر آلودگی‌های مصیبت‌بار زیست محیطی ناشی از نشت مواد نفتی به دریا را هم بدنبال خود دارد (Mediola & Achutegui, 2000).

Elsayed, et al. (2013) در تحقیق خود به دلیل ضرورت و اهمیت ارزیابی ریسک در عملیات کشتی‌های حمل کننده گاز طبیعی مایع شده[6] و دشواری کار، از دو روش ارزیابی

[1] Marine Safety Agency (MSA)
[2] Very Large Crude Carrier (VLCC)
[3] Ultra Large Crude Carrier (ULCC)
[4] Super Tankers
[5] Inert Gas Systems (IGS)
[6] Liquefied Natural Gas (LNG)

کیفی[1] و Fuzzy TOPSIS بهره جسته و با بررسی عوامل ریسک و خطرات در عملیات کشتی‌های LNG در حین عملیات تخلیه و بارگیری در پایانه‌ها، عوامل خطرآفرین را مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها با دسته بندی عوامل در پنج گروه ایمنی انسانی، محیط زیست، هزینه و مالی، ایمنی کشتی و تکنولوژی و اعتبار و شکست، ۱۸ عامل ریسک‌آفرین را شناسایی و طبقه‌بندی کرده‌اند. نتایج حاصله از این مطالعه نشان می‌دهد که روش پیشنهادی Fuzzy TOPSIS برای ارزیابی ریسک روش معقول‌تر و قویتری جهت رتبه‌بندی خطرات در حالات مختلف است. بر اساس نتایج حاصله از این تحقیق، عامل "بارگیری بیش از حد در مخازن کشتی" بالاترین عامل خطرآفرین شناخته شده است.

ایمنی دریایی با بهره‌گیری از دستورالعمل بین‌المللی مدیریت ایمنی[2] برای ترویج و بهبود یک روش تصمیم‌گیری فراگیر جهت اندازه‌گیری اثربخشی اجرای سیستم مدیریت ایمنی بر روی کشتی‌ها توسط International Maritime Organization (2018) تدوین و بصورت مرتب بازنگری و ابلاغ می‌گردد. مهم‌ترین اهداف آن عبارتست از:

- افزایش تمرکز و اجرای مدیریت ایمنی در کشتی‌ها
- ایجاد یک خط مشی مشخص و مدون برای سنجش و اجرای اصول ایمنی
- اجرایی نمودن رویه‌های عملیاتی مطابق با قوانین بین‌المللی دریایی.

Akyuz و Celik (2014) با بهره‌گیری از روش AHP و TOPSIS شاخص‌های مهم اجرایی که در آن ایمنی کشتی‌ها ارتقاء می‌یابند را شناسایی و تعیین نموده‌اند. به طور مثال در این مطالعه صدمات نیروی انسانی روی عرشه کشتی و عدم پیروی از قوانین به عنوان عوامل ارزیابی مدیریت ایمنی دریایی شناسایی و بررسی شده است.

با توجه به اهمیت حمل و نقل دریایی در حمل نفت خام و فرآورده‌های آن به عنوان پیشتاز اقتصادی کشور، اقدامات اساسی در رابطه با استقرار مدیریت ریسک در سرتاسر این صنعت یک امر ضروری است. برای افزایش کارآیی و ارتقاء سطح ایمنی بر روی کشتی‌های نفتکش، لازم است تا یک سیستم مدیریت ریسک مناسب و کارآمد در کشور در این بخش تدوین و اجرا گردد. در این راستا محققین بایستی تمامی عوامل ریسک مربوط به عملیات را از طریق مطالعات دقیق شناسایی نمایند و سپس با برنامه‌ریزی‌های علمی و عملی مناسب و کارآمد در صدد حذف و یا کاهش اثرات نامطلوب این عوامل برآیند. عوامل ریسک در دریا نه تنها منشاء خسارت‌های جانی و مالی متعددی می‌باشند، بلکه در میزان اعتبار سازمان‌های آن‌ها نیز تأثیر گذار هستند. ارزش مالی بالا و اهمیت کالاهای نفتی برای صاحبان کالا می‌تواند باعث از دست رفتن فرصت‌های اقتصادی و واگذاری آن به رقبا در منطقه شود. لذا، با توجه به ریسک قابل توجه اینگونه فعالیت‌ها، چگونگی مقابله با خطرات ناشی از آنها تنها از طریق شناخت و فرآیند مدیریت ریسک میسر می‌شود. مدیریت ریسک این امکان را فراهم می‌کند تا با مؤثرترین و اقتصادی‌ترین وجه ممکن، عوامل ریسک شناسایی، ارزیابی و کنترل شوند و با کاهش خسارات واقعی زمینه‌های افزایش سوددهی و ارتقاء ایمنی میسر گردد (Kiani Moghadam, et al. 2014).

۴. روش و روش‌شناسی تحقیق

این مطالعه از نظر نوع کیفی، از نظر هدف کاربردی و توسعه‌ای و از نظر ماهیت یک پژوهش توصیفی و پیمایشی است. با مطالعه جامع پیشینه موضوع، استخراج نظرات کارشناسان و متخصصین، محققین، خبرگان و مطالعات میدانی عوامل متعدد ریسک در اهمیت عملیات تخلیه و بارگیری نفت خام و مشتقات آن توسط کشتی‌های نفتکش شناسایی گردید. قلمرو زمانی این تحقیق از مهرماه ۱۳۹۶ تا آذرماه ۱۳۹۷ تعیین گردید. قلمرو مکانی تحقیق بنادر و پایانه‌های نفتی دریایی و شرکت ملّی نفتکش ایران و شرکت نفت فلات قاره ایران و جامعه آماری آن کشتی‌های نفتکش تحت مالکیت کشور جمهوری اسلامی ایران، متخصصین، کارشناسان و خبرگان مستقر در خشکی و شاغل در دریا شناسایی و تعیین گردیدند. برای غربالگری، مقوله‌بندی و گروه‌بندی عوامل ریسک در این مطالعه از پنل و روش دلفی فازی استفاده شده است. در همین راستا با مطالعات میدانی، مراجعه مستقیم و مصاحبه‌های حضوری توزیع پرسشنامه بین ۳۰ نفر از متخصصین، کارشناسان، دریانوردان و محققین حمل و نقل نفت خام در بخش‌های همراستای شرکت ملی نفتکش ایران و شرکت نفت فلات قاره ایران، مهم‌ترین عوامل ریسک در کشتی‌های نفتکش بعد از غربال کردن از بین ۴۳ عامل مهم ریسک، با استفاده از روش دلفی فازی انتخاب و دسته‌بندی

[1] Qualitative Assessment
[2] International Safety Management Code (ISM Code)

شده‌اند. در این راستا، تعداد هفت معیار اصلی و ۱۵ عامل زیرمعیار ریسک در قالب Fuzzy TOPSIS کاربردی و نظرات پنل خبرگان دلفی برای ایمنی کشتی، خدمه و کارکنان آنان طبقه‌بندی جهت تثبیت و مقایسه مورد ارزیابی قرار گرفت. در مرحله بعد پنل خبرگان دلفی متشکل از متخصصین واحد HSE اداره ایمنی و حفاظت دریایی، واحد HSE شرکت ملّی نفتکش ایران، بخش عملیاتی و اداری مربوط به عملیات کشتی‌های نفتکش که سابقه کاری هریک از آنها بیشتر از ۱۰سال و میزان تحصیلات این افراد عمدتاً فرماندهی و سرمهندسی کشتیهای نفتکش، کارشناس و کارشناس‌های ارشد بود تشکیل گردید. پنل خبرگان دلفی طی دو جلسه مبادرت به غربالگری، مقوله‌بندی و گروه‌بندی معیارها و زیرمعیارهای ریسک نمود که پایه و اساس این تحقیق را تشکیل می‌دهد. به توجه به اینکه در این مطالعه با ساختار پیچیده‌ای از معیارهای کیفی ریسک و سطوح مختلفی از آن مواجه می‌شویم و همزمان باید عوامل شناسایی شده رتبه‌بندی گردند، روش Fuzzy TOPSIS پیشنهاد گردیده است. برای انجام رتبه‌بندی هفت معیار اصلی "احتمال وقوع، نزدیکی وقوع، تناوب تکرار، میزان کشف، اثر بر عملکرد، مدیریت پذیری و سطح اطمینان" و بر اساس مبانی فازی سازی، اعداد فازی مثلثی[1] تعیین و محاسبه می‌گردد.

۵. آنالیز و تفاسیر با استفاده از روش دلفی فازی

در این تحقیق، برای تحلیل و تعیین میزان اهمیت معیارهای ریسک از روش دلفی با یک رویکرد فازی می‌شود. جهت انجام محاسبات توسط الگوریتم‌های حل مسئله، در این تحقیق پنج گام عملیاتی پیشنهاد می‌گردد:

گام اول) تطبیق طیف مناسب برای فازی‌سازی مقادیر

در الگوریتم روش دلفی فازی نخست باید طیف فازی مناسبی برای فازی‌سازی عبارات کلامی پاسخ‌دهندگان تعریف و تطبیق گردد. برای این منظور می‌توان از روش‌های توسعه طیف مختلفی مانند طیف ساعتی، دیمتل و لیکرت استفاده کرد. با عنایت به طیف نه درجه‌ای تعریف شده در پرسشنامه‌های مختلف این تحقیق، طیف فازی مثلثی برای مقیاس نُه درجه‌ای لیکرت به شرح جدول (۱) پیشنهاد گردیده است.

گام دوم) تجمیع مقادیر فازی شده

پس از تطبیق طیف فازی مناسب، داده‌های نهایی به صورت فازی ثبت می‌شود. در این تحقیق جهت تجمیع نظرات نهایی خبرگان از روش میانگین‌سازی فازی استفاده شده است که در آن رابطه عدد فازی مثلثی $\tilde{f}_i = (l_i^k, m_i^k, u_i^k)$ معادل فازی دیدگاه خبره kام پیرامون معیار iام است (Hsu, et al., 2010).

$$F_{AVE} = (L, M, U) = \frac{\sum l_i^k}{n}, \frac{\sum m_i^k}{n}, \frac{\sum u_k^i}{n} \quad \text{رابطه (۱)}$$

میانگین فازی مقادیر نهایی پنل خبرگان برای هریک از معیارهای ریسک‌آفرین در کشتی‌های نفتکش در جدول (۲) خلاصه شده است.

گام سوم) فازی‌زدایی[2] مقادیر

پس از تجمیع فازی مقادیر ریسک باید به فازی‌زدایی مقادیر به دست آمده پرداخت. روش تعدیل شده مرکز سطح[3] برای فازی زدایی اعداد فازی مثلثی از رابطه (۲) استفاده شده است (Habibi, et al., 2015):

$$DF_{ij} = \frac{[(u_{ij} - l_{ij}) + (m_{ij} - l_{ij})]}{3} + l_{ij} \quad \text{رابطه (۲)}$$

درهمین راستا مقادیر حاصله در جدول (۳) نشان داده شده است.

گام چهارم) انتخاب شدت آستانه و غربال معیارها

پس از انتخاب روش مناسب و فازی‌زدایی مقادیر برای غربال، دسته‌بندی و گروه‌بندی شاخصه‌ها باید کمترین و بیشترین حد آستانه تحمل را مشخص نمود. کمترین حد آستانه تحمل بر اساس اصول آماری و بر اساس طیف نه درجه‌ای لیکرت ۷/۰ می‌باشد. کران بالایی آستانه تحمل برای حل مسائل این تحقیق

[1] Triangular Fuzzy Number (TFN)

[2] Defuzzification

[3] Center Of Area (COA)

نامحدود در نظر گرفته شد. این آستانه تحمل به تایید خبرگان دلفی رسید. بر همین اساس، اگر مقدار قطعی حاصل از فازی‌زدایی مقادیر بزرگتر از کمترین حد آستانه تحمل باشد آنگاه شاخص مورد نظر تایید می‌شود و چنانچه این مقدار کوچکتر از آستانه تحمل باشد شاخص مورد نظر غیر قابل پذیرش و حذف می‌شود.

میانگین فازی و برونداد فازی‌زدائی شده مقادیر مربوط به معیارها در جدول (۳) نشان داده شده است. با توجه به انتخاب آستانه تحمل ۷/۰، از بین ۲۷ عامل ریسک، ۱۲مورد رد گردید و ۱۵ عامل پذیرفته شد. در همین راستا ۱۵ عامل ریسک باقی مانده در قالب فرآیند تحلیل Fuzzy TOPSIS مورد تعیین اولویت نهایی قرار خواهد گرفت.

جدول ۱: اعداد فازی مثلثی معادل طیف لیکرت ۹ درجه

کاملا بی اهمیت	تا حدودی بی اهمیت	بی اهمیت	تا حدودی کم اهمیت	متوسط	تا حدودی با اهمیت	با اهمیت	تا حدودی پر اهمیت	کاملاً پر اهمیت
(۸،۹،۹)	(۷،۸،۹)	(۶،۷،۸)	(۵،۶،۷)	(۴،۵،۶)	(۳،۴،۵)	(۲،۳،۴)	(۱،۲،۳)	(۱،۱،۱)

جدول ۲: میانگین فازی دیدگاه پنل خبرگان برای هریک از معیارهای تحقیق

فهرست معیارهای ریسک‌آفرین در کشتی‌های نفتکش	معیارها	L	M	U	Mean
آموزش ناکافی و لازم برای کارکنان و خدمه از نحوه‌ی صحیح اتصال/ قطع لوله‌های بارگیری	معیار ۱	۶/۳۵	۷/۱۰	۷/۸۵	(۶/۳۵، ۷/۱، ۷/۸۵)
لغزش و سقوط افراد از ارتفاع، پلکان و نردبان در زمان ورود/ خروج به مخازن و انبارها	معیار ۲	۵/۸۵	۶/۷۵	۷/۶۵	(۵/۸۵، ۶/۷۵، ۷/۶۵)
خرابی‌ها و اشتباهات متعدد کارکنان یا عوامل انسانی دیگر	معیار ۳	۶/۶۰	۷/۴۰	۸/۲۰	(۶/۶، ۷/۴، ۸/۲)
استراحت ناکافی و خستگی مفرط خدمه کشتی به دلیل ساعات کاری طولانی	معیار ۴	۶/۲۵	۷/۰۵	۷/۸۵	(۶/۲۵، ۷/۰۵، ۷/۸۵)
شرایط جوی نامناسب (باد، باران و رعد و برق)	معیار ۵	۵/۹۵	۶/۸۵	۷/۷۵	(۵/۹۵، ۶/۸۵، ۷/۷۵)
عدم توجه به نیروها و فشارهای وارده به بدنه کشتی و تجهیزات	معیار ۶	۶/۳۰	۷/۱۵	۸/۰۰	(۶/۳، ۱۵، ۸/۷)
استفاده ناکافی از تجهیزات حفاظت فردی	معیار ۷	۶/۴۵	۷/۲۵	۸/۰۵	(۶/۴۵، ۷/۲۵، ۸/۰۵)
بروز آتش سوزی در سیم‌های برق و تجهیزات	معیار ۸	۵/۸۰	۷/۴۵	۷/۱۰	(۵/۸، ۶/۴۵، ۷/۱)
وجود آسیب در کابل‌ها و جوش‌ها	معیار ۹	۵/۶۰	۶/۳۵	۷/۱۰	(۵/۶، ۶/۳۵، ۷/۱)
سلامت ناکافی پمپ‌های دستی و هیدرولیکی	معیار ۱۰	۶/۶۵	۷/۲۰	۷/۷۵	(۶/۶۵، ۷/۲، ۷/۷۵)
استفاده بیش از حد از ظرفیت سیستم‌های تخلیه و بارگیری نفت خام	معیار ۱۱	۶/۴۵	۷/۰۰	۷/۵۵	(۶/۴۵، ۷، ۷/۵۵)
کمبود زمان کافی برای تنظیم پمپ‌ها و تجهیزات	معیار ۱۲	۷/۵۰	۷/۹۰	۸/۳۰	(۷/۵، ۷/۹، ۸/۳)
وجود اشکالات فنی در تنظیم خطوط لوله	معیار ۱۳	۴/۸۵	۵/۷۰	۶/۵۵	(۴/۸۵، ۵/۷، ۶/۵۵)
عدم تخلیه کامل نفت خام از لوله‌ها، شیلنگ‌ها و یا سوپاپ‌ها	معیار ۱۴	۵/۳۵	۶/۲۰	۷/۰۵	(۵/۳۵، ۶/۲، ۷/۰۵)
نشت نفت از تجهیزات و مخازن	معیار ۱۵	۶/۹۵	۷/۴۵	۷/۹۵	(۶/۹۵، ۷/۴۵، ۷/۹۵)
نشت مواد نفتی از پمپ‌های مخازن توازن کشتی	معیار ۱۶	۶/۵۰	۷/۰۵	۷/۶۰	(۶/۵، ۷/۰۵، ۷/۶)
باقی ماندن ابزار و تجهیزات بعد از اتمام شیفت‌های کاری	معیار ۱۷	۴/۵۵	۵/۴۵	۶/۳۵	(۴/۵۵، ۵/۴۵، ۶/۳۵)
وجود رطوبت در شیلنگ‌های در زمان بارگیری	معیار ۱۸	۶/۰۰	۶/۸۰	۷/۶۰	(۶، ۶/۸، ۷/۶)
بالا بودن میزان اکسیژن در محیط کاری مستعد آتش‌سوزی و انفجار	معیار ۱۹	۶/۹۰	۷/۵۰	۸/۱۰	(۶/۹، ۷/۵، ۸/۱)
خروج گاز و بخارات هیدروکربنی از مخازن در فضاهای مستعد خطر	معیار ۲۰	۶/۸۵	۷/۴۵	۸/۰۵	(۶/۸۵، ۷/۴۵، ۸/۰۵)
سوختگی ناشی از تماس با وسایل الکتریکی و اسیدی	معیار ۲۱	۴/۸۰	۵/۷۰	۶/۶۰	(۴/۸، ۵/۷، ۶/۶)
غیر فعال بودن سنسورهای نصب شده در ماشین‌آلات و مخازن	معیار ۲۲	۵/۱۰	۶/۰۰	۶/۹۰	(۵/۱، ۶، ۶/۹)
وجود حرکات و نوسانات کنترل نشده در طناب‌ها و قرقره‌ها	معیار ۲۳	۵/۲۵	۶/۱۵	۷/۰۵	(۵/۲۵، ۶/۱۵، ۷/۰۵)
نشت نفت و خطر آتش‌سوزی در تجهیزات در هنگام قطع/ اتصال لوله‌ها و شیلنگ‌ها	معیار ۲۴	۷/۳۰	۸/۰۰	۸/۷۰	(۷/۳، ۸، ۸/۷)
نور ناکافی و نامناسب در روی عرشه و محوطه عملیاتی	معیار ۲۵	۷/۰۰	۷/۸۵	۸/۷۰	(۷، ۷/۸۵، ۸/۷)
بارگیری و فشار بیش از حد در مخازن کشتی	معیار ۲۶	۷/۰۵	۷/۸۰	۸/۵۵	(۷/۰۵، ۷/۸، ۸/۵۵)
تهویه ناکافی در محفظه‌ها و مخازن	معیار ۲۷	۷/۳۰	۸/۰۵	۸/۸۰	(۷/۳، ۸/۰۵، ۸/۸)

جدول ۳: میانگین فازی و برونداد فازی‌زدایی شده دیدگاه پنل خبرگان برای هریک از معیارهای تحقیق

معیارها	L	M	U	Mean	Crisp	Result
معیار ۱	۶/۳۵	۷/۱۰	۷/۸۵	(۶/۳۵، ۷/۱، ۷/۸۵)	۷/۱۰	پذیرش
معیار ۲	۵/۸۵	۶/۷۵	۷/۶۵	(۵/۸۵، ۶/۷۵، ۷/۶۵)	۶/۷۵	رد
معیار ۳	۶/۶۰	۷/۴۰	۸/۲۰	(۶/۶، ۷/۴، ۸/۲)	۷/۴۰	پذیرش
معیار ۴	۶/۲۵	۷/۰۵	۷/۸۵	(۶/۲۵، ۷/۰۵، ۷/۸۵)	۷/۰۵	پذیرش
معیار ۵	۵/۹۵	۶/۸۵	۷/۷۵	(۵/۹۵، ۶/۸۵، ۷/۷۵)	۶/۸۵	رد
معیار ۶	۶/۳۰	۷/۱۵	۸/۰۰	(۶/۳، ۱۵، ۸/۷)	۷/۱۵	پذیرش
معیار ۷	۶/۴۵	۷/۲۵	۸/۰۵	(۶/۴۵، ۷/۲۵، ۸/۰۵)	۷/۲۵	پذیرش
معیار ۸	۵/۸۰	۶/۴۵	۷/۱۰	(۵/۸، ۶/۴۵، ۷/۱)	۶/۴۵	رد
معیار ۹	۵/۶۰	۶/۳۵	۷/۱۰	(۵/۶، ۶/۳۵، ۷/۱)	۶/۳۵	رد
معیار ۱۰	۶/۶۵	۷/۲۰	۷/۷۵	(۶/۶۵، ۷/۲، ۷/۷۵)	۷/۲۰	پذیرش
معیار ۱۱	۶/۴۵	۷/۰۰	۷/۵۵	(۶/۴۵، ۷، ۷/۵۵)	۷/۰۰	رد

معیارها	L	M	U	Mean	Crisp	Result
معیار ۱۲	۷/۵۰	۷/۹۰	۸/۳۰	(۸/۳ ،۷/۹ ،۷/۵)	۷/۹۰	پذیرش
معیار ۱۳	۴/۸۵	۵/۷۰	۶/۵۵	(۶/۵۵ ،۵/۷ ،۴/۸۵)	۵/۷۰	رد
معیار ۱۴	۵/۳۵	۶/۲۰	۷/۰۵	(۷/۰۵ ،۶/۲ ،۵/۳۵)	۶/۲۰	رد
معیار ۱۵	۶/۹۵	۷/۴۵	۷/۹۵	(۷/۹۵ ،۷/۴۵ ،۶/۹۵)	۷/۴۵	پذیرش
معیار ۱۶	۶/۵۰	۷/۰۵	۷/۶۰	(۷/۶ ،۷/۰۵ ،۶/۵)	۷/۰۵	پذیرش
معیار ۱۷	۴/۵۵	۵/۴۵	۶/۳۵	(۶/۳۵ ،۵/۴۵ ،۴/۵۵)	۵/۴۵	رد
معیار ۱۸	۶/۰۰	۶/۸۰	۷/۶۰	(۷/۶ ،۶/۸ ،۶)	۶/۸۰	رد
معیار ۱۹	۶/۹۰	۷/۵۰	۸/۱۰	(۸/۱ ،۷/۵ ،۶/۹)	۷/۵۰	پذیرش
معیار ۲۰	۶/۸۵	۷/۴۵	۸/۰۵	(۸/۰۵ ،۷/۴۵ ،۶/۸۵)	۷/۴۵	پذیرش
معیار ۲۱	۴/۸۰	۵/۷۰	۶/۶۰	(۶/۶ ،۵/۷ ،۴/۸)	۵/۷۰	رد
معیار ۲۲	۵/۱۰	۶/۰۰	۶/۹۰	(۶/۹ ،۶ ،۵/۱)	۶/۰۰	رد
معیار ۲۳	۵/۲۵	۶/۱۵	۷/۰۵	(۷/۰۵ ،۶/۱۵ ،۵/۲۵)	۶/۱۵	رد
معیار ۲۴	۷/۳۰	۸/۰۰	۸/۷۰	(۸/۷ ،۸ ،۷/۳)	۸/۰۰	پذیرش
معیار ۲۵	۷/۰۰	۷/۸۵	۸/۷۰	(۸/۷ ،۷/۸۵ ،۷)	۷/۸۵	پذیرش
معیار ۲۶	۷/۰۵	۷/۸۰	۸/۵۵	(۸/۵۵ ،۷/۸ ،۷/۰۵)	۷/۸۰	پذیرش
معیار ۲۷	۷/۳۰	۸/۰۵	۸/۸۰	(۸/۸ ،۸/۰۵ ،۷/۳)	۸/۰۵	پذیرش

*گام پنجم) اولویت‌بندی معیارها با روش **Fuzzy TOPSIS***

برای ارزیابی بهتر و جامع‌تر زمینه‌ها و عوامل ریسک، از معیارهای پیشنهادی متداول اینگونه مطالعات (جدول ٤) برای رتبه‌بندی استفاده می‌شود (Avazikhah and Mohebbi, 2011، Habibi, et al., 2015).

جدول ۴: معیارها جهت ارزیابی ریسک

شاخص‌ها	توضیح
احتمال وقوع	انتظار تخمین زننده از وقوع رویداد ریسک
نزدیکی وقوع	میزان نزدیکی زمانی وقوع ریسک
تناوب تکرار	میزان تکرار و روبرو شدن با ریسک
میزان کشف	کشف توانایی سازمان در پیش بینی وقوع ریسک
اثر بر عملکرد	تاثیر منفی ریسک بر هزینه، زمان و عملکرد
مدیریت پذیری	توانایی سازمان در مدیریت و پاسخ به ریسک
سطح اطمینان	میزان اطمینان تحلیل‌گر از نتایج تخمین مقادیر ریسک

معیارهای "احتمال وقوع، تناوب تکرار، نزدیکی وقوع و اثر بر عملکرد" دارای جنبه‌های مثبت است بدین معنی که هر چه مقدار این معیارها برای یک عامل ریسک بیشتر باشد، آنگاه میزان و سطح ریسک و احتمال وقوع خطر آن بالاتر است، لذا، جهت مدیریت صحیح ایمنی، لازم است تا آن عامل سریع‌تر و بیشتر تحت اقدامات کاهشی مدیریت ریسک واقع شود. معیارهای "مدیریت‌پذیری، میزان کشف و سطح اطمینان" دارای جنبه‌های منفی است و هر چه مقدار این معیارها برای یک عامل ریسک بیشتر باشد، آنگاه میزان و سطح ریسک آن کمتر است. در این تحقیق معیارهای اصلی زیر توسط خبرگان دلفی تایید و برای تحلیل انتخاب گردیدند: عوامل انسانی، عوامل محیطی، عوامل ایمنی، عوامل مربوط به عملیات دستی برخی از تجهیزات از جمله پمپ‌های هیدرولیکی، عوامل مربوط به تعمیر و نگهداری خطوط لوله، عوامل مربوط به نشت نفت از تجهیزات و مخازن تعادل و عوامل مربوط به ماشین‌آلات و مخازن. برای هریک از این معیارها، زیرمعیارهایی تعریف گردید که پس از تایید خبرگان تعداد ۱۵ زیرمعیار جهت بررسی و تحلیل انتخاب گردید. معیارها و زیرمعیارهای پژوهش در جدول (۵) کد گذاری و به شرح ذیل بیان گردید.

- *تعیین اولویت معیارهای تصمیم‌گیری*

استفاده از روش Fuzzy TOPSIS در مطالعات شبیه به این تحقیق، رویکردی مقایسه‌ای را فراهم می‌کند تا محقق درک بهتری از میزان اهمیت هریک از عوامل ریسک بدست آورد. در این تحقیق از هفت معیار جدول (٤) بصورت مقایسه زوجی انجام گرفته است که در آن تعداد مقایسه برابر است با:

$$\frac{n(n-1)}{2}=\frac{7(7-1)}{2}=21$$

بر همین اساس۲۱ مقایسه زوجی حاصل گردید که خروجی آن به رویت اعضای پنل خبرگان رسید. نظرات و دیدگاه خبرگان در قالب پرسشنامه با طیف نه درجه پرفسور ساعتی که منطبق بر طیف نه درجه‌ای لیکرت است گردآوری گردید. سپس ستانده‌ها با استفاده از اعداد فازی مثلثی معادل عبارات کلامی طیف کمّی‌سازی[1] شد. برای محاسبه میانگین از روش میانگین هندسی استفاده شده است (Habibi, et al., 2015).

[1] Crisp

رابطه (۳) $F_{AGR} = (\prod^{(l)}, \prod^{(m)}, \prod^{(u)})$

با توجه به نتایج حاصله ماتریس مقایسات زوجی برای تعیین میزان اهمیت معیارهای اصلی ریسک به صورت جدول (٦) تشکیل شد. پس از تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی، بردار ویژه محاسبه گردید. برای انجام آن، ابتدا جمع فازی مقادیر هر سطر محاسبه و مقادیر بدست آمده که اوزان فازی مقادیر هستند نرمال‌سازی گردید. در نهایت مقادیر نهایی با روش مرکز سطح فازی‌زدائی گردید که نتیجه محاسبات انجام شده برای تعیین اولویت معیارهای اصلی در جدول (۷) و شکل (۲) نشان داده شده است.

همانطور که از داده‌های جدول (۷) مشخص است، براساس محاسبات بدست آمده از بردار ویژه، احتمال وقوع با وزن ۰/۲٤۹ از اهمیت و اولویت بیشتری نسبت به سایر معیارهای پژوهش جهت ارزیابی عوامل ریسک برخوردار است.

جدول ۵: شاخص‌های اصلی و زیر معیارهای مربوط

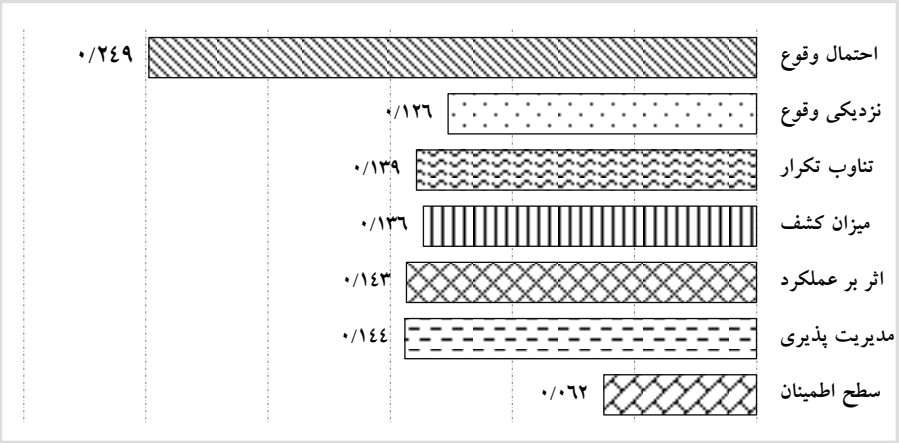
متغیر	معیارهای اصلی	زیر معیارها	نماد
		آموزش ناکافی و لازم برای کارکنان و خدمه از نحوه‌ی صحیح اتصال/ قطع لوله‌های بارگیری	R11
R1	عوامل انسانی	استراحت ناکافی و خستگی مفرط خدمه کشتی به دلیل ساعات کاری طولانی	R12
		خرابی‌ها و اشتباهات متعدد کارکنان یا عوامل انسانی دیگر	R13
R2	عوامل محیطی	عدم توجه به نیروها و فشارهای وارده به بدنه کشتی و تجهیزات	R21
		شرایط جوی نامناسب (باد، باران و رعد و برق)	R22
		استفاده ناکافی از تجهیزات حفاظت فردی	R31
R3	عوامل مربوط به ایمنی	وجود آسیب در کابل‌ها و جوش‌ها	R32
		بروز آتش سوزی در سیم‌های برق و تجهیزات	R33
R4	عوامل مربوط به عملیات دستی برخی از تجهیزات	سلامت ناکافی پمپ‌های دستی و هیدرولیکی	R41
		استفاده بیش از حد از ظرفیت سیستم در تخلیه / بارگیری نفت خام	R42
R5	عوامل مربوط به تعمیر و نگهداری خطوط لوله	وجود اشکالات فنی در تنظیم خطوط لوله	R51
		نشت نفت و خطر آتش‌سوزی در تجهیزات در هنگام قطع/ اتصال لوله‌ها و شیلنگ‌ها	R61
R6	عوامل مربوط به نشت نفت از تجهیزات و مخازن تعادل	نشت نفت از تجهیزات و مخازن	R62
		نشت مواد نفتی از پمپ‌های مخازن توازن کشتی	R63
		غیر فعال بودن سنسورهای نصب شده در ماشین‌آلات و مخازن	R71
R7	عوامل مربوط به عملیات ماشین‌آلات و مخازن کشتی	بارگیری و فشار بیش از حد در مخازن کشتی	R72
		بالا بودن میزان اکسیژن در محیط کاری مستعد آتش‌سوزی و انفجار	R73

جدول ۶: ماتریس مقایسات زوجی معیارهای اصلی ریسک

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	(۱,۱,۱)	(۳/۲۷, ۴/۰۲, ۴/۷۳)	(۱/۲۱, ۱/۴۲, ۱/۶۴)	(۱/۸, ۲/۳۶, ۲/۹۲)	(۱/۴۳, ۱/۸۱, ۲/۲۸)	(۰/۷۷, ۰/۹۸, ۱/۲۶)	(۲/۴۳, ۳/۱۳, ۳/۸۵)
C2	(۰/۲۱, ۰/۲۵, ۰/۳۱)	(۱,۱,۱)	(۰/۶۲, ۰/۷۴, ۰/۹)	(۱/۰۲, ۱/۳۳, ۱/۶۶)	(۰/۶۸, ۰/۸۵, ۱/۱۴)	(۰/۶۴, ۰/۹۲, ۱/۲۱)	(۱/۵۹, ۲/۳۲, ۲/۹۹)
C3	(۰/۶۱, ۰/۷, ۰/۸۳)	(۱/۱۱, ۱/۳۵, ۱/۶۲)	(۱,۱,۱)	(۱/۲, ۱/۵۱, 2)	(۰/۶۴, ۰/۷۹, ۱/۰۴)	(۰/۸۳, ۱, ۱/۲۵)	(۱/۲۸, ۱/۷۸, ۲/۲۷)
C4	(۰/۳۴, ۰/۴۲, ۰/۵۶)	(۰/۶, ۰/۷۵, ۰/۹۸)	(۰/۵, ۰/۶۶, ۰/۸۳)	(۱,۱,۱)	(۱/۲۹, ۱/۸۷, ۲/۵۷)	(۰/۹۸, ۱/۳۳, ۱/۷۷)	(۱/۴۳, ۱/۹, ۲/۳۶)
C5	(۰/۴۴, ۰/۵۵, ۰/۷)	(۰/۸۸, ۱/۱۷, ۱/۴۸)	(۰/۹۷, ۱/۲۶, ۱/۵۷)	(۰/۳۹, ۰/۵۳, ۰/۷۷)	(۱,۱,۱)	(۱/۱۱, ۱/۳۶, ۱/۶۸)	(۱/۹۸, ۲/۵۴, ۳/۰۷)
C6	(۰/۷۹, ۱/۰۲, ۱/۳۱)	(۰/۸۳, ۱/۰۹, ۱/۵۵)	(۰/۸, ۱, ۱/۲۱)	(۰/۵۷, ۰/۷۵, ۱/۰۲)	(۰/۵۹, ۰/۷۴, ۰/۹)	(۱,۱,۱)	(۲/۲۴, ۲/۸۴, ۳/۳۹)
C7	(۰/۲۶, ۰/۳۲, ۰/۴۱)	(۰/۳۳, ۰/۴۳, ۰/۶۳)	(۰/۴۴, ۰/۵۶, ۰/۷۸)	(۰/۴۲, ۰/۵۳, ۰/۷)	(۰/۳۳, ۰/۳۹, ۰/۵۱	(۰/۲۹, ۰/۳۵, ۰/۴۵)	(۱,۱,۱)

جدول ۷: فازی‌زدائی اوزان نرمال شده برای معیارهای اصلی

	معیارهای اصلی	Deffuzy	Normal
C1	احتمال وقوع	۰/۲۶	۰/۲۴۹
C2	نزدیکی وقوع	۰/۱۳	۰/۱۲۶
C3	تناوب تکرار	۰/۱۵	۰/۱۳۹
C4	میزان کشف	۰/۱۴	۰/۱۳۶
C5	اثر بر عملکرد	۰/۱۵	۰/۱۴۳
C6	مدیریت پذیری	۰/۱۵	۰/۱۴۴
C7	سطح اطمینان	۰/۰۷	۰/۰۶۲



شکل ۲: نمودار اولویت‌های معیارهای اصلی ریسک

- ***الگوریتم روش Fuzzy TOPSIS***

برای انجام محاسبات در روش TOPSIS به صورت فازی، نخست باید از یک طیف مشترک زبانی مناسب برای تمامی داده‌ها استفاده نمود. مراحل حل الگوریتم روش Fuzzy TOPSIS به شرح زیر است (Celik, et al., 2009):

مرحله (۱): تشکیل ماتریس تصمیم

ابتدا ماتریس تصمیم با n معیار و m گزینه را بر اساس طیف فازی مورد نظر طراحی می‌کنیم. زمانی که از رویکرد فازی با اعداد فازی مثلثی استفاده می‌شود ماتریس تصمیم $\tilde{X}$ به صورت رابطه (٤) نمایش داده می‌شود. در همین راستا، درایه‌های ماتریس تصمیم نیز به صورت $\tilde{x}_{ij}$ (رابطه ٤) نمایش داده می‌شود:

رابطه (٤) $\quad \tilde{X} = [\tilde{x}_{ij}]_{m\times n} \qquad X_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$

مرحله (۲): نرمال‌سازی و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم

مراحل نرمال‌سازی ماتریس فازی $\tilde{N}$ در رابطه های ۵ تا ۷ نمایش داده شده است. مقادیر هر درایه از ماتریس نرمال به صورت $\tilde{n}_{ij}$ بیان می‌شود.

رابطه (۵) $\quad \tilde{N} = [\tilde{n}_{ij}]_{m\times n}$

اگر معیار بار مثبت داشته باشد آنگاه خواهیم داشت:

رابطه (٦) $\quad \tilde{n}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_{j^*}}, \frac{m_{ij}}{u_{j^*}}, \frac{u_{ij}}{u_{j^*}}\right)$

اگر معیار بار منفی داشته باشد آنگاه خواهیم داشت:

رابطه (۷) $\quad \tilde{n}_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{l_j^-}{m_{ij}}, \frac{l_j^-}{l_{ij}}\right) \qquad l_i^- = \min l_{ij}$

مرحله (۳): ماتریس بی‌مقیاس موزون فازی

در این مرحله ماتریس بی‌مقیاس (N) به ماتریس بی‌مقیاس موزون ($\tilde{V}$) تبدیل شود. وزن هر یک از معیارها از روش AHP فازی وآنتروپی و... محاسبه می‌شود. با در دست داشت اوزان معیارها که با بردار $\tilde{W}_j$ نمایش داده می‌شود خواهیم داشت:

رابطه (۸) $\quad \tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m\times n}$

رابطه (۹) $\quad \tilde{v}_{ij} = \tilde{n}_{ij} \times \tilde{w}_{ij} \qquad \tilde{W} = \tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \ldots, \tilde{w}_n$

رابطه (۱۰) $\quad \widetilde{W}_{ij} = -\boldsymbol{k}\sum_{i=1}^{m} \tilde{v}_{ij} \times \boldsymbol{Ln}\, \tilde{v}_{ij},$

$i = 1,2,\ldots, m \;/\; j = 1,2,\ldots, n$

و k در اینجا به عنوان مقدار ثابت که F را بین ۰ و ۱ نگه می‌دارد.

مرحله (۴): محاسبه ایده‌آل مثبت و منفی

در این مرحله بعد باید ایده آل مثبت فازی[1] و ایده آل منفی فازی[2] محاسبه شود (Chen, 2000):

رابطه (۱۱) $A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+)$

رابطه (۱۲) $A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-)$

بر اساس یک دیدگاه $\tilde{v}_j^+$ بهترین مقدار معیار i در بین تمام معیارها است $\tilde{v}_j^-$ بدترین مقدار i در بین تمام معیارها است.

رابطه (۱۳) $\tilde{v}_j^+ = \max\{\tilde{v}_{ij}\}$

رابطه (۱٤) $\tilde{v}_j^- = \min\{\tilde{v}_{ij}\}$

از آنجا که اعداد فازی مثلثی نرمال شده به بازه [۱،۰] تعلق دارند بنابراین ایده‌آل مثبت و منفی پیشنهاد شده به صورت زیر بیان می‌شود (Celik, et al., 2009):

رابطه (۱۵) $\tilde{v}^+ = (1,1,1) \qquad \tilde{v}^- = (0,0,0)$

مرحله (۵): تعیین فاصله از ایده آل مثبت و منفی

در این مرحله مجموع فواصل معیارها از ایده آل مثبت و منفی محاسبه می‌شود.

رابطه (۱٦)

$$D(F_1, F_2) = \sqrt{\frac{1}{3}[(l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2]}$$

F1= (l1, m1, u1)

F2= (l2, m2, u2)

فاصله هر معیار از ایده‌آل مثبت با +d و فاصله با ایده‌آل منفی با -d نمایش داده می‌شود. بر اساس رابطه ۱٦، چنانچه F1 و F2 دو عدد فازی مثلثی باشند، آنگاه فاصله این دو از معیار ایده‌آل عبارتست از (Celik, et al., 2009):

رابطه (۱۷) $d_i^+ = \sum_{j=1}^{n}(\tilde{v}_{ij} - \tilde{v}_{j+}) \qquad i= 1, 2, 3,\dots, m$

رابطه (۱۸) $d_j^- = \sum_{j=1}^{n}(\tilde{v}_{ij} - \tilde{v}_{j-}) \qquad j= 1, 2, 3,\dots, m$

برای اتمام محاسبات ضریب (نرخ) نزدیکی (CL) نسبی هر معیار به راه حل ایده‌آل محاسبه می‌شود. مقدار این ضریب رتبه هر معیار را نیز مشخص خواهد نمود (Habibi, et al., 2015):

رابطه (۱۹) $CL_i^+ = \frac{d_j^-}{d_i^- + d_i^+}$

مقدار CL باید بین صفر و یک باشد. هر چه این مقدار به عدد یک نزدیک‌تر باشد آن جواب به راه حل ایده‌آل نزدیک‌تر. در این مطالعه تعداد ۷ معیار اصلی تصمیم‌گیری به‌همراه ۷ زیرمعیار انتخاب شده است.

بنابراین ماتریس تصمیم‌گیری نهایی یک ماتریس ۷×۷ است. همانطور که قبلاً اشاره گردید، برای امتیازدهی به معیارها از نظرات متخصصین و پنل خبرگان و طیف نه درجه Fuzzy TOPSIS استفاده شده است. ماتریس تصمیم X با n معیار و m گزینه (که در این تحقیق m = n) به‌صورت زیر خواهد بود:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix}$$

بر همین اساس، ماتریس تصمیم فازی به صورت جدول (۸) محاسبه گردید. در این ماتریس معیارها از ۱ تا ۹ بر اساس طیف لیکرت ارجحیت‌بندی و امتیازدهی شده‌اند.

پس از انجام مرحله دوم این تحقیق، مقادیر $\tilde{V}_j^+$ و $\tilde{V}_j^-$ ایده‌آل‌های مثبت و منفی، فواصل و میزان نزدیکی نسبی هر معیار به راه‌حل ایده‌آل محاسبه گردید. یافته‌های این فرآیند در جدول (۹) نشان داده شده است: با توجه به مقادیر محاسبه شده مندرج در جدول (۹) مهمترین عوامل ریسک به ترتیب اولویت در جدول مشخص می‌باشد. از داده‌های جدول می‌توان نتیجه گرفت که عوامل انسانی با وزن ۰/۹۲۱ در رتبه اول و از سایر عوامل ریسک برجسته‌تر است. عوامل مربوط به عملیات ماشین‌آلات و

[1] Fussy Positive Ideal Solution (FPIS)
[2] Fussy Negative Ideal Solution (FNIS)

مخازن کشتی نیز با وزن ۰/۵۶۵ در رتبه دوم قرار دارد و عوامل ایمنی با وزن ۰/۵٤۹ در رتبه سوم قرار دارد. نتایج حاصل از جدول (۹) در شکل (۳) نشـان می‌دهد که عوامل انسـانی به عنـوان مهمترین عامل ریسک‌آفرین در کشتی های نفتکش با استفاده از روش Fuzzy TOPSIS می‌باشد.

۶. خلاصه، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

به علت مشارکت قابل ملاحظه کشتی‌های نفتکش در اقتصاد کشور، ارزیابی عوامل ریسک در مراحل مختلف عملیاتی در این کشتی‌ها به امری ضروری تبدیل شده است. در کشتی‌های نفتکش به دلیل وجود تجهیزات، ماشین‌آلات حساس و نیروی انسانی در عملیات، وقوع یک حادثه ممکن است باعث از بین رفتن جریان و ثبات عملیات، خسارات مالی و تلفات جانی شود. از آنجا که احتمال وقوع ریسک در همه فعالیت‌های مربوط به کشتی‌های نفتکش وجود دارد، جهت مقابله و کنترل فعالیت‌های ریسک آفرین بایستی اقدامات کنترلی پیش از وقوع حادثه اتخاذ نمود.

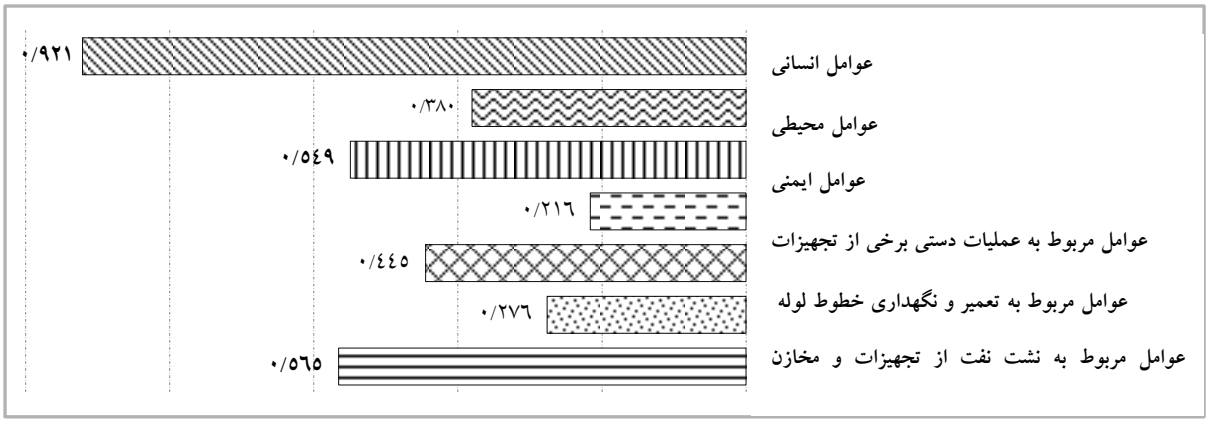
در این تحقیق به دو مرحله اساسی مدیریت ریسک یعنی شناسایی و تعیین عوامل ریسک‌آفرین و رتبه‌بندی آنها پرداخته شده است. بدلیل اینکه در روش‌های قدیمی بسط و تحلیل مسئله امکان انعکاس عوامل کیفی مانند سبک و نگرش تفکر انسانی بصورت طیف به‌طور کامل نبوده است و به علت وجود عوامل متعدد کیفی ریسک، کاربرد روش فازی در تصمیم‌گیری توصیه گردیده است.

جدول ۸: ماتریس تصمیم فازی شده

X	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
R1	(۶/۶, ۷/۲, ۷/۸)	(۵/۸, ۶/۶۷, ۷/۵۳)	(۵/۸۷, ۶/۶, ۷/۳۳)	(۴/۸۷, ۵/۶, ۶/۳۳)	(۷/۲, ۷/۷۳, ۸/۲۷)	(۴/۸, ۵/۸, ۶/۸)	(۴/۶, ۵/۶, ۶/۶)
R2	(۴/۰۷, ۵, ۵/۹۳)	(۳/۸۷, ۴/۸, ۵/۷۳)	(۴/۵۳, ۵/۳۳, ۶/۱۳)	(۴/۳۳, ۵/۲, ۶/۰۷)	(۴/۵۳, ۴/۵۳, ۵/۵۳)	(۳/۶۷, ۴/۶۷, ۵/۶۷)	(۳/۸۷, ۴/۸۷, ۵/۸۷)
R3	(۴/۲, ۵/۲, ۶/۲)	(۳/۹۳, ۴/۹۳, ۵/۹۳)	(۳/۴۷, ۴/۴, ۵/۳۳)	(۴/۳۳, ۵/۳۳, ۶/۳۳)	(۴/۵۳, ۵/۴۷, ۶/۴)	(۶/۰۷, ۶/۹۳, ۷/۸)	(۵/۲, ۶/۰۷, ۶/۹۳)
R4	(۲/۱۳, ۲/۹۳, ۳/۷۳)	(۲/۴, ۳/۲, ۴)	(۲/۴۷, ۳/۲, ۳/۹۳)	(۴/۶۷, ۵/۶۷, ۶/۶۷)	(۵/۲۷, ۶/۲, ۷/۱۳)	(۵/۵۳, ۶/۳۳, ۷/۱۳)	(۴/۶, ۵/۶, ۶/۶)
R5	(۳/۷۳, ۴/۷۳, ۵/۷۳)	(۳/۷۳, ۴/۷۳, ۵/۷۳)	(۳/۷۳, ۴/۷۳, ۵/۷۳)	(۳/۸, ۴/۸, ۵/۸)	(۴/۸۷, ۵/۸۷, ۶/۸۷)	(۵,۲۷, ۶,۰۷, ۶,۸۷)	(۴/۰۷, ۵/۰۷, ۴/۰۷)
R6	(۲/۶۷, ۳/۶۷, ۴/۶۷)	(۲/۳۳, ۳/۳۳, ۴/۳۳)	(۳/۱۳, ۴/۱۳, ۵/۱۳)	(۳/۸۷, ۴/۸۷, ۵/۸۷)	(۵/۱۳, ۵/۸۷, ۶/۶)	(۵/۳۳, ۶/۱۳, ۶/۹۳)	(۴/۴۷, ۵/۴۷, ۶/۴۷)
R7	(۳/۹۳, ۴/۹۳, ۵/۹۳)	(۳/۹۳, ۴/۹۳, ۵/۹۳)	(۴/۳۳, ۵/۳۳, ۶/۳۳)	(۴/۹۳, ۵/۷۳, ۶/۵۳)	(۶/۳۳, ۶/۲, ۷/۰۷)	(۴/۹۳, ۵/۷۳, ۶/۵۳)	(۵/۴, ۶/۲, ۷)

جدول ۹: فاصله هر معیار از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی

V	D^+	D^-	CL	رتبه
عوامل انسانی	۰/۰۳۳	۰/۳۸۹	۰/۹۲۱	۱
عوامل محیطی	۰/۲۶۱	۰/۱۶۰	۰/۳۸۰	۵
عوامل ایمنی	۰/۱۹۱	۰/۲۳۲	۰/۵۴۹	۳
عوامل مربوط به عملیات دستی در برخی از تجهیزات	۰/۳۳۱	۰/۰۹۱	۰/۲۱۶	۷
عوامل مربوط به تعمیر و نگهداری خطوط لوله	۰/۲۳۵	۰/۱۸۸	۰/۴۴۵	۴
عوامل مربوط به نشت نفت از تجهیزات و مخازن تعادل	۰/۳۰۶	۰/۱۱۷	۰/۲۷۶	۶
عوامل مربوط به عملیات ماشین‌آلات و مخازن کشتی	۰/۱۸۴	۰/۲۳۹	۰/۵۶۵	۲



شکل ۳: اولویت نهائی عوامل ریسک

با به‌کارگیری روش‌های نوین طیف‌بندی در ارزیابی عوامل ریسک می‌توان میزان اثر، شدت و عواقب ریسک را بهتر درک نمود و با تصمیم‌گیری متناسب می‌توان تا حدود قابل ملاحظه‌ای از شدت خطرات عوامل ریسک‌آفرین و به تبع آن از خسارات و زیان‌های وارده کاست.

به علت ارزش مالی فوق‌العاده و تبعات سیاسی و اجتماعی تجارت نفت خام توسط کشتی‌های نفتکش، شناسایی و رتبه‌بندی مهمترین عوامل ریسک در حوزه تخلیه و بارگیری نفت خام با مشارکت متخصصین و خبرگان این صنعت و با استفاده از روش آکادمیک Fuzzy TOPSIS مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. پس از انجام محاسبات و رتبه‌بندی عوامل ریسک، نتایج نشان می‌دهد که عوامل انسانی با وزن ۰/۹۲۱ در اولویت ویژه قرار گرفته است. عوامل مربوط به عملیات ماشین‌آلات و مخازن کشتی با وزن ۰/۵۶۵ در رتبه دوم و نهایتا عوامل ایمنی با وزن ۰/۵۴۹در رتبه سوم قرار گرفته‌اند (جدول ۹، شکل ۳).

با عنایت به نظرات خبرگان این صنعت، می‌توان اذعان داشت که همچون گذشته مهم‌ترین عوامل ریسک، خطاهای انسانی، کافی نبودن آموزش‌های لازم و استفاده بیش از توان و ظرفیت تجهیزات، نقش مهمی در حوادث احتمالی در کشتی‌های نفتکش داشته است. در همین راستا، صرف‌نظر از توسعه و پیشرفت تکنولوژی در صنعت حمل و نقل نفت خام و تخلیه و بارگیری آن همواره به نیروی انسانی ماهرو با دانش مناسب و کافی در عملیات تخلیه و بارگیری مورد نیاز است و این بدان معناست که مهمترین چالش کشتی‌های نفتکش در بحث تخلیه و بارگیری به دلیل خطرات و حوادث گذشته مربوط به عوامل انسانی است.

مطالعات صورت گرفته در این تحقیق می‌تواند به مدیران پایانه‌های نفتی دریایی کمک نماید تا در مواجهه با خطرات ناشی از عملیات تخلیه و بارگیری کشتی‌های نفتکش، تمرکز خود را بیشتر معطوف به نیروی انسانی و آموزش‌های لازم در شناسایی، مدیریت و بکارگیری روش‌های علمی مؤثر بر کاهش اثرات ریسک در تجهیزات، ماشین آلات و مخازن معطوف نمایند. تمرکز بیشتر بر روی مدیریت ریسک و استفاده از متخصصان و خبرگان، استفاده ترکیبی از چند روش مجزا برای، بهینه‌سازی زمان کاری اپراتورهای بندری و خدمه کشتی‌ها و استفاده از نیروی کار ذخیره جهت جایگزینی نیروهای درگیر در عملیات طاقت‌فرسا برای جلوگیری از حوادث به علت خستگی مفرط و فرسودگی فیزیکی[1]، برگزاری دوره‌های آموزشی برای افسران تجهیزات جهت آشنایی بیشتر با تجهیزات ایمنی و افزایش سطح فرهنگ ایمنی از طریق برگزاری جلسات آموزش ایمنی به نحوی که در تمام کارکنانی که به طور مستقیم با عملیات سر و کار دارند، انگیزه‌هایی ایجاد کنند تا رعایت اصول ایمنی به یک رفتار در هر فرد تبدیل شود. شناخت عناصر ریسک و منشاء آن به همراه رعایت اصول مقابله با ریسک در طولانی مدت باعث ارتقاء بهره‌وری در کشتی‌های نفتکش خواهد شد.

۷. سپاسگزاری

محققین این مطالعه بر خود واجب می‌دانند از مدیران و کارکنان خشکی و دریایی شرکت ملّی نفتکش ایران خصوصاً استاد ارجمند آقای کاپیتان قره و همچنین مدیران و کارکنان شرکت نفت فلات قاره ایران بخاطر همکاری و تعامل ستودنی و هماهنگی در تشکیل جلسات خبرگان دلفی برای انجام این تحقیق مراتب تقدیر و سپاسگزاری خود را اعلام نمایند.

منابع

Akyuz, E.; Celik, M., 2014. A Hybrid Decision-Making Approach to Measure Effectiveness of Safety Management System Implementations on-board Ships. Safety Science, (68), pp.169-179. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.04.003

Avazikhah, H.; Mohebi A., 2011. Projects Risk management, Kian Rayaneh, A Green Publication, Tehran, pp. 312-386.

Burke, R., 2010. Fundamentals of Project Management: Tools and Techniques (Project Management Series), Burke Publishing; 2nd Edition.

Carlebur, A., 1995. Full-scale Collision Tests. Safety Science, (19), pp.171-178. https://doi.org/10.1016/0925-7535(94)00018-X

Celik, M.; Cebi, S.; Kahraman, C.; Er, I., 2009. Application of Axiomatic Design and TOPSIS

[1] Fatigue

with Applications, Vol. 41, pp. 275-290.

International Maritime Organization., 2016. Supplement to SOLAS, Consolidated Edition, Available at: http://www.imo.org/en/Publications/Pages/Home.aspx, Accessed on 11th April 2019, pp.1-9.

International Maritime Organization., 2018. Ballast Water Management Convention and BWMS Code with Guidelines for Implementation, International Maritime Organization Publications, pp. 113-207.

Kaufmann, A.; Gupta, M., 1988. Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science, Elsevier Science Inc., New York.

Kiani Moghadam, M,. 2014. Economic Analysis of Operating Systems in Container Yards, Journal of Oceanography, Vol. 5, (20), pp. 107-120.

Kiani Moghadam, M.; Sayareh, j.; Mansoori, M.; Tahmak, H., 2014. Risk Assessment of Container Handling Operation at Maritime Container Terminals (Case Study: Port of Shahid Rajaie Container Terminals), Journal of Oceanography, Vol. 5, (18), pp. 121-132.

Mediola, S.; Achutegui, J., 2000. Fire Rank Second in Maritime Casualties, IFE Journal of Science and Technology.

Rastgari, M., 2005. Risk Analysis Method in Maritime Terminals, Journal of Safety Messages, Vol.2, (5), pp. 29-36.

Risto, J.; Kim, S., 2009. Safety Performance Indicators for Maritime Safety Management. Helsinki University of Technology, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Applied Mechanics, pp.11-12.

Sayadi, A.; Monjezi, M.; Sharifi, M., 2013. An Approach for Risk Assessment in Open Pit Mines Using FAHP & Fuzzy TOPSIS Methods, Journal of Analysis and Numerical Methods in Mining Engineering, Vol.3, (6), pp. 45-58

Seturg Darhshouri, M.; Dalavi, M.; Abedpoor, M., 2005. Risk Management, Barin Scientific Researchers, Arkan

Methodologies under Fuzzy Environment for Proposing Competitive Strategies on Turkish Container Ports in Maritime Transportation Network. Expert Systems with Applications, (36), pp.4541-4557. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.05.033

Chen, C.T., 2000. Extensions of the TOPSIS for Group Decision-making under Fuzzy Environment, Expert System with Applications. pp. 1-9. https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00377-1

Chen, C.P., 2005. A Study of Numerical Quantitative Analysis on Marine Casualty of Total-loss. Natural Taiwan Ocean University.

Christian Sen, S., 2010. Maritime Transportation: Safety Management and Risk Analysis, (Translated in Persian by Nazanin Saghari), Asrar Danesh Publication, Tehran, pp. 218-322.

Department of Environment., 2018. Standards of Environment for Oil Disposal Installations and Facilities for Tankers and Vessels, A Governmental Circular, No. 97/100/21528.

Elsayed, T.; Marghany, K.; Abdulkader, S., 2013. Risk Assessment of Liquefied Natural Gas Carriers Using Fuzzy TOPSIS. Ships and Offshore Structure. https://doi.org/10.1080/17445302.2013.829964

Ghasem Zamani, S.; Mohamadi, M.; Hosseiniazad., A., 2015. The Evolution of International Legal Regime for the Protection of Marine Environment against Land-Based Pollutants from Montego Bay to Cartagena, Vol. 6 (21), pp. 37-48.

Habibi, A.; Firouzi Jahantigh, F.; Sarafrazi, A., 2015. Fuzzy Delphi Technique for Forecasting and Screening Items, Asian Journal of Research in Business Economics and Management, Vol. 5, pp .130-141. https://doi.org/10.5958/2249-7307.2015.00036.5

Hsu, Y.L.; Lee, C.H.; Kreng, V.B., 2010. The Application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in Lubricant Regenerative Technology Selection, Expert Systems

Revised Risk Matrix, Journal of Navigation, Vol.70, (04), pp.1-14.

Yazdani-Chamzini, A., 2013. TBM Selection Using Fuzzy AHP AND Fuzzy TOPSIS. Research in Civil and Environmental Engineering, Vol. 1, (5), pp.239-250.

Yazdani, M.; Alidoosti, A.; Basiri, M.H., 2012. Risk Analysis for Critical Infrastructures Using Fuzzy TOPSIS, Journal of Management Research/ Macro-think Institute, Vol. 4, (1), pp.1-19. https://doi.org/10.5296/jmr.v4i1.979

Publication, Esfahan, pp. 74-168.

United Nations Conference on Trade And Development., 2018. The Review of Maritime Transport, IMO, pp.9-24.

Wang, J.; Sii, H.; Yang, J.; Pillay, A.; Yu, D.; Liu, J.; Saajedi, A., 2004. Use of Advances in Technology for Maritime Risk Assessment. Risk Analysis, Vol. 24, (4), pp.1041-1063. https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00506.x

Wen-Kai, H.; Shu-Jun, L.; Show-Hui, H., 2017. Risk Assessment of Operational Safety for Oil Tankers - A